



Bundesinstitut
für Sportwissenschaft



Wir helfen
dem Sport

BISp-Jahrbuch

Forschungsförderung 2021/22

2021/22

Bundesinstitut für Sportwissenschaft

BISp-Jahrbuch

Forschungsförderung 2021/22

Impressum

Herausgeber

Bundesinstitut für Sportwissenschaft
Graurheindorfer Straße 198 · 53117 Bonn
info@bisp.de
www.bisp.de

Ansprechpartner

Elke Hillenbach
Tel.: 0228 99 640 9052
E:Mail: elke.hillenbach@bisp.de

Stand

November 2022

BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2021/22

ISBN 978-3-96523-086-6

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über „<http://dnb.d-nb.de>“ abrufbar.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

Editorial

Seit 25 Jahren erscheinen regelmäßig Jahrbücher, in denen abgeschlossene Forschungsvorhaben des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (BISp) in Kurzform vorgestellt werden. „Abgeschlossen“ bezieht sich dabei stets auf das Ende der finanziellen Förderung durch das BISp. Der Transfer von Forschungsergebnissen reicht oft weit über diesen Zeitraum hinaus.

Das Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) hat die Aufgabe, Forschungsbedarf zu ermitteln und Forschungsvorhaben auf dem Gebiet des (Spitzen)sports (Ressortforschung) zu initiieren, zu fördern und zu koordinieren. Die dabei gewonnenen Forschungsergebnisse sollen helfen, Wissen zu sichern, zu erweitern und zu vertiefen. Ein besonderer Schwerpunkt wird dabei auf den Transfer von (sport)wissenschaftlichen Erkenntnissen in die (Sport)praxis gelegt.

Neben der Fokussierung auf den Spitzensport und die Frage, wie ein humaner Leistungssport gestaltet werden kann, wurden in den vergangenen Jahren auch zunehmend Themenfelder von gesamtgesellschaftlicher Relevanz in den Blick genommen. Als prominentes Beispiel kann hier das Projekt RanRücken genannt werden, eine MultiCenter-Studie, die das Problem von Rückenschmerz in Sport und Gesellschaft adressierte. Ein Beitrag im vorliegenden Jahrbuch berichtet über die praktische Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse in einem speziellen Übungsmodulkatalog (S. 175ff). Aber auch über die komplexen Zusammenhänge von Schädel-Hirn-Verletzungen im Fußball wurde intensiv geforscht. Einige der Ergebnisse werden ebenfalls in diesem Jahrbuch beschrieben (S. 13-43). Außerdem betreibt das BISp eine eigene Themenseite zu Schädel-Hirn-Trauma im Sport (https://www.bisp-sht.de/SHT/DE/Home/home_node.html).

Im Bereich der Sportanlagen wurde die Förderung in den vergangenen Jahren ebenfalls intensiviert, bis hin zum Projekt „Digitaler Sportstättenatlas für Deutschland“, bei dem bundesweit alle Kernsportstätten (Bäder, Sporthallen und Sportplätze) lokalisiert und identifiziert werden sollen.

Erstmals in dieser Ausgabe behandeln einige Forschungsvorhaben auch die Auswirkungen der Corona-Pandemie auf Sport und Gesellschaft, und es wird der Versuch unternommen, erste Schlussfolgerungen zu ziehen (z. B. S. 51ff, S. 245ff, S. 263ff).

Mit der Veröffentlichung der Beiträge wird ein Stück Transparenz geschaffen. Sie gibt einen Überblick über die Vielfalt der Aufgabengebiete des BISp und soll zu weiterführenden Diskussionen anregen.

Die Gliederung nach Aktenzeichen, wie wir sie in den vergangenen Jahren vorgenommen haben, wird auch in dieser Jahrbuch-Ausgabe beibehalten:

- › Medizin und Naturwissenschaften (28 Projekte)
- › Sozial- und Verhaltenswissenschaften (8 Projekte)
- › Sportanlagen und Sporttechnologie (4 Projekte)
- › Service-Forschung (20 Projekte).

Die Service-Forschung, die seit 2016 als weiterer Projekttyp hinzugekommen ist, umfasst zeitlich eng umrissene Projekte und befasst sich mit Forschungs- und Entwicklungsbedarfen, die von den olympischen Spitzenverbänden und dem Deutschen Behindertensportverband artikuliert wurden. Sie hat folglich einen ganz klaren Schwerpunkt auf kurzfristiger und praxisnaher Umsetzung (https://www.bisp.de/DE/Projektfoerderung/Service_Forschungsprojekte/service_forschungsprojekte_node.html).

Bedanken möchte ich mich bei allen, die uns bei dieser Arbeit geholfen und unterstützt haben. Mein besonderer Dank gilt dabei den Gutachterinnen und Gutachtern und Mitwirkenden bei den Beratungsgesprächen sowie in den Projektbeiräten für ihr ehrenamtliches Engagement.

Für Fragen und Anregungen stehen Ihnen wie immer alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Hauses gerne zur Verfügung. Auf der Homepage des BISp www.bisp.de (Rubrik „Über uns“) finden Sie die gewünschten Kontaktdaten sowie weiterführende Informationen.

Andrea Schumacher
Direktorin des
Bundesinstituts für Sportwissenschaft

Inhalt

Medizin und Naturwissenschaften	11
Sportassoziierte Concussion und Aktivität im autonomen Nervensystem während Return-to-Play	13
<i>Claus Reinsberger (Projektleitung), Rasmus Jakobsmeier & Carina Delling</i>	
KOGTIG – Kognitives Training bei Gehirnerschütterung.....	19
<i>Harry Hallock, Maron Mantwill, Bernd Wolfarth, Amit Lampit & Carsten Finke (Projektleitung)</i>	
Kopfbälle im Kindes- und Jugendalter	27
<i>Claus Reinsberger (Projektleitung) & Rebecca Reeschke</i>	
Untersuchung der Effekte von Kopfbällen im Fußball auf kognitive und sensomotorische Funktionen bei weiblichen Spielerinnen	33
<i>Jan Kern & Joachim Hermsdörfer (Projektleitung)</i>	
Kopfbälle 2.0.....	43
<i>F. K. Haase, N. Feddermann-Demont, A. Junge, G. Welsch, C. Schuenemann, J. Fiehler & C. Reinsberger (Projektleitung)</i>	
ExDrop: Tröpfchen- und Aerosolproduktion bei intensiven Belastungen & Implikationen für das SARS-CoV-2-Infektionsrisiko.....	51
<i>Henning Wackerhage (Projektleitung), Martin Schönfelder, Marie Heiber, Daniela Schranner, Felix Grätz, Christian Kähler, Rainer Hain & Benedikt Schumm</i>	
(Spitzen-)Trainer und Medien:	61
<i>Johanna Schmickler, Nils Olson, Thorsten Schulz & Michael Schaffrath (Projektleitung)</i>	
Beteiligung und Mitbestimmung in der Dopingprävention.....	71
<i>Annika Steinmann, Marcel Scharf, Timo Ziegler & Swen Körner (Projektleitung)</i>	
Analyse des Stützpunktsystems zur Förderung des paralympischen Spitzen- und Nachwuchsleistungssports in Deutschland.....	79
<i>Sabine Radtke (Projektleitung) & M. Pia Freier</i>	
Injury and Illness Surveillance im paralympischen Leistungssport (ISSPA).....	87
<i>Anja Hirschmüller (Projektleitung), Aglaja Busch, Berit Bretthauer, Verena Meidl, Petra Dallmann, Rainer Leonhart, Johanna Kubosch & Nina Wrobel</i>	
Verlässliche Klassifizierung im Sehbehindertensport (vKISS)	99
<i>C. Z. Duval & S. P. Heinrich (Projektleitung)</i>	
Rollstuhlbasketball vermitteln und Talente in der Schule spielend finden (RoBaTaS).....	105
<i>Jessica Süßenbach (Projektleitung), Stephan Schiemann & Steffen Greve</i>	

Motorische Profile im Sportspiel	111
<i>Lukas Reichert, Marie-Therese Fleddermann, Björn Wieland & Karen Zentgraf (Projektleiterin)</i>	
Sportwissenschaft an Universitäten	121
<i>Freya Gassmann, Lutz Thieme (Projektleitung), Johannes Hell, Katrin Lindt & Catrin Benkel</i>	
Analyse von Wettkampfstruktur, Belastungs- und Beanspruchungsprofilen im 3 x 3-Basketball	127
<i>C. Willberg, M. Behringer (Projektleitung) & K. Zentgraf (Projektleitung)</i>	
Evaluation von Trainingsinterventionen zur Verbesserung der lokalen Kraftausdauer im Sportklettern anhand der Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS)	133
<i>Claudia Augste (Projektleitung), Marvin Winkler & Stefan Künzell</i>	
Lokale und Systemische Effekte des Blutflussrestriktionstrainings (Blood-Flow-Restriction Training).....	139
<i>Alexander Franz, Patrick Wahl, Sanghyeon Ji & Michael Behringer (Projektleitung)</i>	
Evaluation eines Mess- und Echtzeit-Audio-Feedback Systems (SofiSwim) in der KLD und im Wassertraining mit Kaderathletinnen und -athleten des DSV	145
<i>Klaus Mattes (Projektleitung), Nina Schaffert & André Engel</i>	
Evaluation der Komponenten Dollen- und Stembrettkraft des neuen Mobilen Messsystems 2020 im Rennrudern	153
<i>Klaus Mattes & Björn Losekamm</i>	
Potenzial videobasierter Spielanalysen für sportpsychologische Diagnostik und Intervention im paralympischen Tischtennis	157
<i>Thorsten Leber & Oliver Höner (Projektleitung)</i>	
Transfer Hockey-spezifische metabolische Beanspruchung, Metabolic Power und Energieumsatz.....	161
<i>Robin Schäfer, Jan Venzke & Petra Platen (Projektleitung)</i>	
ActionGuide für Wissenstransfer im Leistungssport	167
<i>Lisa Knoche, Eckehard Moritz & Martin Strehler (Projektleitung)</i>	
Transferprojekt MiSpEx.....	175
<i>Frank Mayer</i>	
Charakterisierung und Kategorisierung von Belastungsmustern der Wirbelsäule im Spitzensport und bei Personengruppen mit unterschiedlichen Belastungsprofilen ...	181
<i>Robin Schäfer, Hendrik Schäfer & Petra Platen (Projektleitung)</i>	
Entwicklung eines Katalogs qualitativer Beurteilungskriterien zur individuellen Trainingssteuerung, Teilprojekt 5	191
<i>H. Beck (Projektleitung), F. Beyer, P. Flößel, C. Lützner</i>	

Spielverlaufsanalyse Beach-Volleyball.....	199
<i>Steffen Lang, Raimund Wenning & Daniel Link (Projektleitung)</i>	
Wettkampfanalyse Para Badminton 2021	203
<i>Fabian Hammes, Christopher Skrzeba, Christoph Weber & Daniel Link (Projektleitung)</i>	
Entwicklung eines akustischen Feedbacksystems zur Diagnostik von Abweichungen vom Technikleitbild von DBS Para Ski Nordisch Athletinnen und Athleten.....	207
<i>Markus Gruber (Projektleitung), Christian Weich, Valentin Barth & Nikolai Killer</i>	
Sozial- und Verhaltenswissenschaften	217
Psychological Skills Training (PST) im deaflympischen Spitzensport:.....	219
<i>Rainer Schliermann (Projektleitung) & Alon Glezer</i>	
Trainerinnen und Trainer als zentrale Akteure und Akteurinnen in der Prävention sexualisierter Gewalt:	233
<i>Bettina Rulofs (Projektleitung), Jeannine Ohlert (Projektleitung), Ilse Hartmann-Tews (Projektleitung), Gitta Axmann, Daniela Brennecke, Brit Hoffmann, Sonja Gaedicke, Alina Schäfer-Pels & Marc Allroggen (Projektleitung)</i>	
Ehrenamtliches und freiwilliges Engagement im Sport: Sportbezogene Sonderauswertung der „Deutschen Freiwilligensurveys“ von 2014 bis 2019	241
<i>Sebastian Braun (Projektleitung), Ulrike Burrmann & Stephan Sielschott</i>	
Ehrenamtlichkeit im Sportverein während der Corona-Pandemie (EiS-CP)	245
<i>Sebastian Braun (Projektleitung), Ulrike Burrmann & Stephan Sielschott</i>	
Diagnostik von Schiedsrichterentscheidungen im Handball unter Belastung	249
<i>Nicolas Bloß, Florian Loffing, Dirk Büsch & Jörg Schorer (Projektleitung)</i>	
Evaluation von Angeboten zur Förderung Dualer Karrieren an Schule-Leistungssport-Verbund-systemen unter besonderer Berücksichtigung des Modellversuchs Additives Abitur (EDKAA).....	255
<i>Jeffrey Sallen, Thomas Wendeborn & Erin Gerlach (kollektive Projektleitung)</i>	
Die ökonomischen Auswirkungen von COVID-19 für Nachwuchsleistungs- und Spitzensportler und -sportlerinnen in Deutschland	263
<i>Christoph Breuer (Projektleitung), Sören Dallmeyer & Henry Steinfeldt</i>	
Sportentwicklungsbericht 3.0:	269
<i>Christoph Breuer (Projektleitung) & Svenja Feiler</i>	

Sportanlagen und Sporttechnologie	275
Sensor-basierte Echtzeit-Laufdiagnostik in der Leichtathletik	277
<i>Martin Lames (Projektleitung) & Patrick Blauburger</i>	
Einsatz von Drohnen im Sport	281
<i>Martin Lames (Projektleitung), Marc Schmid & Tiago Russomanno</i>	
Konzeption und Evaluierung eines Trainings-Windkanals für den spezifischen Einsatz im Skisprung	287
<i>Jörg Ettrich (Projektleitung) & Mike Rinke</i>	
Technische Unterstützung für die Leistungsmessung in den Sportarten Eisschnelllauf und Shorttrack.....	289
<i>Dominik Krumm, Nikolas Kuske, Jens Buder, Maja Neubert, Fred Hamker & Stephan Odenwald (Projektleitung)</i>	
Service-Forschungsprojekte.....	295
Analyse und Optimierung des Erholungsmanagements von Eishockey- Nationalspielerinnen in Perspektive auf die Olympiateilnahme	297
<i>Annika Hof zum Berge, Fabian Loch, Sarah Jakowski (geb. Kölling), Karl Schwarzenbrunner (Deutscher Eishockey-Bund) & Michael Kellmann (Projektleitung)</i>	
Vorbereitung eines disziplinübergreifenden sportpsychologischen Rahmenkonzepts im Deutschen Turner-Bund.....	305
<i>Helena Koine, Dr. Jeannine Ohlert (Projektleitung), Marion Sulprizio</i>	
sportFATIGOM: Biomarker für Ermüdung, Erschöpfung und schlechte Leistung im Alpinen Skisport.....	313
<i>Henning Wackerhage (Projektleitung), Stephanie Kaps, Martin Schönfelder & Felix Ehrlenspiel</i>	
Metabolische, mechanische und psychologische Quantifizierung von Trainings- und Wettkampfbelastungen der weiblichen Bundeskader im Kunstturnen.....	317
<i>Lukas Zwingmann & Patrick Wahl (Projektleitung)</i>	
Entwicklung eines praxistauglichen Systems zur automatischen Erfassung der Trainingsbelastung im Beach-Volleyball.....	323
<i>Christian Rasche, Benjamin Groh & Mark Pfeiffer (Projektleitung)</i>	
Analyse der individuellen Leistungsentwicklung, Trainingsbelastung und -steuerung im Saisonverlauf im Schwimmen	331
<i>P. Wahl (Projektleitung), S. Keller</i>	

BeachCompiler – Das Softwaretool zur Unterstützung von Videotrainingseinheiten im Beach-Volleyball	343
<i>Steffen Lang, Raimund Wenning (Deutscher Volleyball-Verband) & Daniel Link (Projektleitung)</i>	
Erstellung eines sportpsychologischen Rahmenkonzepts für die Deutsche Eislauf-Union	347
<i>Laura Himmelskamp, Johanna Belz (Projektleitung) & Jeannine Ohlert (Projektleitung)</i>	
Digital-analoges-Schulungskonzept im Eishockey	351
<i>Jürgen Beckmann (Projektleitung), Tom-Nicolas Kossak, Annika Hof zum Berge, Shannon Straube & Karl Schwarzenbrunner</i>	
TaekViewer – Ein Softwaretool zur Auswertung von Wettkampfdaten im Taekwondo	357
<i>Steffen Lang, Klaus Hagenmüller (Deutsche Taekwondo Union) & Daniel Link (Projektleitung)</i>	
Optimierung der vollautomatischen zeitkontinuierlichen Erkennung der Körperpose und Skiposition von Skispringern in Videoaufnahmen	361
<i>Katja Ludwig, Rainer Lienhart (Projektleitung), Sören Müller & Sascha Kreibich</i>	
Wissenschaftliche Unterstützung des Techniktrainings von deutschen Para-AthletInnen im Kugelstoß mittels einer sensorbasierten Kugel für ein Echtzeitfeedback	365
<i>Marcel Blaumann, Stefan Tiedemann & Kerstin Witte (Projektleiterin)</i>	
Wettkampfdiagnostik im Rollstuhlrugby.....	369
<i>Martin Lames (Projektleitung), Marc Schmid & Maximilian Vater</i>	
Analyse von Wettkampfstruktur, Belastungs- und Beanspruchungsprofilen im Beachhandball	377
<i>Lukas Reichert, Christina Willberg, Carsten Müller & Karen Zentgraf (Projektleiterin)</i>	
Next Generation	389
<i>Filip Mess, Hannes Käsbauer (DBV) (BT-W), & Wolfgang Klöckner (Projektleitung und Verfasser)</i>	
Sportartspezifische Diagnostik im Wellenreiten.....	393
<i>Daniel Hahn (Projektleitung), Paolo Tecchio, Jana Sippl, Tobias Weingarten, Paul Panglisch, Jannik Dörr & Martin Walz</i>	
Entwicklung eines regelkonformen Skisprunganzugs mit verbesserten Flugeigenschaften	401
<i>Thomas Stegmaier (Projektleitung), Andreas Kunze & Cigdem Kaya</i>	

Herzfrequenzmonitoring im Schwimmen	405
<i>Christoph Schneider, Alexander Törpel, Leonie M. Göbe & Alexander Ferrauti (Projektleitung)</i>	
Erprobung und Wirkungsanalyse von Zugwiderstands- und Zugunterstützungs- training auf die Beschleunigungs-, Sprint- und Richtungswechsel-fähigkeiten von Hockeyspielerinnen und -spielern	411
<i>Klaus Mattes (Projektleitung), Henryk Thurow & Rainer Sonnenburg (Athletiktrainer)</i>	
Load-Velocity Profiling im Schwimmen	417
<i>Sebastian Keller & Patrick Wahl (Projektleitung)</i>	

Medizin und Naturwissenschaften

Sportassoziierte Concussion und Aktivität im autonomen Nervensystem während Return-to-Play

(AZ 070105/19-20)

Claus Reinsberger (Projektleitung), Rasmus Jakobsmeier & Carina Delling

Universität Paderborn, Sportmedizinisches Institut

1 Problem

Sportassoziierte Concussions (saC) stellen eine häufige und schwerwiegende Kopfverletzung dar. Relevante Forschungsfelder und Versorgungslücken in Deutschland wurden bereits 2016 im Rahmen einer vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft in Auftrag gegebenen Expertise zum Umgang mit Schädel-Hirn-Traumata im deutschen Spitzensport definiert und kommuniziert (Reinsberger & Stengel, 2016). In der (Sport-)Praxis fehlen aber weiterhin evidenzbasierte Behandlungs- und Rehabilitations-Richtlinien mit dem Fokus auf individuelle und nachhaltige Folgen durch saC. Insbesondere die stufenweise durchzuführende Belastungssteigerung im Rahmen des Return-to-Sport (RTS) Prozesses nach saC erfolgt bisher vor allem auf Basis klinischer Kriterien und ohne individualisierte objektive Biomarker.

Funktionelle Störungen durch diffusen axonalen Schaden nach saC betreffen oft Veränderungen des vestibulo-okulären, sensomotorischen und/oder autonomen Kontroll-Netzwerks. Ursächlich wurden unter anderem neurophysiologische Veränderungen der Neurotransmission, metabolische Veränderungen sowie Verschiebungen im Ionen-Haushalt beschrieben (Giza & Hovda, 2014). Veränderungen der Aktivität im autonomen Nervensystem (ANS) nach saC bedingen Störungen der Regulation vegetativer Prozesse (Blake et al., 2016; Esterov & Greenwald, 2017). Dennoch finden Parameter der Aktivität im ANS bislang noch keine klinische Anwendung, obwohl diese prinzipiell auch im Umfeld des Spitzensports valide, sensitiv und nicht-invasiv messbar sind (Jakobsmeier, 2017). Im Rahmen des Projekts wurde die Aktivität des ANS im RTS nach saC mit dem Ziel gemessen,

den Verlauf des RTS mit objektiven Parametern zu beschreiben und das Verständnis der durch saC induzierten (patho-)physiologischen Veränderungen für weitere klinische Anwendungen zu verbessern.

2 Methode

Bei Athletinnen und Athleten nach saC wurde im Rahmen dieser explorativen Studie individuell bis zur Beendigung des RTS sowie erneut nach Abschluss des RTS ein klinisches und physiologische ANS-Monitoring durchgeführt. In Anlehnung an das zumeist praktizierte 6-stufige RTS-Protokoll (McCroory et al., 2016) erfolgte die erste Datenerhebung möglichst innerhalb der ersten 48 h nach der ärztlichen Diagnose der saC. Mittels Anamnesebogen und SCAT5 wurden Informationen zur Sport- und Verletzungshistorie sowie klinische Symptome erhoben.

Um ANS-Dysfunktion nach saC zu evaluieren, wurden Messungen der Aktivität im ANS vor und nach sportlicher Belastung (standardisiert submaximal auf dem Ergometer) sowie kontinuierlich während der Nacht mittels kabellosem Handgelenksensor erhoben. Alle Teilnehmenden nach saC wurden mit gesunden, individuell gematchten Kontroll-Personen (nach Alter, Geschlecht, Sportart) verglichen. Bis Ende 2021 wurden Daten von insgesamt 50 Personen (25 Sportlerinnen und Sportlern nach saC sowie 25 Kontrollathletinnen und -athleten) erhoben (s. Tab. 1). Je nach spezifischer Fragestellung (z. B. Fokus Nacht oder Belastung, Art der Analyse) variieren die Stichproben der analysierten Sportlerinnen und Sportler, da z. B. nicht alle Teilnehmenden eine sportliche Belastung während RTS durchführten.

Tab. 1: Probanden Charakteristika der Gesamtkohorte

	saC (N = 25)	CG (N = 25)
Alter (in Jahren)	23.72 (\pm 4.87)	22.64 (\pm 3.81)
Größe (in cm)	181 (\pm 11)	182 (\pm 10)
Gewicht (in kg)	78.76 (\pm 13.02)	78.16 (\pm 13.27)
BMI (kg/m ²)	23.79 (\pm 1.9)	23.46 (\pm 2.3)
Vorherige Concussions	0.96 (\pm 1.46)	0.60 (\pm 1.04)
Anzahl der Symptome (... von 22)	9.12 (\pm 5.53) *	1.92 (\pm 4.01)
Schwere der Symptome (... von 132)	21.6 (\pm 17.04) *	2.92 (\pm 6.49)

* Gruppenunterschied $p < .001$

Circa 50 % der Teilnehmenden wurden von lokalen Sportvereinen rekrutiert. 75 % der Athletinnen und Athleten waren in Mannschaftssportarten aktiv (American Football, Basketball, Eishockey, Fußball, Handball), einzelne betrieben Mountainbike, Kickboxen oder Moderner Fünfkampf. Das Leistungsniveau erstreckt sich von der Kreisliga (z. B. Fußball) bis zur Bundesliga (z. B. Handball). Anamnestisch unterschieden sich die Gruppen ausschließlich bei der Anzahl der Concussion-assoziierten Symptome (saC: 9.12 ± 5.53 zu CG: 1.92 ± 4.01 ; $p < .001$) sowie der Symptomschwere (saC: 21.6 ± 17.04 zu CG: 2.92 ± 6.49 ; $p < .001$).

Die Datenerfassung nächtlicher Aktivität im ANS erfolgte mittels kabelloser Handgelenk-Sensoren (Empatica E4, Mailand, Italien). Dabei wurden Blutflusswelle (BVP), elektrodermale Aktivität (EDA), Accelerometrie und Hauttemperatur aufgezeichnet (Poh, Swenson & Picard, 2010; Schuurmans et al., 2020). Auf Basis der BVP wurden kardiale Parameter wie Herzfrequenz (HR) und Herzratenvariabilität (HRV; z. B. als Quadratwurzel der Standardabweichung aufeinanderfolgender Zwischen-Herzschlag-Intervalle (RMSSD), high-frequency-power (HF), low-to-high-frequency power-ratio (LF/HF ratio)) berechnet. Aus der EDA wurden tonische (meanEDA) und phasische (elektrodermale Antworten (EDR), „Storms“) Parameter ermittelt. Auf Basis eines modifizierten Bewegungsalgorithmus wurde die Zeit im Bett (= Nacht) definiert und durch visuelle Kontrolle verifiziert (Reinsberger et al., 2015). Die BVP-Daten wurden in Kubios Premium (3.5.0; Biosignal Analysis and Medical Imaging Group, Kuopio, Finnland) automatisiert vorverarbeitet (Puls-Akzeptanz-Rate 50 %; Automatische Artefaktkorrektur

medium; Trendelimination), manuell kontrolliert und analysiert.

Die submaximale Belastung während des RTS fand im sportmedizinischen Ergometer-Labor statt. Vor und nach der Belastung auf dem Fahrradergometer (Excalibur, Lode) fand jeweils eine 5-minütige Ruhemessung zur Ableitung eines Ruhe-EEG (128-Kanal; actiCHamp, Brain Products GmbH) statt. Die funktionelle Konnektivität im Alphanband (7-13Hz) im zentralen autonomen Netzwerk (CAN) wurde analysiert. Ergänzend wurden ein EKG (Brain Products GmbH) und ein Galvanic-Skin-Response-Sensor (GSR, Brain Products GmbH) zur Analyse der HRV und EDA appliziert.

3 Ergebnisse

3.1 Nächtliche Aktivität im ANS

Daten der nächtlichen Aktivität im ANS wurden von 15 saC-Athleten und Athletinnen (w: 2, Alter: 22 ± 4 Jahre, BMI: 24 ± 2) während ihres individuellen RTS-Verlaufes (42 ± 46 Tage) sowie nach Beendigung des RTS (PostRTS: 70 ± 48 Tage nach saC) analysiert. Über den jeweiligen Messzeitraum wurden Mittelwerte der HR, RMSSD, HF sowie meanEDA berechnet. Die nächtlichen ANS-Parameter während des RTS wurden für jeden/jede saC-Athleten/Athletin (19 ± 15 Messungen) gemittelt und Variationskoeffizienten (CV) berechnet und mit der Kontrollgruppe verglichen (w: 2, Alter: 23 ± 5 Jahre, BMI: 24 ± 2 ; 15 ± 16 Messungen). Während des RTS sind keine signifikanten Gruppenunterschiede in der nächtlichen HR nachweisbar. In der saC-Gruppe war die nächtliche RMSSD (Mdn = 78.81 ms, $p = 0.019$, $r = -0.424$) sowie die

HF (Mdn = 2101 ms², $p = 0.029$, $r = -0.397$) während des RTS im Vergleich zur Kontrollgruppe (RMSSD: Mdn = 98.74 ms; HF: Mdn = 2867 ms²) signifikant reduziert. Die intraindividuelle Variabilität der RMSSD und HF-Werte innerhalb des RTS war bei der saC-Gruppe signifikant erhöht (CV RMSSD: Mdn = 0.18 vs. Mdn = 0.14, $p = 0.033$, $r = -0.389$; CV HF: Mdn = 0.32 vs. Mdn = 0.25, $p = 0.037$, $r = -0.379$). Nach Abschluss des RTS konnten keine signifikanten Unterschiede in nächtlichen Parametern mehr nachgewiesen werden.

3.2 Sportliche Belastung während RTS

In einer Kohorte von 18 saC-Athleten (Alter: 24 ± 5 Jahre, 2-140 Tage nach saC) und 18 gematchten Athleten (Alter: 24 ± 5 Jahre) wurde die funktionelle Konnektivität mittels phase locking value (PLV) im zentralen autonomen Netzwerk (CAN) vor und nach einer submaximalen Belastung (bis 70 % der altersbezogenen max. Herzfrequenz) während RTS analysiert. Ergänzend wurden Parameter der HRV (RMSSD, LF/HF ratio) berechnet. Die Konnektivität im CAN erhöhte sich bei saC-Athleten, jedoch nicht in der Kontrollgruppe von vor (Mdn = 0.298) zu nach Belastung (Mdn = 0.32; $p = 0.005$, 95 %CI [.009, .035]). Der LF/HF ratio erhöhte sich ebenfalls nur in der saC-Gruppe von vor (Mdn = 0.66 ms²) zu nach Belastung (Mdn = 0.77 ms²; $p = 0.036$, 95 %CI [.02, .67]). Die RMSSD verringerte sich in beiden Gruppen signifikant (saC: Mdn = 56.94 ms zu 40.16 ms; $p < 0.001$, 95 %CI [-31.67, -14.62]; Kontrollen: Mdn = 52.90 ms zu 43.13 ms; $p = 0.016$, 95 %CI [-39.35, -2.38]). Die belastungsassoziierte HR und das subjektive Belastungsempfinden unterschieden sich zwischen den Gruppen nicht.

4 Diskussion

Die nächtliche kardiale, parasympathische Aktivität von Athleten und Athletinnen während des RTS nach saC war bei unveränderter Herzfrequenz im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant reduziert. Nach Abschluss des RTS zeigte sich dieser Unterschied nicht mehr. Im Rahmen einer früh im RTS durchgeführten Belastung zeigen sich bei saC-Athleten und -Athletinnen im Vergleich zur Kontrollgruppe keine Unter-

schiede in Leistungsparametern, allerdings ist auch hier die kardiale parasympathische Aktivität nach der Belastung im Vergleich zu Gesunden reduziert. Ferner ist die Konnektivität im CAN nach Belastung erhöht.

Die Ergebnisse der Analyse der EDA liegen noch nicht vor, da diese einen erhöhten technischen Aufwand bedarf. In einer ersten Analyse von neun männlichen Athleten nach saC zeigten sich im Vergleich zu acht gesunden, gematchten Athleten keine Unterschiede in der nächtlichen EDA während und zum Abschluss des RTS. Nach dem RTS ($\emptyset 51 \pm 29$ Tage) war die EDA im Vergleich zur Kontrollgruppe signifikant erhöht ($U = 15$, $Z = -2.021$, $p = 0.046$, $r = -.490$). Ob sich diese erhöhte nächtliche sympathische Aktivität nach Abschluss des RTS auch in einer größeren Kohorte abbildet, wird aktuell analysiert. Die Implementierung von phasischer EDA (EDR, „Storms“) sowie eine spezifische Diskussion der sympathischen Aktivität unter Berücksichtigung klinischer Symptome, der Schwere der saC sowie im Zusammenhang mit parasympathischer Aktivität („dual activation“) (Tulppo et al., 2011) zeigen wichtige nächste Schritte der Analyse der Aktivität im ANS auf.

Durch saC veränderte Aktivität im ANS könnte zukünftig zu einer individualisierten Trainings- und Belastungssteuerung (Plews et al., 2013), für das Regenerationsmanagement (Meyer et al., 2016) sowie zur Prävention bzw. Rehabilitation einer möglichen autonomen Fehlfunktion im funktionellen (Bellenger et al., 2017) oder nichtfunktionellen Übertrainingszustand (Kiviniemi et al., 2014) beitragen. Im Rahmen eines individualisierten, neurophysiologischen Belastungs- und Erholungsmanagement nach saC stehen dabei nicht nur mögliche Interaktionen zur Prävention von sekundären Verletzungen z. B. des muskuloskelettalen Systems, sondern auch die Vermeidung der Chronifizierungen autonomer Symptome im Vordergrund. Hierzu bedarf es der Generierung weiterer Daten, die im Längsschnitt ins Verhältnis zu klinischen und anderen Parametern und Determinanten von saC in RTS aber auch im Langzeitverlauf gesetzt werden sollten. Entsprechende Studien können nunmehr mit Hilfe der präsentierten Ergebnisse zielgerichteter und informierter gestaltet werden.

Die klinische Heterogenität der Verletzung sowie die hohe intra- und interindividuelle Variabilität der Aktivität im ANS schränken derzeit eine breite Transferierbarkeit der erhobenen Ergebnisse ein. Eine individualisierte Rehabilitation nach saC muss sich weiterhin an klinischen Profilen orientieren. Mechanistisch ergeben sich Hinweise auf die Bestätigung der Hypothese, dass saC induzierte Veränderungen von (belastungsinduzierten) CAN-Aktivität den peripher messbaren parasympathischen Alterationen zu Grund liegt, wenngleich keine Kausalitätsprüfungen durchgeführt wurden. Hierdurch konnten Studien, die neurophysiologische Dysfunktionen nach saC an Veränderungen in zentralen Hirnnetzwerken (Conley et al., 2018) und Aktivitätsmarkern des ANS (Beissner et al., 2013) identifiziert haben, belegt werden. Darüber hinaus war die Implementation einer submaximalen Belastung während des RTS klinisch nicht mit Problemen behaftet und kann im Rahmen der Beurteilung und Planung des RTS nach saC eingesetzt werden (Leddy et al., 2019).

5 Literatur

- Beissner, F., Meissner, K., Bar, K.-J., & Napadow, V. (2013). The autonomic brain: An activation likelihood estimation meta-analysis for central processing of autonomic function. *Journal of Neuroscience*, *33*, 10503-10511. doi:10.1523/JNEUROSCI.1103-13.2013
- Bellenger, C. R., Thomson, R. L., Robertson, E. Y., Davison, K., Nelson, M. J., Karavirta, L., & Buckley, J. D. (2017). The effect of functional overreaching on parameters of autonomic heart rate regulation. *European Journal of Applied Physiology*, *117*, 541-550. doi:10.1007/s00421-017-3549-5
- Blake, T. A., McKay, C. D., Meeuwisse, W. H., & Emery, C. A. (2016). The impact of concussion on cardiac autonomic function: a systematic review. *Brain Injury*, *30*(2), 132-145.
- Conley, A. C., Cooper, P. S., Karayanidis, F., Gardner, A. J., Levi, C. R., Stanwell, P., ... & Iverson, G. L. (2018). Resting state electroencephalography and sports-related concussion: a systematic review. *Journal of Neurotrauma*, *36*(1), 1-13.
- Esterov, D., & Greenwald, B. D. (2017). Autonomic Dysfunction after Mild Traumatic Brain Injury. *Brain Sciences*. doi:10.3390/brainsci7080100
- Giza, C. C., & Hovda, D. A. (2014). The new neurometabolic cascade of concussion. *Neurosurgery*, *75*(Suppl 4), S24-33. doi:10.1227/NEU.0000000000000505
- Jakobsmeyer R. (2017). *Multidimensionale Ableitung und Analyse beanspruchungssensibler Parameter des Autonomen Nervensystems im (Spitzen-) Sport – ein explorativer Forschungsansatz zur Charakterisierung der Beanspruchung im Autonomen Nervensystem durch Parameter der Herzfrequenzvariabilität und der elektrodermalen Aktivität*. Paderborn: UB-PAD - Paderborn University Library.
- Kiviniemi, A. M., Tulppo, M. P., Hautala, A. J., Vanninen, E., & Uusitalo, A. L. T. (2014). Altered relationship between R-R interval and R-R interval variability in endurance athletes with overtraining syndrome. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, *24*, e77-85. doi:10.1111/sms.12114
- Leddy, J. J., Haider, M. N., Ellis, M. J., Mannix, R., Darling, S. R., Freitas, M. S., ... & Wil-ler, B. (2019). Early subthreshold aerobic exercise for sport related concussion: a randomized clinical trial. *JAMA pediatrics*, *173*(4), 319-325.
- McCrorry, P., Meeuwisse, W., Dvořák, J., Aubry, M., Bailes, J., Broglio, S., et al. (2017). Consensus statement on concussion in sport – the 5th international conference on concussion in sport held in Berlin, October 2016. *British Journal of Sports Medicine*, *51*, 838-847. doi:10.1136/bjsports-2017-097699

- Meyer, T., Ferrauti, A., Kellmann, M., & Pfeiffer, M. (2016). *Regenerationsmanagement im Spitzensport: REGman – Ergebnisse und Handlungsempfehlungen*. 1st ed. Köln: Sportverlag Strauß.
- Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Kilding, A. E., & Buchheit, M. (2013). Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: Opening the door to effective monitoring. *Sports Medicine*, *43*, 773-781. doi:10.1007/s40279-013-0071-8
- Poh, M.-Z., Swenson, N. C., & Picard, R. W. (2010). A wearable sensor for unobtrusive, long-term assessment of electrodermal activity. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, *57*, 1243-1252. doi:10.1109/TBME.2009.2038487
- Reinsberger, C., Sarkis, R., Papadelis, C., Doshi, C., Perez, D. L., Baslet, G., et al. (2015). Autonomic changes in psychogenic nonepileptic seizures: Toward a potential diagnostic biomarker? *Clinical EEG and Neuroscience*, *46*, 16-25. doi:10.1177/1550059414567739
- Reinsberger, C., & Stengel, D. (2016). *Schädel-Hirn-Verletzungen im deutschen Spitzensport: Präsentation der Expertise*.
- Schuurmans, A. A., de Looft, P., Nijhof, K. S., Rosada, C., Scholte, R. H., Popma, A., & Otten, R. (2020). Validity of the Empatica E4 wristband to measure heart rate variability (HRV) parameters: A comparison to electrocardiography (ECG). *Journal of Medical Systems*, *44*(11), 1-11.
- Tulppo, M. P., Kiviniemi, A. M., Hautala, A. J., Kallio, M., Seppanen, T., Tiinanen, S., et al. (2011). Sympatho-vagal interaction in the recovery phase of exercise. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *31*, 272-281. doi:10.1111/j.1475-097X.2011.01012.x

KOGTiG – Kognitives Training bei Gehirnerschütterung

(AZ 070106/19-20)

Harry Hallock^{1,2}, Maron Mantwill^{1,2}, Bernd Wolfarth³, Amit Lampit^{1,2,4}
& Carsten Finke^{1,2} (Projektleitung)

¹Berlin School of Mind and Brain, Humboldt-Universität zu Berlin

²Charité – Universitätsmedizin Berlin, Klinik für Neurologie

³Charité – Universitätsmedizin Berlin, Abteilung Sportmedizin

⁴Universität Melbourne, Department of Psychiatry

1 Problemstellung

Aktuelle Studien (Maas et al., 2017; Nathanson et al., 2016; Zuckerman et al., 2015) zeigen, dass die Anzahl der Gehirnerschütterungen in vielen Sportarten und auf verschiedenen Leistungsebenen (Amateur, Semi-Profi und Profi) während der letzten Jahrzehnte stetig angestiegen ist. Während sich der klinische Behandlungsablauf bei Gehirnerschütterung in den letzten Jahren verbessert hat, legen die aktuell verwendeten Protokolle den Schwerpunkt meist auf die körperliche Rehabilitation und vernachlässigen dabei oft potentielle kognitive Folgen. Kognitives Training stellt hier einen vielversprechenden Ansatz zur Behandlung kognitiver Folgen von einmaligen oder wiederholten Gehirnerschütterungen dar. Ziel des kognitiven Trainings ist es, durch strukturierte und kontrollierte Lernereignisse eine erfahrungsabhängige Neuroplastizität zu fördern und somit eine Verminderung der kognitiven Defizite zu erreichen. Computer-gestütztes kognitives Training (CKT) überträgt die bereits benannten Prinzipien kognitiven Trainings in ein computer-gestütztes strukturiertes Trainingsprogramm. Während die Durchführung kognitiver Trainings lange Zeit von Ärzten, Psychologen oder Physiotherapeuten begleitet werden musste, eröffnet sich durch die Implementierung computergestützter Lösungen und durch strukturierte Trainingsinhalte, die nur minimales Monitoring erfordern, die Möglichkeit zu einer schnelleren und skalierbaren Unterstützung der betroffenen Sportler und Sportlerinnen. Das Ziel des Forschungsprojektes KogTiG war es, die Machbarkeit der Implemen-

tierung von CKT als Rehabilitationswerkzeug für Schädel-Hirn-Traumata (SHT) – insbesondere bei sportbedingten Gehirnerschütterungen – zu bewerten. Die prinzipielle Machbarkeit und Wirksamkeit von CKT in der Behandlung von kognitiven Defiziten war bereits zuvor in verschiedenen Bereichen nachgewiesen worden, u. a. bei gesunden älteren Erwachsenen (Lampit et al., 2014), bei idiopathischem Parkinson-Syndrom (Leung et al., 2015) und bei depressiven Patienten (Motter et al., 2016). CKT könnte sich auch im Feld der sportbedingten Gehirnerschütterungen als neuartige und skalierbare Lösung für alle Ebenen des Sports für die kognitive Rehabilitation nach sportbedingten Gehirnerschütterungen erweisen und zur Sicherheit der Spielenden und zur Verhinderung potenzieller Kurz- und Langzeitfolgen nach sportbedingten Gehirnerschütterungen beitragen.

2 Methoden

Das Projekt KogTiG bestand aus einem prospektiven Arm und einem retrospektiven Arm. Im prospektiven Arm wurden Sportler und Sportlerinnen aus dem regulären Trainingsbetrieb rekrutiert mit dem Ziel, eine kognitive Leistungseinschätzung vor einer eventuellen Gehirnerschütterung durchzuführen. Die eingehende Basistestung (DASS; SCAT-5, ImPACT) bildete dabei die Grundlage für Vergleiche zwischen kognitiver Leistung vor und nach Gehirnerschütterung sowie vor und nach CKT. Im Falle einer Gehirnerschütterung wurde schnellstmöglich ein Post-Injury-Assessment (PIA) durchgeführt und den Sportlern und Sportle-

rinnen die Teilnahme am CKT angeboten. Nach abgeschlossenem CKT durchliefen die Athletinnen und Athleten eine Abschlussprüfung analog zum ersten PIA.

Im retrospektiven Arm des Projektes wurden Sportler eingeschlossen, die kürzlich eine Gehirnerschütterung erlitten hatten, aber nicht zuvor durch das Projekt KogTiG rekrutiert worden waren. Diese Sportler wurden typischerweise durch medizinisches Personal der Charité-Universitätsmedizin Berlin an das Projekt KogTiG verwiesen. Sportler des retrospektiven Arms nahmen auch am PIA teil und wurden anschließend in das CKT eingeschlossen. Nach absolviertem CKT fand auch hier eine abschließende kognitive Testung statt.

Im Zeitraum von März 2019 bis Oktober 2021 rekrutierten wir 84 Sportlerinnen und Sportler ohne bekannte psychische oder neurologische Erkrankungen (siehe Tab. 1). Das Teilnehmerfeld setzte sich aus Amateuren, semi-professionellen und professionellen Sportlern und Sportlerinnen zusammen. Die teilnehmenden Fußballer spielten in der 4. bis 6. Fußballliga, während American Football-Spieler und Rugbyspieler in der zweiten Bundesliga bzw. in der deutschen Nationalmannschaft spielten. Keiner der Teilnehmenden hatte zuvor an CKT teilgenommen. Alle gaben eine schriftliche Einverständniserklärung ab und wurden ausführlich über den Verlauf und das Ziel der Studie aufgeklärt.

Während der Beobachtungszeit erlitten insgesamt fünf Athleten eine sportbedingte Gehirnerschütterung. Von den fünf Athleten mit Gehirnerschütterung nahmen vier Athleten am CKT teil (ein Sportler brach das CKT noch vor der ersten Sit-

zung aufgrund technischer Probleme ab). Das von uns genutzte CKT wurde von NeuroNation entwickelt (www.neuronation.com) und besteht aus 24 Sitzungen (2/Woche), welche jeweils ca. 40 Minuten beanspruchen. Die einzelnen Sessions bestehen wiederum aus mehreren kurzen spielerischen Aufgaben, die verschiedenen kognitiven Bereichen zugeordnet werden können (siehe Tab. 2). Die Aufgaben orientieren sich an üblichen Mobile-Games und bestehen aus mehreren Wiederholungen kleinerer Aufgaben, deren Schwierigkeit sich dynamisch an die kognitive Leistung der Teilnehmenden anpasst. Neun der Aufgaben beziehen sich auf die Exekutivfunktionen, zehn auf die Gedächtnisleistung, und jeweils zwei sollen die Verarbeitungsgeschwindigkeit, Sprache, Suchen, und visuell-räumlichen Denken stimulieren.

Der Zusammenhang zwischen Gehirnerschütterungen und eventuellen kognitiven Leistungsveränderungen wurde durch Korrelationsanalysen (Spearman's rank correlation coefficient) untersucht. Wir untersuchten den Zusammenhang zwischen der Zeit seit der letzten Gehirnerschütterung und den verschiedenen ImPACT-Komposit-Scores (verbal memory composite, visual memory composite, visual motor speed composite, reaction time composite) sowie der selbst eingeschätzten Symptomschwere und der Gedächtnisleistung, beides Werte die mit Hilfe des SCAT-5 ermittelt wurden.

Bei Athleten, die während des Beobachtungszeitraums eine Gehirnerschütterung erlitten oder retrospektiv eingeschlossen wurden, untersuchten wir zudem die Wirksamkeit der CKT mit Hilfe linearer Regressionsanalysen.

Tab. 1: Stichprobendaten

Geschlecht	79 männlich / 5 weiblich
Athleten, die CKT durchführen	4 (3 männlich / 1 weiblich)
Aktivitätsniveau (Profi / Nicht-Profi / NA)	30 / 48 / 6
Häufigkeit des wöchentlichen Trainings oder Spiels (Median (IQR))	7 (4-8)
Sportart (Fußball / Rugby / American Football / Handball / Eisschnelllauf)	63 / 9 / 7 / 4 / 1
Athleten mit früherer Gehirnerschütterung	23
Anzahl früherer Gehirnerschütterungen (Median (IQR))	1 (1-3)

Tab. 2: Bezeichnungen der verschiedenen durch NeuroNation bereitgestellten kognitiven Übungen und die ihnen zugeordneten kognitiven Teilbereiche.

Kognitiver Bereich	Übungen aus NeuroNation
Exekutivfunktionen	Formula; Logiladder; Escalator Categories; Quantum Leap; Color Craze; Confusion Speed; Solitaria; Pathfinder; Trail Tracker
Gedächtnis	Word Restorer; Memobox Words; Turning Tops; Mixed Memories; Parita; Restorer; Memobox; Mathrobatics; Shuffler; Symbolism
Geschwindigkeit	Math Blitz; Chain Reaction
Visuell-räumlich	Form Fusion; Rotator
Sprache	Wordsmith; Verbal Voyager
Suche	Alphabet Soup; Flash Glance

Hierbei modellierten wir die durchschnittliche Leistung der Athleten in den verschiedenen Übungen abhängig von der bisherigen Anzahl der CKT-Sitzungen. Abschließend untersuchten wir den Effekt des CKT auf die kognitive Leistungsfähigkeit der Athleten nach Abschluss des Trainings. Hierzu verglichen wir die Werte der kognitiven Testungen vor und nach CKT. Auf Grund der sehr geringen Stichprobengröße von vier Athleten, die am Training teilgenommen hatten, führten wir hier allerdings keine statistische Prüfung, sondern ausschließlich explorative Analysen durch.

3 Ergebnisse

3.1 Zusammenhang zwischen sportbedingten Gehirnerschütterungen, kognitiver Leistungsfähigkeit und postkonkusiver Symptomatik

Bei Sportlerinnen und Sportlern mit mindestens einer erlittenen Gehirnerschütterung bestanden nach einem kürzeren zeitlichen Abstand zur letzten sportbedingten Gehirnerschütterung noch signifikant mehr selbstberichtete Symptome ($\rho(20) = -0,50$, $p = .018$, FDR-korrigiert; siehe Abb. 1, S. 4).

Ebenso zeigten sich bessere Werte im visuell-motorischen Score des ImPACT in Assoziation mit einem längeren zeitlichen Abstand zur letzten Gehirnerschütterung ($\rho(20) = 0,43$, $p = .046$, FDR-korrigiert).

Bemerkenswert ist hierbei, dass der Abstand zwischen Gehirnerschütterung und der Untersuchung in unserer aktuellen Studie zwischen 0 und 10 Jahren lag. Die Ergebnisse deuten somit auf sehr langfristige Erholungsprozesse hin.

Bei der Untersuchung kognitiver Leistungsfähigkeit nach akuter Gehirnerschütterung, also bei jenen Athleten, die während des Untersuchungszeitraums eine sportbedingte Gehirnerschütterung erlitten und in CKT eingeschlossen wurden, zeigte ein Athlet mit Gehirnerschütterung den schlechtesten zusammengesetzten visuell-motorischen Wert aller 84 rekrutierten Athleten, während ein weiterer Athlet mit Gehirnerschütterung den drittschlechtesten zusammengesetzten verbalen Gedächtniswert aufwies.

3.2 Entwicklung der kognitiven Leistung während des CKT

Zunächst untersuchten wir die longitudinale Entwicklung der kognitiven Leistung der Athleten, indem wir unabhängige lineare Regressionsmodelle für jede der 27 CKT-Übungen erstellten, wobei die Sitzungsnummer als unabhängige Variable und das Übungsergebnis der jeweiligen Übung in der jeweiligen Session als abhängige Variable verwendet wurden. Über die vier am CKT teilnehmenden Sportler gemittelt beobachteten wir eine signifikante Leistungsverbesserung in 22 von 27 CKT-Übungen während des Trainingszeitraums (siehe Tab. 3).

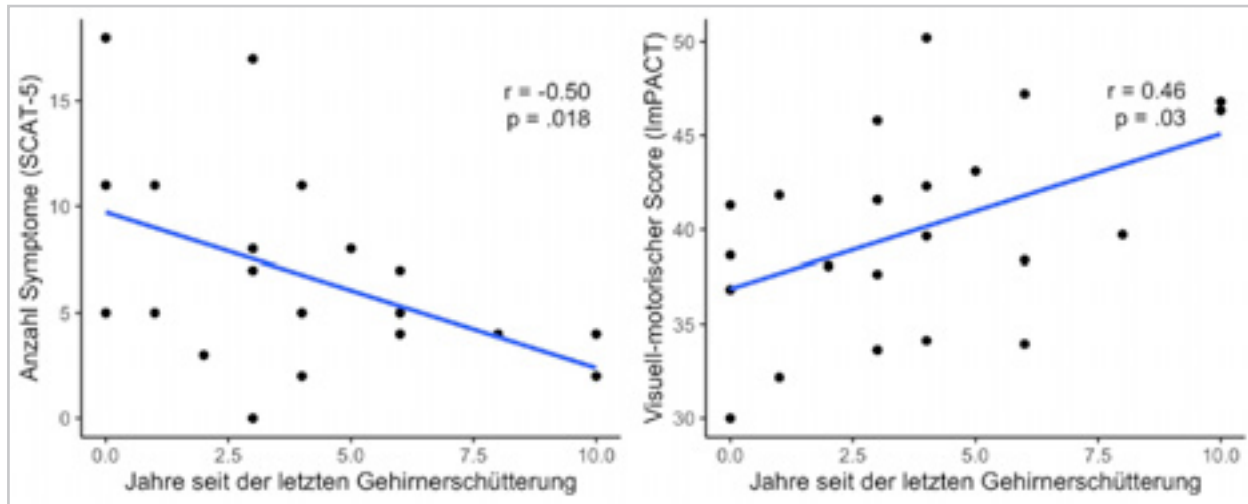


Abb. 1: Darstellung der Korrelation zwischen dem zeitlichen Abstand zur letzten Gehirnerschütterung und der Anzahl der gemeldeten Symptome (links) und der Zeit seit der letzten Gehirnerschütterung und dem visuell-motorischen Composite Score (rechts; höhere Werte bedeuten eine bessere visuell-motorische Leistung). Beide Korrelationen waren signifikant bei $p < .05$ (Spearman, FDR-korrigiert).

Tab. 3: Regressionsmodelle für alle CKT Übungen

Übung	Intercept	Beta	Übung	Intercept	Beta
MemoboxWords (G)	18.9	11.16***	VerbalVoyager (S)	426.2***	-6.26
WordRestorer (G)	361.1***	5.78	ChainReaction (VG)	254.7***	11.53*
ConfusionSpeed (EF)	206***	-11.48***	TrailTracker (EF)	228.6***	27.06***
EscalatorCategories (EF)	431.7***	-1.26	MixedMemories (G)	77.1***	3.49***
Wordsmith (S)	2	6.15***	Restorer (G)	142***	13.55***
MathBlitz (VG)	40.9**	4.15***	Shuffler (G)	54.6***	2.22**
ColorCraze (EF)	530.4***	-25.05***	Symbolism (G)	452.3***	-10.71*
Solitaria (EF)	333.7***	1	LogiLadder (EF)	24.1	12.06***
TurningTops (G)	169.6***	11.38***	QuantumLeap (EF)	292.9***	-15.55***
Parita (G)	141.4**	6.32*	Rotator (VS)	65.4**	25.85***
Memobox (G)	122.8***	12.26***	FlashGlance (VG)	239.4***	5.04***
Formula (EF)	425.9***	-3.01	PathFinder (EF)	414.8***	10.49***
FormFusion (VS)	46.9*	6.23***	MathRobotics (G)	17.2	25.66***
AlphabetSoup (VG)	163.9***	20.6***			

$p < .001$ ***, $p < .01$ ** , $p < .05$ *

Die beobachtete Leistungssteigerung war bei allen vier am Training teilnehmenden Athleten zu beobachten und setzte sich kontinuierlich während der 24 Sitzungen fort (siehe hierzu auch exemplarisch Abb. 2).

Die Verbesserungen verteilten sich auf alle trainierten kognitiven Bereiche, d. h. auf Übungen, die das Gedächtnis, die Exekutivfunktionen, die Verarbeitungsgeschwindigkeit, visuell-räumliche Fähigkeiten und die Sprache betrafen.

3.3 Wirkung des kognitiven Trainings auf Symptomatik und kognitive Leistungsfähigkeit

Um eventuelle Effekte des CKT unabhängig von den trainierten Übungsformen zu analysieren, führten wir anschließend eine rein explorative Analyse der Unterschiede in der kognitiven Leistungsfähigkeit auf der Grundlage der ImPACT- und SCAT-5-Testbatterien zwischen den Zeitpunkten vor und nach dem CKT durch.

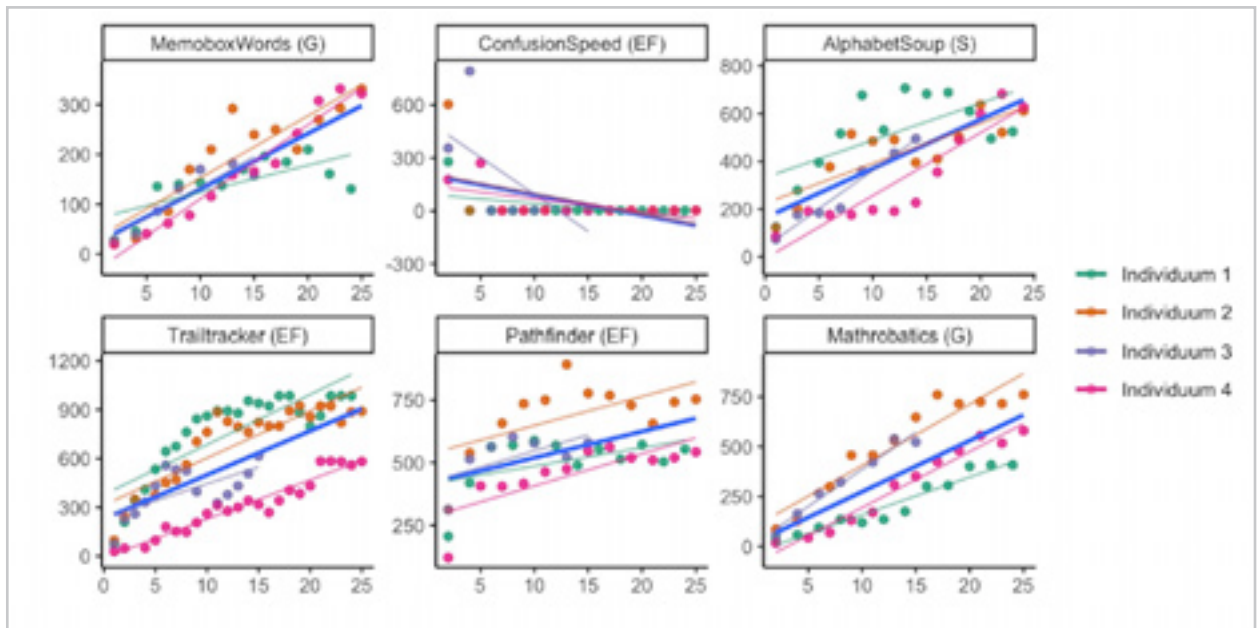


Abb. 2: Längsschnittliche Entwicklung der Trainingsleistung bei sechs (von siebenundzwanzig) exemplarischen CKT-Übungen. Lineare Regressionsmodelle zeigen signifikante Auswirkungen der Anzahl der Sitzungen auf die Leistung der Athleten in allen sechs CKT-Übungen bei $p < .001$. Die dünnen, bunten Linien zeigen den linearen Trend der Leistungen der einzelnen Athleten, während die dicke blaue Linie den linearen Trend über alle Athleten darstellt.

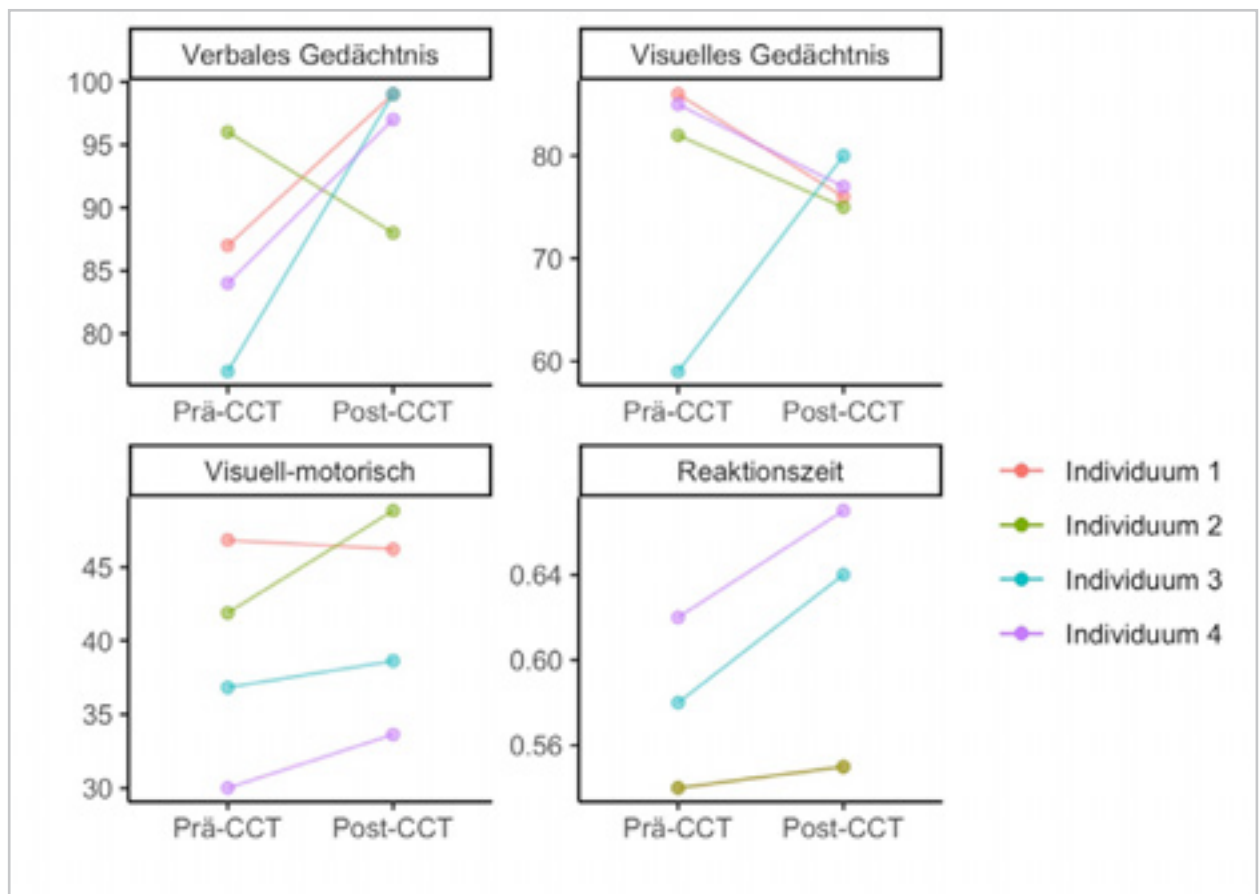


Abb. 3: Veränderung der kognitiven Leistung vor und nach dem CKT, erfasst durch die verschiedenen zusammengesetzten Scores des ImPACT-Tests. Dabei ist zu beachten, dass Athlet 1 und Athlet 2 vor und nach dem CKT die gleichen Reaktionszeiten hatten und sich daher gegenseitig überdecken.

Hierbei konnten wir aufgrund der geringen Stichprobengröße keine statistischen Vergleiche durchführen. Explorativ zeigten sich bei drei von vier Athleten verbesserte zusammengesetzte Werte im Bereich des verbalen Gedächtnisses und im visuell-motorischen Bereich. Gleichzeitig zeigte die gleiche Anzahl von Teilnehmern eine Verschlechterung der zusammengesetzten Werte des visuellen Gedächtnisses, und alle Athleten wiesen nach dem CKT eine etwas langsamere Reaktionszeit auf (siehe Abb. 3). Wir konnten keine Verbesserung der SCAT-5-Gedächtniswerte oder der selbstberichteten Symptomschwere feststellen.

4 Diskussion

Das Projekt KogTiG zeigt, dass auch bei jungen Athleten ein Zusammenhang zwischen Gehirnerschütterungen und geringerem selbstberichteten Wohlbefinden bzw. schlechterer kognitiver Leistung im visuell-motorischen Bereich besteht. Eine Abnahme selbstberichteter Symptome und eine Besserung der visuell-motorischen Leistung wurde dabei über einen mehrjährigen Zeitraum beobachtet.

Die Ergebnisse deuten somit auf sehr langfristige Erholungsprozesse hin bzw. auf sehr lang anhaltende Beeinträchtigung. Diese Befunde müssen jedoch in prospektiven longitudinalen Studien bestätigt werden.

Auch wenn sich derzeit noch keine Aussage über eventuelle Spätfolgen der erlittenen sportbedingten Gehirnerschütterungen bei den untersuchten Athleten treffen lässt, zeigt sich doch ein konkreter Handlungsbedarf, welcher sich

- › aus den berichteten akuten Symptomen und Einschränkungen der kognitiven Leistungsfähigkeit sowie
- › aus dem in der Literatur berichteten Zusammenhang zwischen Gehirnerschütterung und chronisch traumatischer Enzephalopathie und anderen Beschwerden ergibt.

CKT ist ein vielversprechendes Instrument in der Rehabilitation und im zukünftigen Management von sportbedingten Gehirnerschütterungen. Neben einer hohen Adhärenz (75 %) an das eigenständig zu Hause durchgeführte kognitive Training zeigten alle Athleten während des CKTs signifikante Verbesserungen der Trainingsleistung in den meisten Übungen und in allen trainierten kognitiven Bereichen. Sowohl Gedächtnisleistung, Reaktionsgeschwindigkeit und Exekutivfunktion zeigten signifikante Steigerungen mit Bezug auf die im CKT angebotenen Übungen. Auch die explorative Analyse der Unterschiede zwischen prä- und post-CKT deutet auf eine kognitive Verbesserung in mehreren Bereichen hin. Hier fanden sich bei einer Mehrheit der untersuchten Athleten speziell für das verbale Gedächtnis und den visuell-motorische Bereich deutlich bessere Leistungen nach dem CKT im Vergleich zur Untersuchung vor dem CKT.

Während des Projektzeitraums führte die COVID-19-Pandemie zu einer deutlichen Reduktion sportbedingter Gehirnerschütterungen (Kontos et al., 2021), mit niedrigeren Gehirnerschütterungsinzidenzen sowohl im Amateur- als auch im Profisport. Dies führte auch in unserem Projekt zu niedriger-als-erwarteten Teilnehmerzahlen im CKT. Im Gegensatz zu akuten Gehirnerschütterungen war die Lebenszeitprävalenz von Gehirnerschütterungen in unserer Stichprobe nicht beeinflusst. Etwa ein Viertel aller von uns untersuchten Sportler berichteten in ihrem Leben bereits mindestens eine Gehirnerschütterung erlitten zu haben. Dies entspricht den Inzidenzen früherer Untersuchungen und unterstreicht zudem die hohe Relevanz des Themas (Daugherty et al., 2020; Veliz et al., 2019).

Zusammenfassend zeigt das Projekt KogTiG, dass computer-gestütztes kognitives Training bei Athleten mit sportbedingter Gehirnerschütterung machbar und wirksam ist, eine hohe Adhärenz zeigt und mit verbesserten kognitiven Leistungen nach CKT einhergeht.

5 Literatur

- Daugherty, J., DePadilla, L., Sarmiento, K., & Breiding, M. J. (2020). Self-Reported Lifetime Concussion Among Adults: Comparison of 3 Different Survey Questions. *Journal of Head Trauma Rehabilitation*, 35(2), E136-E143. <https://doi.org/10.1097/HTR.0000000000000534>
- Kontos, A. P., Eagle, S. R., Holland, C. L., Thomas, D., Hickey, R., Santucci, C., & Collins, M. W. (2021). Effects of the COVID-19 Pandemic on Patients with Concussion Presenting to a Specialty Clinic. *Journal of Neurotrauma*, 38(20), 2918-2922. <https://doi.org/10.1089/neu.2021.0203>
- Lampit, A., Hallock, H., & Valenzuela, M. (2014). Computerized Cognitive Training in Cognitively Healthy Older Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Effect Modifiers. *PLoS Medicine*, 11(11), e1001756. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001756>
- Leung, I. H. K., Walton, C. C., Hallock, H., Lewis, S. J. G., Valenzuela, M., & Lampit, A. (2015). Cognitive training in Parkinson disease: A systematic review and meta-analysis. *Neurology*, 85(21), 1843-1851. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000002145>
- Maas, A. I. R., Menon, D. K., Adelson, P. D., Andelic, N., Bell, M. J., Belli, A., Bragge, P., Brazinova, A., Büki, A., Chesnut, R. M., Citerio, G., Coburn, M., Cooper, D. J., Crowder, A. T., Czeiter, E., Czosnyka, M., Diaz-Arrastia, R., Dreier, J. P., Duhaime, A.-C., ... Zumbo, F. (2017). Traumatic brain injury: Integrated approaches to improve prevention, clinical care, and research. *The Lancet Neurology*, 16(12), 987-1048. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(17\)30371-X](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(17)30371-X)
- Motter, J. N., Pimontel, M. A., Rindskopf, D., Devanand, D. P., Doraiswamy, P. M., & Sneed, J. R. (2016). Computerized cognitive training and functional recovery in major depressive disorder: A meta-analysis. *Journal of Affective Disorders*, 189, 184-191. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2015.09.022>
- Nathanson, J. T., Connolly, J. G., Yuk, F., Gometz, A., Rasouli, J., Lovell, M., & Choudhri, T. (2016). Concussion Incidence in Professional Football: Position-Specific Analysis With Use of a Novel Metric. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 4(1), 232596711562262. <https://doi.org/10.1177/2325967115622621>
- Veliz, P., Eckner, J. T., Zdroik, J., & Schulenberg, J. E. (2019). Lifetime Prevalence of Self-Reported Concussion Among Adolescents Involved in Competitive Sports: A National U.S. Study. *Journal of Adolescent Health*, 64(2), 272-275. <https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2018.08.023>
- Zuckerman, S. L., Kerr, Z. Y., Yengo-Kahn, A., Wasserman, E., Covassin, T., & Solomon, G. S. (2015). Epidemiology of Sports-Related Concussion in NCAA Athletes From 2009-2010 to 2013-2014: Incidence, Recurrence, and Mechanisms. *The American Journal of Sports Medicine*, 43(11), 2654-2662. <https://doi.org/10.1177/0363546515599634>

Kopfbälle im Kindes- und Jugendalter

– Auswirkungen auf vestibulo-okuläre und kognitive Funktionen

(AZ 070107/19-20)

Claus Reinsberger (Projektleitung) & Rebecca Reeschke

Universität Paderborn, Sportmedizinisches Institut, Department Sport und Gesundheit

1 Problem

Fußball ist die einzige Sportart, in der Spielende zielgerichtet ihren ungeschützten Kopf einsetzen, um den Ball zu lenken und kontrollieren (Spiotta et al., 2012). Hierdurch induzierte klinische Kurz- und Langzeitkonsequenzen und Effekte vom Kopfballsport auf Gehirnstruktur und -funktionen sind bislang jedoch unscharf beschrieben (Rutherford et al., 2019). Einzelne zumeist im Querschnittsdesign durchgeführte Studien beschreiben Hirnveränderungen und eine beeinträchtigte kognitive Funktion in Bezug auf das Kopfballsport bei Erwachsenen und Jugendlichen. Ein zu verallgemeinernder pathologischer Effekt lässt sich in der Gesamtschau hieraus jedoch noch nicht ableiten, und besonders bei Kindern, deren Gehirne sich noch in der Entwicklung befinden, sind Folgen nicht eindeutig abzuschätzen (Kontos et al., 2017; McCunn et al., 2021). Unterschiedliche Untersuchungsmethoden, fehlende Betrachtungen im Längsschnitt und wenig Kenntnis über Art und Häufigkeit des Kopfballsports im Nachwuchsfußball limitieren die Evidenz (Putukian et al., 2019).

Die in der Literatur vorzufindende Variabilität in der Anzahl und Aufprallkraft von Kopfbällen erschwert eine realistische Einschätzung über die Kopfballbelastung im Jugendfußball. Beobachtungen von Trainingseinheiten gibt es bisher selten. Aktuell veröffentlichte Studien haben Kopfballhäufigkeiten und -ausführungen mit Hilfe von Videobeobachtungen in einer großangelegten Querschnittsstudie in acht europäischen Ländern (Beaudouin et al., 2020) oder mittels direkter Beobachtung bei einem internationalen Turnier untersucht (Sandmo et al., 2019).

Potenzielle Veränderungen der Kopfballanzahlen, z. B. über den Verlauf einer Saison können dabei jedoch nicht abgebildet werden.

Diese prospektive Längsschnittstudie hat zum Ziel,

- › die Häufigkeit und Charakteristika von Kopfbällen in Trainingseinheiten und Spielen sowie
- › den Effekt von Kopfbällen auf vestibulo-okuläre und kognitive Parameter bei Mädchen und Jungen im Kindes- und Jugendalter über den Verlauf einer Saison zu beschreiben.

2 Methode

2.1 Studiendesign

Bei vier Jugendfußballteams verschiedener Altersklassen und einer Kontrollgruppe gleichen Alters und Geschlechts wurden vor (Prä) und nach (Post) der Saison 2019/20 und 2020/21 Testungen vestibulo-okulärer Parameter und neurokognitiver Funktionen durchgeführt. Während der jeweiligen Saison wurden alle Kopfbälle sämtlicher Spiele und Trainingseinheiten der Fußballteams mittels standardisierter Videoanalyse ausgewertet. Alle Teilnehmenden und Eltern (wenn <18 Jahre) gaben vor der Teilnahme an der Studie ihr schriftliches Einverständnis. Das Projekt wurde von der Ethikkommission der Ärztekammer Westfalen-Lippe in Münster geprüft und genehmigt (2019-321-f-S).

2.2 Stichprobe und Studien- durchführung

In die Studie eingeschlossen wurden 135 Nachwuchsfußballspielerinnen und -spieler (männlich: U11 (N = 29; $9,7 \pm 0,5$ Jahre), U15 (N = 29; $13,8 \pm 0,4$ Jahre), U19 (N = 38; $17,4 \pm 0,5$ Jahre); weiblich: U17 (N = 39; $14,9 \pm 0,8$ Jahre)) der höchsten deutschen Juniorenligen und 59 Basketballspieler sowie Volleyballspielerinnen gleicher Altersklassen und ähnlichen Spielniveaus (Kontrollgruppe).

Alle Sportlerinnen und Sportler wurden vor der Saison 2019/20, bzw. 2020/21 hinsichtlich folgender Hirnfunktionen untersucht:

- Vestibulo-okulärer Reflex (VOR-Gain) aller Bogengänge mit dem videobasierten Kopfpulstest (ICS impulse, GN Otometrics),
- der Verlust von statischer zu dynamischer Sehschärfe (DVA-Loss in logMAR) in der lateralen Ebene mit dem Dynamic Visual Acuity Test (NeuroCom InVision, Natus),
- die posturale Kontrolle (Pendelgeschwindigkeit in Grad/Sek.) mit dem Stability Evaluation Test (NeuroCom VSR, Natus) und
- neurokognitive Leistungen in sechs Domänen (Subject Score) mit einer computerbasierten Testbatterie (CNS Vital Signs): Merkfähigkeit, Verarbeitungsgeschwindigkeit, Psychomotorische Geschwindigkeit, Reaktionsgeschwindigkeit, komplexe Aufmerksamkeit, kognitive Flexibilität

101 Fußballspielende und 51 Kontrollathletinnen und -athleten haben gleiche Testungen auch nach der jeweiligen Saison durchgeführt (Zeitraum Prä - Post: 10 ± 1 Monate).

Während der jeweiligen Saison wurden sämtliche Spiele und Trainingseinheiten der Nachwuchsfußballteams per Video aufgezeichnet und Charakteristika aller Kopfbälle, wie die Kopfballsituation, Flugdistanz und der Treff-

punkt des Balls am Kopf, mit einem standardisierten Protokoll erfasst. Die durchschnittliche Beobachtungszeit der 134 beobachteten Fußballspielerinnen und -spieler lag bei $11 (\pm 5)$ Monaten.

2.3 Statistik

Die statistische Auswertung erfolgte mit Microsoft Excel 2019 and SPSS 27 (IBM Statistics). Das individuelle Kopfballaufkommen wird als durchschnittliche Inzidenzrate (IR) pro 1000 Spiel-/ Trainingsstunden mit 95 % Konfidenzintervallen (KI) dargestellt (Beaudouin et al., 2020). Um Unterschiede zwischen den Teams zu ermitteln, wurde nach Testung der IR auf Normalverteilung (Shapiro-Wilk Test) ein Kruskal-Wallis Test mit Post-Hoc Bonferroni Korrektur durchgeführt. Basierend auf der Kopfballanzahl in fünf Spielen und acht Trainingseinheiten wurde die Interrater Reliabilität mittels Intraklassen Korrelationskoeffizient (ICC) ermittelt.

Gruppenunterschiede der Prä-Test Ergebnisse im Querschnitt wurden mittels Kruskal-Wallis Test, ANOVA und anschließenden Post-Hoc Tests untersucht (Signifikanzniveau $p < ,05$).

3 Ergebnisse

3.1 Häufigkeit und Charakteristika von Kopfbällen

In 275 Spielen und 673 Trainingseinheiten (Gesamte Spiel- und Trainingsexpositionszeit: 13507 Std.) wurden insgesamt 22921 Kopfbälle (Spiel: 4029, Training: 18892) beobachtet. Die individuelle Kopfball IR im Spiel betragen 1256 [95 % KI 884-1627] bei U11 Spielern, 1608 [95 % KI 1195-2022] bei U15 Spielern, 1050 [95 % KI 802-1298] bei U17 Spielerinnen und 1966 [95 % KI 1625-2307] bei U19 Spielern. Die Spiel-IR unterschied sich signifikant zwischen U17 Spielerinnen und U19 Spielern ($z = 3,762, p < ,01$). In Trainingseinheiten lag die IR bei 739 [95 % KI 586-894] pro U11, 2206 [95 % KI 1636-2775] pro U15, 1661 [95 % KI 1381-1942] pro U17 und 1419 [95 % KI 1190-1648] pro U19 Spielerin/Spieler (Tab. 1). Die U11 zeigte signifikant geringere Trainings-IR verglichen mit allen älteren Teams ($p < ,01$).

Während die meisten Spielerinnen und Spieler durchschnittlich keine oder 1-2 Kopfbälle pro Spiel und Trainingseinheit spielten, köpften fünf U15-Spieler durchschnittlich fünf bis acht Mal pro Training, was 34 % aller Trainings-Kopfbälle dieser Altersklasse ausmacht (Abb. 1). Kein Spieler köpft durchschnittlich mehr als viel Mal pro Spielstunde.

Die meisten Kopfbälle wurden ohne Kopfballduell (Spiel: 58 %, Training: 91 %) und mit Flugdistanzen von 5-20m im Spiel (54 %) und <5m im Training (65 %) ausgeführt. Kopfbälle aus mehr als 20 m sind selten im Spiel der U11 (11 %) und nehmen mit steigendem Alter zu (U19: 49 %).

Tab. 1: Expositionszeit, Anzahl aufgezeichneter Spiele/ Trainingseinheiten, Anzahl Kopfbälle (pro Spielstunde/pro Trainingseinheit), Kopfball IR (pro 1000 Spielstunden) pro Spielende

	U11 m	U15 m	U17 w	U19 m	Gesamte Kohorte
Spielende (n)	28	27	39	38	132
Spiele (n)	80	71	54	70	275
Spielexposition (h)	278	521,5	789,4	876,8	2465,7
Kopfbälle (n)	316	942	925	1846	4029
Kopfbälle pro Spiel	4,0	13,3	17,1	26,4	14,7
Median	3	9	17	27	11
Spannweite (min-max)	0-16	0-51	0-47	0-59	0-59
Kopfbälle pro Spielende pro Spielstunde	1,3 ± 0,9	1,6 ± 1,1	1,1 ± 0,8	1,9 ± 1,0	1,5 ± 1,0
Individuelle IR	1256	1608	1050	1966	1460
95% KI	884-1627	1195-2022	802-1298	1625-2307	1289-1632
Spielende (n)	29	28	39	38	134
Trainingseinheiten (n)	110	182	134	247	673
Trainingsexposition (h)	1617,8	2812,4	2264,2	4346,4	11040,8
Kopfbälle (n)	1222	6419	4105	7146	18892
Kopfbälle pro Training	11,1	35,3	30,6	28,9	28,1
Median	4	10	3	11	7
Spannweite (min-max)	0-144	0-620	0-902	0-236	0-902
Kopfbälle pro Spielende pro Training	1,1 ± 0,6	2,7 ± 1,8	2 ± 1,1	1,9 ± 0,8	1,9 ± 1,3
Individuelle IR	739	2206	1661	1419	1492
95% KI	586-894	1636-2775	1381-1942	1190-1648	1316-1669

Abkürzungen: h: Stunden; IR: Inzidenzrate; KI: Konfidenzintervall; m: männlich; w: weiblich

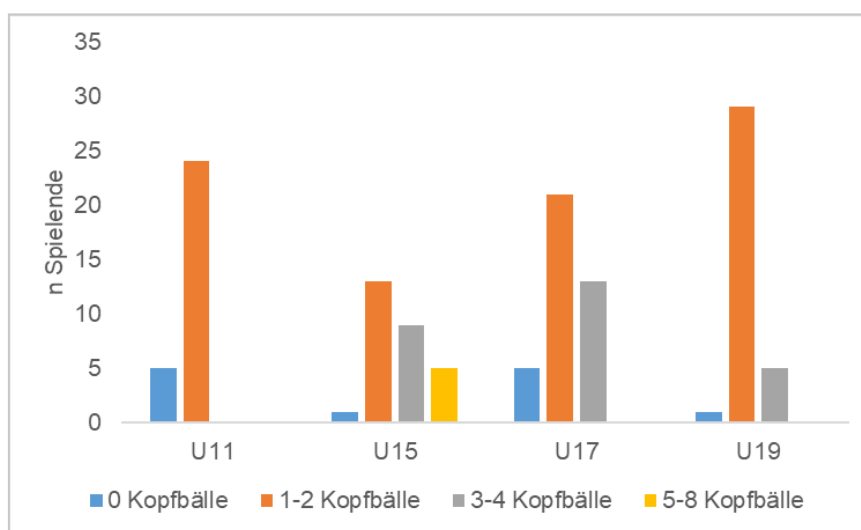


Abb. 1: Anzahl Spielende mit der Anzahl an Kopfbällen pro Trainingseinheit

Die Kopfberührung fand meist frontal statt (Spiel: 79 %, Training: 93 %), während ein Drittel aller U11-Kopfbälle im Spiel temporale, parietale oder okzipitale Kopfbereiche traf. Der geringste Anteil an Kopfbällen im Spiel wurde von Torhüterinnen und Torhütern gespielt (<6%), wohingegen im Mittelfeld 43 % aller Kopfbälle gespielt wurde, gefolgt von der Verteidigung (34%).

Der ICC zur Bestimmung der Interrater Reliabilität beträgt 0,998 (95% KI 0,995-0,999).

3.2 Vestibulo-okuläre Funktion, dynamische Sehschärfe, posturale Kontrolle und neurokognitive Leistung im Nachwuchsfußball

Bei Fußballspielenden liegt der durchschnittliche VOR-Gain vor der Saison bei 0,96, danach bei 0,95 (Kontrollgruppe Prä/Post: 0,94). Der DVA-Loss beträgt durchschnittlich 0,18 logMAR vor und 0,17 logMAR nach der Saison (Kontrollgruppe Prä: 0,19, Post: 0,18). Die gemittelte Pendelgeschwindigkeit liegt bei 2,7 Grad/Sek im Prä- und 2,4 Grad/Sek im Post-Test (Kontrollgruppe Prä: 2,7, Post: 2,4).

Bezüglich Alter, Geschlecht und Sportart bestehen vor der Saison keine signifikanten Unterschiede im VOR. Die dynamische Sehschärfe, posturale Kontrolle und alle sechs Domänen neurokognitiver Leistungen (Merkfähigkeit, Verarbeitungsgeschwindigkeit, Psychomotorische Geschwindigkeit, Reaktionsgeschwindigkeit, komplexe Aufmerksamkeit, kognitive Flexibilität) unterscheiden sich im Prä-Test signifikant bei Fußballspielern unter 11 Jahren verglichen mit älteren Fußballspielerinnen und -spielern. In keinem Parameter bestehen zwischen der Fußball- und Kontrollgruppe einer Altersklasse signifikante Unterschiede.

4 Diskussion (unter besonderer Berücksichtigung von Transfer und Praxis)

Diese prospektive Längsschnittstudie untersuchte das Kopfballaufkommen und Kopfballcharakteristika bei deutschen Nachwuchsfußballspielerinnen und -spielern über zwei Saisons mit Hilfe von Videobeobachtung im Spiel und Training.

Kopfballinzidenzen bei U11 Spielern waren im Vergleich zu den anderen Altersklassen niedrig, besonders im Training. Im Spiel nahm die IR mit steigendem Alter der Spieler zu. Ein zwischen den Altersklassen variierendes Kopfballaufkommen wurde auch in der auch in der UEFA heading study (Beaudouin et al., 2020) beschrieben. Im Training wiesen vorwiegend fünf U15 Spieler einen großen Anteil der Kopfbälle auf, was zeigt, dass das Kopfballaufkommen auch individuell sehr verschieden ist.

Die meisten Spielerinnen und Spieler köpften durchschnittlich ein bis zwei Mal pro Spiel und Trainingseinheit oder weniger, was zuvor berichtete Daten von Sandmo et al. (2019) bestätigt.

Kontakt zu einem anderen Spieler, besonders Kopf-Kopf-Kontakt wie er bei Kopfballduellen vorkommen kann, ist bei erwachsenen Fußballspielern der häufigste Mechanismus für das Entstehen einer Kopfverletzung (Beaudouin et al., 2019). Die meisten Kopfbälle bei den beobachteten Nachwuchsspielerinnen und -spielern wurden ohne Kopfballduell und mit dem frontalen Bereich des Kopfes gespielt, was in der Regel ein absichtliches Kopfballspiel darstellt (Spiotta et al., 2012). Kopfbälle wurden meistens aus einer kurzen Flugdistanz gespielt, was mit einer geringeren Geschwindigkeit und Aufprallkraft des Balls auf den Kopf assoziiert ist als bei Langdistanz-Kopfbällen (Putukian et al., 2016).

Die Ergebnisse dieser Studie legen nahe, dass Empfehlungen für das Kopfballspiel im Training individuelle, wie altersbezogene Unterschiede berücksichtigen sollten.

Zwischen Hirnfunktionen von Fußballspielenden und der Kontrollgruppe sind im gemittelten Querschnitt keine Unterschiede zu erkennen. Die dynamische Sehschärfe, posturale Kontrolle und verschiedene Domänen neurokognitiver Leistungen unterscheiden sich signifikant bei den jüngsten Nachwuchsfußballern verglichen mit älteren Spielerinnen und Spielern, was sich gut durch neurophysiologische Entwicklungsschritte beim Übergang vom Kindes- zum Jugendalter erklären lässt (Schedler et al., 2019). Auch für Längsschnittuntersuchungen von Gehirnfunktionen im Nachwuchsfußball ist es daher wichtig, die Altersklassen separat und vor allem die Jüngsten gesondert zu betrachten.

Aufgrund des individuellen Kopfballverhaltens sollten im nächsten Schritt Effekte der individuellen Anzahl und Art gespielter Kopfbälle auf die erhobenen vestibulo-okulären Parameter und neurokognitiven Funktionen untersucht werden, um Aussagen über den Einfluss des Kopfballspiels auf Hirnfunktionen im Längsschnitt treffen zu können.

5 Literatur (insbesondere Hinweis auf eigene projektbezogene Veröffentlichungen)

- Beaudouin, F., Aus der Fünten, K., Tröß, T., Reinsberger, C., & Meyer, T. (2019). Head injuries in professional male football (soccer) over 13 years: 29 % lower incidence rates after a rule change (red card). *British Journal of Sports Medicine*, 53(15), 948-952.
- Beaudouin, F., Gioftsidou, A., Larsen, M. N., Lemmink, K., Drust, B., Modena, R., ... & Meyer, T. (2020). The UEFA Heading Study: Heading incidence in children's and youth' football (soccer) in eight European countries. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(8), 1506-1517.
- Kontos, A. P., Braithwaite, R., Chrisman, S. P., McAllister-Deitrick, J., Symington, L., Reeves, V. L., & Collins, M. W. (2017). Systematic review and meta-analysis of the effects of football heading. *British Journal of Sports Medicine*, 51(15), 1118-1124.
- McCunn, R., Beaudouin, F., Stewart, K., Meyer, T., & MacLean, J. (2021). Heading in football: incidence, biomechanical characteristics and the association with acute cognitive function – a three-part systematic review. *Sports Medicine*, 51(10), 2147-2163.
- Putukian, M., Echemendia, R. J., Chiampas, G., Dvorak, J., Mandelbaum, B., Lemak, L. J., & Kirkendall, D. (2019). Head Injury in Soccer: From Science to the Field; summary of the head injury summit held in April 2017 in New York City, New York. *British Journal of Sports Medicine*, 53(21), 1332-1332.
- Rutherford, A., Stewart, W., & Bruno, D. (2019). Heading for trouble: is dementia a game changer for football?. *British Journal of Sports Medicine*, 53(6), 321-322.
- Sandmo, S. B., Andersen, T. E., Koerte, I. K., & Bahr, R. (2019). Head impact exposure in youth football – Are current interventions hitting the target?. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(1), 193-198.
- Schedler, S., Kiss, R., & Muehlbauer, T. (2019). Age and sex differences in human balance performance from 6-18 years of age: a systematic review and meta-analysis. *PLoS one*, 14(4), e0214434.
- Spiotta, A. M., Bartsch, A. J., & Benzel, E. C. (2012). Heading in soccer: dangerous play?. *Neurosurgery*, 70(1), 1-11.

Untersuchung der Effekte von Kopfbällen im Fußball auf kognitive und sensomotorische Funktionen bei weiblichen Spielerinnen

(AZ 070107/20)

Jan Kern & Joachim Hermsdörfer (Projektleitung)

Technische Universität München, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaften,
Lehrstuhl für Bewegungswissenschaft

1 Problem

Das potentielle Risiko anhaltender Hirnschädigungen durch das wiederholte Spielen von Kopfbällen im Fußball wird bereits seit längerer Zeit kontrovers diskutiert. Während einzelne Kopfbälle, im Vergleich zu Kollisionen zwischen Spielenden, zwar nur leichte Erschütterungen des Kopfes verursachen und somit keine klinisch relevanten Symptome nach sich ziehen, besteht die Sorge, dass sich die subtilen Effekte zahlreicher Kopfbälle über Jahre hinweg akkumulieren und so zur langfristigen Entwicklung neurologischer Defizite beitragen könnten (Gavett et al., 2011; Koerte et al., 2015).

Obwohl die ersten Berichte über chronisch kognitive Beeinträchtigungen bei professionellen Fußballspielern (Tysvaer & Løchen, 1991) bereits mehr als 30 Jahre zurückliegen, ergibt sich mit Blick auf die möglicherweise anhaltenden Auswirkungen des Kopfballs auf die Gehirngesundheit nach wie vor ein äußerst heterogenes, zum Teil undurchsichtiges Bild, das sich jedoch nicht zuletzt auf methodologische Schwachstellen existierender Untersuchungsansätze zurückführen lässt (Kontos et al., 2017; Tarnutzer et al., 2017). Neben einer oftmals fehlenden Berücksichtigung modifizierender Faktoren, wie beispielsweise der Historie vergangener Kopfverletzungen, besteht ein großes Problem vieler Studien in ihrem retrospektiven Charakter. Hierbei beruht die Quantifizierung der individuellen Kopfballhäufigkeit meist auf wenig reliablen Verfahren wie Fragebogenerhebungen bzw. Selbstberichten, die die Untersuchung eines Dosis-Wirkungs-Zusammenhangs nachhaltig erschweren (Rodrigues et al., 2016; Tarnutzer et al., 2017).

Über diese methodologischen Mängel hinaus fällt bei Betrachtung der Studienlage auf, dass männliche Athleten in bisherigen Untersuchungen zu den möglichen Auswirkungen wiederholter Kopfbälle deutlich überrepräsentiert sind. Dies ist insofern problematisch, da vermutet wird, dass Frauen, im Vergleich zu Männern, in erhöhtem Maße anfällig gegenüber wiederholten Erschütterungen des Kopfes sind (Caccese et al., 2018; Rubin et al., 2018).

Vor dem Hintergrund des dargestellten Mangels an longitudinalen Verlaufsstudien über die potentiell adversen Effekte des Kopfballs sowie unter Berücksichtigung der erhöhten Vulnerabilität weiblicher Sportlerinnen gegenüber wiederholten Kopferschütterungen bestanden die Ziele des Projekts:

- in einer prospektiven Quantifizierung der tatsächlichen Kopfballbelastung weiblicher Fußballspielerinnen,
- in der Identifizierung von Faktoren (z. B. Flugweg des Balles, Auftrefffläche des Balles am Kopf, etc.), die mit einer systematisch erhöhten Beschleunigung des Kopfes weiblicher Spielerinnen im Zuge eines Kopfballs einhergehen,
- in der prospektiven Untersuchung eines möglichen Zusammenhangs zwischen der individuellen Kopfballbelastung und kognitiven sowie sensomotorischen Leistungsänderungen von weiblichen Fußballspielerinnen über den Verlauf von zwei Spielzeiten.

2 Methodik

Mit Beginn des Projekts konnten 19 Spielerinnen (Durchschnittsalter: 22.1 ± 4.2 Jahre) einer semi-professionellen Fußballmannschaft (Regionalliga Bayern) rekrutiert werden, wobei die Größe der Stichprobe durch das Ausscheiden bzw. Hinzukommen von Spielerinnen über die verschiedenen Untersuchungszeitpunkte wie folgt variierte: Baseline (T1): $n = 19$; Re-Test (T2): $n = 25$; Post-Test (T3): $n = 22$.

Die Baseline-Untersuchung fand unmittelbar zu Projektbeginn statt und bestand aus Fragebogenerhebungen und Selbstberichten zur Erfassung demographischer sowie fußballspezifischer Informationen, wie beispielsweise Angaben zur Fußballerfahrung und Spielposition, jedoch auch zur Erhebung des subjektiven Gesundheitszustands (Short-Form Health Survey, SF-36) und einer Anamnese zurückliegender Kopfverletzungen. Vor allem wurden die Spielerinnen einer extensiven Testbatterie zur Erfassung kognitiver und sensomotorischer Teilleistungen unterzogen. Diese Verhaltensuntersuchung umfasste Tests zur Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnisleistung (Digit Span Test), zu räumlich-visuellen Fähigkeiten (Trail-Making Test), zur Feinmotorik (Schreibanalyse), Greif-

geschicklichkeit (Nine-Hole Peg Test), zur Griffkraft- (Griffkraft Tracking) sowie zur posturalen Kontrolle. Die Auswahl der verschiedenen Tests beruhte dabei auf ihrer Sensitivität zur Feststellung subtiler kognitiver bzw. sensomotorischer Defizite sowie ihrer Spezifität zur Erkennung von gehirnerschütterungs-typischen Beeinträchtigungen (siehe u. a. Ashton et al. (2021), Brokaw et al. (2018), Koerte et al. (2015)). Sowohl nach dem Ende der ersten Saison (Re-Test) als auch nach Ablauf der zweiten Spielzeit (Post-Test) wurden die Untersuchungen wiederholt, wobei die kognitive Testbatterie zum Re-Test um Tests sogenannter Exekutivfunktionen bezüglich der komplexen Aufmerksamkeitsleistung und Verarbeitungsgeschwindigkeit (Simon Test, Stroop Test) erweitert wurde. Aufgrund eines technischen Fehlers bei der Erfassung der posturalen Kontrolle im Rahmen der Baseline-Untersuchung (T1) konnten Veränderungen der Gleichgewichtsleistung jedoch lediglich über den Zeitraum der zweiten Spielzeit (T2-T3) bestimmt werden. Die im Rahmen der Verhaltensuntersuchung verwendeten kognitiven und sensomotorischen Tests sowie die jeweils damit assoziierten klinischen Domänen und Ergebnisparameter sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengefasst.

Tab. 1: Kognitive Tests mit zugehörigen Ergebnisparametern.

Test	Subtests	Domäne	Ergebnisparameter
TMT	A B	Räumlich-visuelle Kapazität und Aufgabenwechsel (B)	Zeit [s]
DST	Forward (fw) Backward (bw)	Kurzzeit- und Arbeitsgedächtnis	Anzahl korrekter Antworten [n]
Simon	-	Komplexe Aufmerksamkeit, Verarbeitungsgeschwindigkeit	Reaktionszeit [ms] Genauigkeit [%]
Stroop	-	Komplexe Aufmerksamkeit, Verarbeitungsgeschwindigkeit	Reaktionszeit [ms] Genauigkeit [%]
2Back-Task*	-	Arbeitsgedächtnis	Reaktionszeit [ms] Genauigkeit [%]

Die grau hinterlegten Tests wurden der Testbatterie zum Re-Test (T2) hinzugefügt.

TMT Trail Making Task, DST Digit Span Test, s Sekunden, ms Millisekunden, *Dual-Task in Kombination Gleichgewichtsmessung

Tab. 2: *Sensomotorische Tests mit zugehörigen Ergebnisparametern.*

Test	Subtests	Domäne	Ergebnisparameter
Schreibanalyse	Satz (S) Kringel (K)	Feinmotorik	SFreq [Hz], NIV, SPress [N], SDur [s] KFreq [Hz], KPress [N]
Griffkraft	Tracking Kraftwechsel	Griffkraftkontrolle	RMS Freq [Hz]
9HPT	-	Greifgeschicklichkeit	Zeit [s]
Gleichgewicht	Stabil, v- Instabil, v+ Stabil, v+ *	Posturale Kontrolle	CoPV [mm/s] CoPDist [mm]

Die grau hinterlegten Tests wurden der Testbatterie zum Re-Test (T2) hinzugefügt.

9HPT Nine-Hole Peg Test, v- geschlossene Augen, v+ geöffnete Augen, Freq Frequenz der vertikalen Schreibbewegungen, Hz Hertz, NIV Number of inversions in velocity – Inversionen der Vertikalgeschwindigkeit pro Auf- bzw. Abwärtsbewegung, Press Pressure – Druck des Stifts auf die Schreiboberfläche, N Newton, Dur Duration, s Sekunden, RMS Root Mean Square – Trackingfehler, CoPV Geschwindigkeit des Center of pressure, mm Millimeter, CoPDist zurückgelegte Distanz des Center of pressure, *Dual-Task in Kombination mit 2Back-Task

Über den Verlauf der zwei Regionalliga-Spielzeiten wurden insgesamt 37 Partien mit Hilfe von HD-Videokameras aufgezeichnet und die entsprechenden Aufnahmen anschließend analysiert, um die individuelle Kopfbällanzahl der einzelnen Spielerinnen sowie kontextbezogene Informationen aller gespielten Kopfbälle (Tab. 3) zu erfassen. Darüber hinaus wurde das Videomaterial auf unbeabsichtigte Kopfstöße (z. B. Kollisionen zwischen Spielerinnen) gesichtet, um die Effekte evtl. daraus resultierender Kopfverletzungen zu kontrollieren. Um zu überprüfen, ob ein einzelner Beurteiler für die Analyse der Videoaufzeichnungen ausreichend war, wurden fünf zufällig ausgewählte Spiele von einer zweiten, unabhängigen Person begutachtet. Die Interrater-Reliabilität in der Erfassung und Zuordnung der gespielten Kopfbälle wurde durch die Berechnung der Koeffizienten der Intraklassen-Korrelation (ICC) bestimmt.

Zur Erfassung der im Zuge der Kopfbälle wirkenden Kräfte trugen die Spielerinnen zudem in 27 Spielen miniaturisierte Sensoren (x-Patch, X2 Biosystems, Seattle, USA), die mit einem triaxialen Akzelerometer (1000 Hz) zur Erfassung der linearen Beschleunigung sowie einem triaxialen Gyroskop (850 Hz) zur Erfassung der Rotationsgeschwindigkeit ausgestattet waren.

Vor Beginn eines Spiels wurden die individuell zugewiesenen Sensoren mit Hilfe eines Klebestreifens hinter dem rechten Ohr, über dem Processus Mastoideus fixiert (Abb. 1). Sobald die erfasste Beschleunigung während des Spiels eine vordefinierte Schwelle von 8 g überschritt, wurde für das jeweilige Beschleunigungsereignis der entsprechende Zeitverlauf über eine Dauer von 100 ms (10 ms vor und 90 ms nach Überschreiten der Schwelle) intern gespeichert. Anhand ihres jeweiligen Zeitstempels wurden die Sensordaten anschließend den zuvor in den Videos registrierten Kopfbällen zugeordnet und so als tatsächliche Kopfbälle verifiziert.

Um zu überprüfen, ob bestimmte Faktoren des Kopfballspiels möglicherweise mit systematisch erhöhten Beschleunigungen des Kopfes einhergehen, wurde für jeden der Faktoren (Tab. 3) eine einfaktorische multivariate Varianzanalyse (MANOVA) durchgeführt. Hierfür dienten die mit Hilfe der Inertialsensoren erfasste maximale lineare Beschleunigung (Peak Linear Acceleration, PLA) sowie die maximale Rotationsbeschleunigung (Peak Rotational Acceleration, PRA) als abhängige Variablen. Um die Veränderungen der kognitiven und sensomotorischen Testleistungen (Δ -Performance) über den Untersuchungszeitraum zu quantifizieren, wurden für

jeden der erfassten Parameter die individuellen Change-Scores der Spielerinnen berechnet. Hierfür wurde der jeweilige Baseline-Wert vom entsprechenden Leistungswert zum Post-Test subtrahiert. Zur statistischen Analyse eines möglichen Zusammenhangs zwischen der individuellen Kopfballanzahl und den kognitiven und sensomotorischen Leistungsveränderungen wurde eine multiple lineare Regressionsanalyse durchgeführt, wobei ein möglicher Einfluss der Anzahl an zuvor erlittenen Kopfverletzungen, das Alter der Spielerinnen sowie für die bereits im Fußball aktiven Jahre kontrolliert wurden.



Abb. 1: x-Patch Inertialsensoreinheit zur Erfassung der Kopfbeschleunigung

Tab. 3: Qualitative Charakterisierung der Kopfbälle im Zuge der Videoanalyse (mod. nach Seifert, 2020).

Faktor	Einteilung
Spielsituation vor Kopfball	<ul style="list-style-type: none"> • Kopfball • Einwurf • Flanke • hoher Ball • Eckball • Freistoß • Abstoß
Flugweg Ball vor Kopfball	<ul style="list-style-type: none"> • < 5 m • 5-20 m • 20-50 m • > 50 m
Auftrefffläche am Kopf	<ul style="list-style-type: none"> • frontal • temporal • parietal • okzipital • facial

Aufgrund des im Vergleich zum Saisonstart verspäteten Projektbeginns waren zum Zeitpunkt der Baseline-Untersuchung bereits mehrere Saisonspiele absolviert, was zu einer Verzerrung der entsprechenden Testdaten durch die bis dahin bereits gespielten Kopfbälle geführt haben könnte. Aus diesem Grund wurde die zuvor beschriebene Berechnung der Change-Scores mitsamt der entsprechenden Regressionsanalyse sowohl für den gesamten Projektzeitraum (T1 – T3) als auch für den Zeitraum zwischen Re-Test (T2) und Post-Test (T3) durchgeführt.

3 Ergebnisse

Die Berechnung des Intraklassen-Korrelationskoeffizienten für die individuellen Kopfballhäufigkeiten ($\kappa = 0.96$, 95 % CI [0.94-0.97]) ergab eine exzellente Interrater-Übereinstimmung

für die fünf Spiele, deren Videoaufzeichnungen von zwei unabhängigen Beobachtern analysiert wurden. Entsprechend wurde davon ausgegangen, dass die Erfassung der Kopfballhäufigkeit durch einen einzelnen Beobachter zu zuverlässigen Ergebnissen führt.

Über die 37 ausgewerteten Saisonspiele wurden insgesamt 1425 Kopfbälle mittels Videoanalyse registriert. Dies entspricht einer durchschnittlichen Kopfballhäufigkeit von 38.51 (± 11.39) Kopfbällen pro Spiel. Für die Spielerinnen mit einer Mindesteinsatzzeit von 90 Minuten ergab sich eine mittlere Kopfballanzahl 67.62 (± 70.64) pro Athletin, wobei die individuelle Gesamtzahl der gespielten Kopfbälle zwischen 0 und 263 variierte (Abb. 2). Überraschenderweise konnten in keinem der Spiele unbeabsichtigte Kopfstöße, wie beispielsweise Kollisionen zwischen Spielerinnen, Ellenbogenstöße, etc., beobachtet werden.

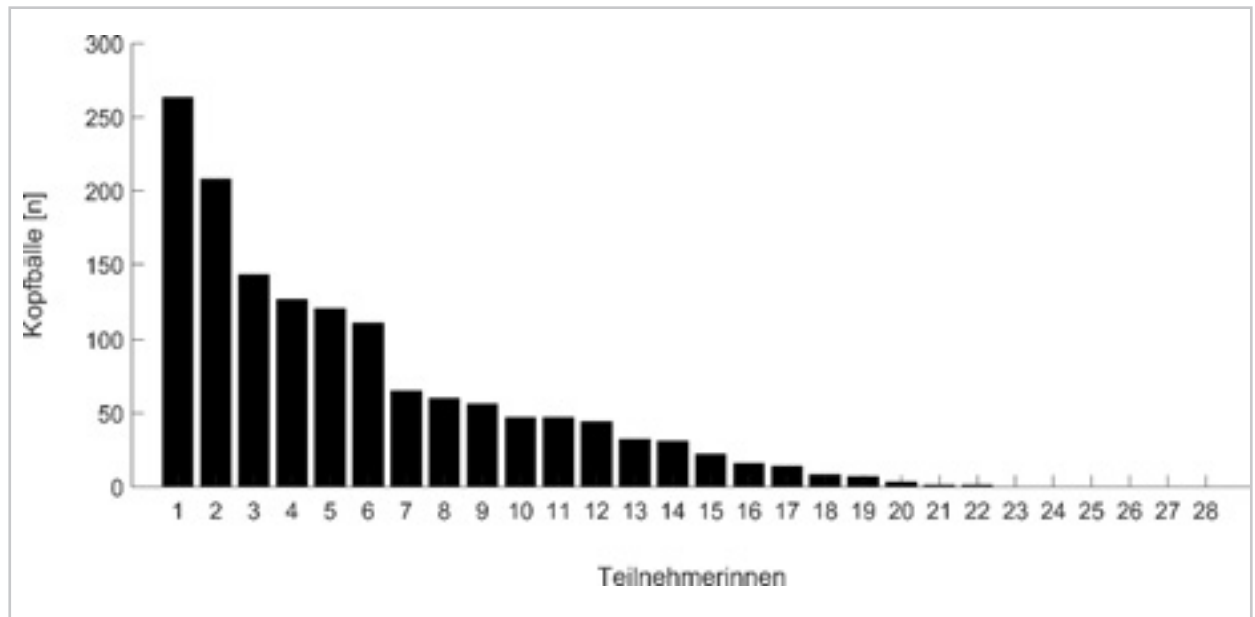


Abb. 2: Gesamtzahl gespielter Kopfbälle pro Spielerin im Verlauf des Untersuchungszeitraums. Es sind die Daten von 28 Spielerinnen dargestellt. Die Kopfballanzahl der Spielerinnen 23 bis 28 betrug 0.

Ebenso berichtete keine der Spielerinnen, im Untersuchungszeitraum eine fußball- bzw. nicht-fußballassoziierten Gehirnerschütterung oder eine andere Kopfverletzung erlitten zu haben.

Über die 27 Spiele, in denen die Fußballerinnen mit Inertialsensoren ausgestattet waren, konnten 904 Sensorereignisse eindeutig mittels Videoanalyse verifiziert und somit den im Video registrierten Kopfbällen zugeordnet werden. Die mittlere maximale lineare (PLA) bzw. Rotationsbeschleunigung (PRA) der Kopfbälle lag dabei bei $29.57 \text{ g} (\pm 18.17)$ bzw. $6196.07 \text{ rad/s}^2 (\pm 4449.28)$. Die im Mittel für jeden der untersuchten Faktoren gemessenen Beschleunigungen sind in den Abbildungen 3 (PLA) und 4 (PRA) dargestellt. Für den Faktor *Spielsituation* (Abb. 3A und 4A) ergab die einfaktorielle MANOVA ($F(14, 1790) = 2.344$, $p = 0.003$) mit anschließenden Games-Howell post-hoc Tests einen statistisch signifikanten PLA-Unterschied zwischen Kopfbällen nach Abstoßen und Kopfbällen, denen ein Kopfball vorausging ($p = 0.032$, $d = 0.431$). Andererseits zeigte sich ein statistisch signifikanter PRA-Unterschied zwischen Kopfbällen nach Freistößen und Kopfbällen, die auf einen vorhergehenden Kopfball folgten ($p = 0.015$, $d = 0.534$).

Hinsichtlich des *Flugwegs des Balles* vor dem Kopfball (Abb. 3B und 4B) zeigte die einfaktorielle MANOVA ($F(8, 1796) = 4.076$, $p < 0.001$) ebenfalls einen statistisch signifikanten Unterschied, wobei paarweise Vergleiche mittels Games-Howell post-hoc Tests ergaben, dass Kopfbälle nach einer Flugdistanz von 5-20 Metern ($p = 0.011$, $d = 0.285$ bzw. $p = 0.010$, $d = 0.321$), von 20-50 Metern ($p < 0.001$, $d = 0.477$ bzw. $p < 0.001$, $d = 0.522$) und von > 50 Metern ($p < 0.001$, $d = 0.681$ bzw. $p = 0.002$, $d = 0.581$) im Vergleich zu Kopfbällen nach einem Flugweg von < 5 Metern mit signifikant höheren PLA bzw. PRA-Werten verbunden waren. Für den Faktor *Auftrefffläche des Balles* (Abb. 3C und 4C) zeigte die MANOVA ($F(10, 1794) = 2.956$, $p = 0.001$) sowie anschließende Games-Howell post-hoc Tests, dass sowohl die PLA als auch die PRA nach einem frontalen Auftreffen des Balles im Vergleich zu parietalen (PLA: $p = 0.001$, $d = 0.300$; PRA: $p < 0.001$, $d = 0.382$) und okzipitalen (PLA: $p = 0.020$, $d = 0.429$; PRA: $p = 0.031$, $d = 0.488$) Kontakten statistisch signifikant erhöht waren.

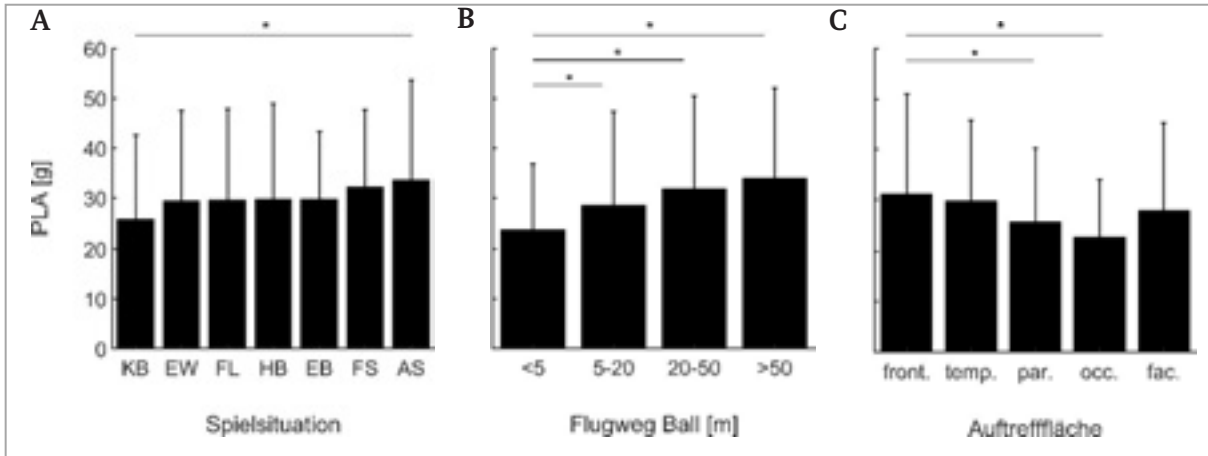


Abb. 3: Mittlere PLA in Abhängigkeit von Spielsituation (A), Flugweg (B) und Auftrefffläche am Kopf (C). PLA Peak Linear Acceleration, KB Kopfball, EW Einwurf, FL Flanke, HB Hoher Ball, EB Eckball, FS Freistoß, AS Abstoß, front. frontal, temp. temporal, par. parietal, occ. okzipital, fac. facial, $p < 0.05$.

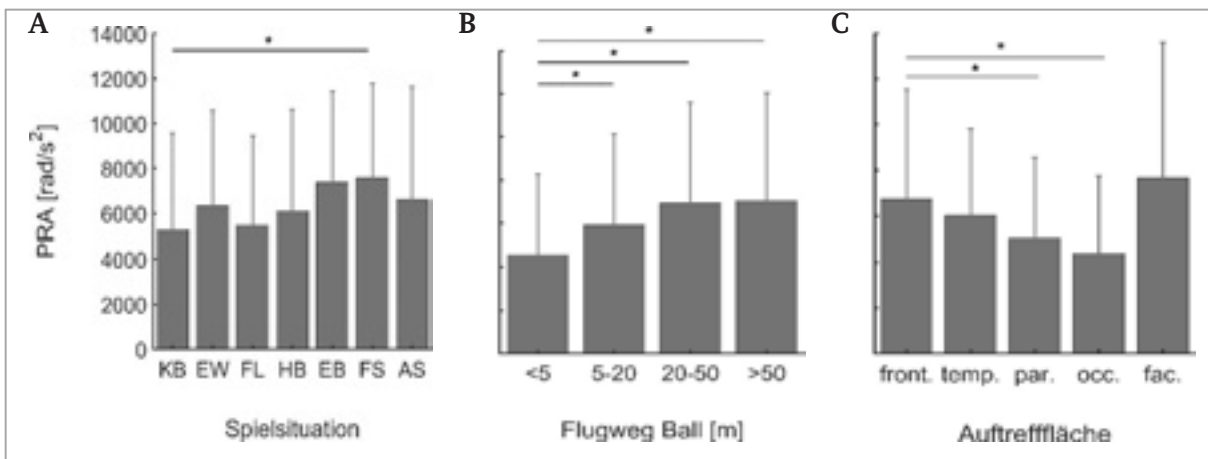


Abbildung 4: Mittlere PRA in Abhängigkeit von Spielsituation (A), Flugweg (B) und Auftrefffläche am Kopf (C). PRA Peak Rotational Acceleration, KB Kopfball, EW Einwurf, FL Flanke, HB Hoher Ball, EB Eckball, FS Freistoß, AS Abstoß, front. frontal, temp. temporal, par. parietal, occ. okzipital, fac. facial, $*p < 0.05$.

Für 15 Spielerinnen lagen Daten über den Verlauf des gesamten Untersuchungszeitraums (zwei Spielzeiten) vor. Für diesen Zeitraum konnte kein Zusammenhang zwischen der individuellen Kopfballanzahl der Spielerinnen und den jeweiligen Veränderungen der kognitiven und sensomotorischen Testleistungen festgestellt werden. Für den Zeitraum T2-T3 ergab die multiple Regressionsanalyse ein statistisch signifikantes Modell ($R^2_{adj} = 0.65, p < 0.001$) mit vier Faktoren (Tab. 4). Demnach ging eine individuell höhere Kopfballanzahl mit einer Erhöhung des Schreibdrucks ($\beta = 0.35, p = 0.018$) sowie einer Verringerung der Frequenz ($\beta = -0.47, p = 0.002$) beim schnellstmöglichen Zeichnen von Krin-

geln einher. Ebenso war eine höhere Anzahl an Kopfbällen mit einer weniger ausgeprägten Verringerung der Center of Pressure (CoP)-Distanz ($\beta = 0.49, p = 0.002$) bei einer gleichzeitig stärkeren Verbesserung der 2Back-Task-Genauigkeit ($\beta = 0.33, p = 0.028$) im Rahmen der Dual-Task Aufgabe verbunden. Abb. 5 zeigt die Zusammenhänge Leistungsveränderungen mit der individuellen Kopfballhäufigkeit sowie die zugehörige lineare Regression. Die entsprechende Darstellung für die Leistungsdifferenz im Rahmen der 2Back-Aufgabe fehlt, da sich der signifikante Effekt (Tab. 4) erst in der multiplen Regression zeigte.

Tab. 4: Regressionsmodell der kognitiven und sensorischen Leistungsveränderungen

Parameter	β	p
Writing SPress [N]	0.35	0.018*
Writing KFreq [Hz]	-0.47	0.002*
Balance CoP Dist. DT [mm]	0.49	0.002*
2Back Acc. [%]	0.33	0.028*

CoP Center of pressure, Dist Distance, DT Dual-Task, SPress Schreibdruck während der Testsatzaufgabe, KFreq Frequenz des Kringel-Zeichnens, Acc Genauigkeit, * $p < 0.05$.

Gleichwohl legen diese Zahlen jedoch eine deutliche Steigerung der Kopfbällhäufigkeit vom weiblichen Jugend- in den (semiprofessionellen) Erwachsenenbereich nahe. Beispielsweise berichteten sowohl Bonn et al. (2021) als auch Kaminski et al. (2008) von im Durchschnitt lediglich einem Kopfball pro Spielerin und Spiel im US-Amerikanischen High-School-Setting. In diesem Zusammenhang muss zudem auf die erhebliche interindividuelle Variabilität in der Zahl gespielter Kopfbälle hingewiesen werden. Vor dem Hintergrund der erhöhten Vulnerabilität weiblicher Spielerinnen gegenüber wiederkehrender Kopferschütterungen sollte die Tatsache, dass mehrere Spielerinnen im gesamten

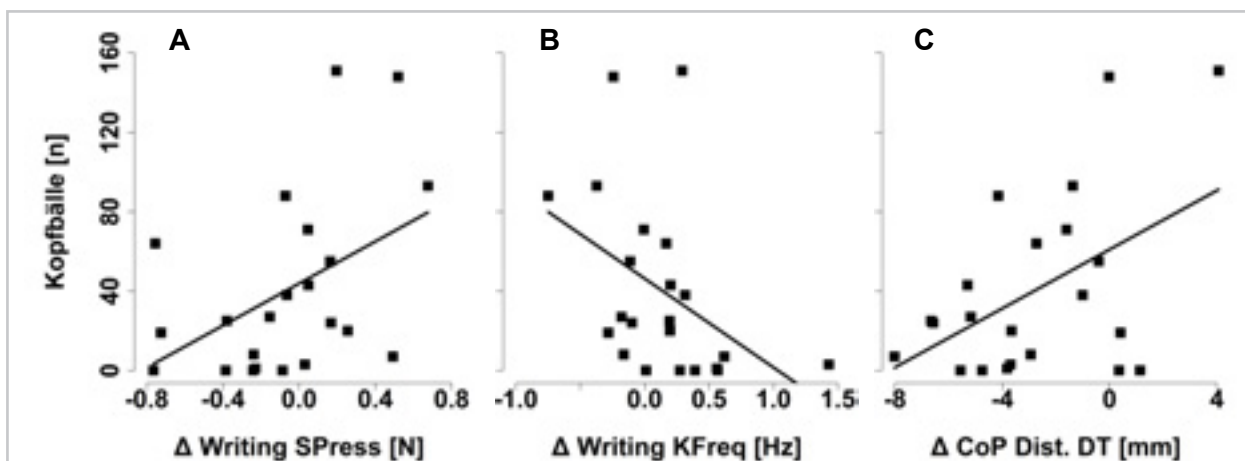


Abb. 5: Veränderung des Schreibdrucks (A), der Kringel-Frequenz (B) und der Center of Pressure Distanz (C) in Abhängigkeit von der individuellen Kopfbällanzahl.

4 Diskussion

Das Hauptziel des Projekts lag in einer prospektiven Untersuchung möglicher Effekte des Kopfballspiels auf die kognitiven und sensorischen Leistungen von weiblichen Fußballspielerinnen. Weiterhin sollten die im Rahmen des Projekts erfassten Video- und Sensordaten Auskunft über die Kopfbällbelastung sowie über mögliche Faktoren des Kopfballspiels liefern, die mit einer systematisch erhöhten Kopfbällbeschleunigung einhergehen.

Mit durchschnittlich knapp 40 Kopfbällen pro Spiel sowie ca. 4 Kopfbällen pro Spielerin und Spiel zeigte sich für unsere weibliche Stichprobe eine geringere Kopfbällhäufigkeit als in vergleichbaren Studien mit männlichen Athleten (Cassoudealle et al., 2020).

Untersuchungszeitraum mehr als 200 Kopfbällen ausgesetzt waren, in weiteren Projekten dieser Art durchaus Beachtung finden. So sollten weibliche Stichproben aus höheren Leistungsklassen in Folgestudien zu den möglicherweise adversen Auswirkungen des Kopfballspiels weiterhin eine wichtige Rolle spielen.

Obwohl die im Zuge von Kopfbällen mit Hilfe miniaturisierter Inertialsensoren erfassten Kopfbällbeschleunigungen ein hohes Maß an Variabilität (Streubreite: Untere Messschwelle 8.0 g bis >100 g) aufwiesen, scheinen die im Feld gemessenen mittleren Beschleunigungswerte (29.6 g) höher zu sein als in kontrollierten Labor-Settings (16-25 g) (McCuen et al., 2015). So waren insbesondere Kopfbälle, vor welchen der Ball mit hoher Geschwindigkeit über einen langen Flugweg gespielt wurde, mit einer erhöhten Beschleunigung des Kopfes verbunden.

Diese Ergebnisse sind in Einklang mit früheren Studien (Filben et al., 2021; Miller et al., 2020), in denen höhere Beschleunigungen ebenfalls nach langen Abstoßen bzw. Freistößen festgestellt wurden. Überdies ergaben sich auch bei frontal (d. h. mit der Stirn) gespielten Kopfbällen signifikant höhere Beschleunigungswerte als bei Kopfbällen, bei denen der Ball mit der Oberseite des Kopfes (parietal) bzw. mit dem Hinterkopf (okzipital) gespielt wurde. Während dies zunächst in Kontrast zu früheren Studien (Harriss et al., 2019) zu stehen scheint, in denen von höheren Kopfbeschleunigungen nach parietalen Kontakten berichtet wurde, ist zu beachten, dass in besagten Untersuchungen Nachwuchsspieler untersucht wurden, die möglicherweise nicht mit der technisch korrekten Ausführung von Kopfbällen vertraut waren und die Oberseite des Kopfes somit u. U. auch zum Zurückspielen des Balles verwendet wurde. In unserer Stichprobe aus erfahrenen Fußballspielerinnen wurde der Ball mit Hilfe der Ober- bzw. Hinterseite des Kopfes i. d. R. lediglich in seiner ursprünglichen Flugrichtung weitergeleitet und daher nur geringfügig touchiert, was im Vergleich zu frontalen Kontakten zu einer im Mittel geringeren Beschleunigung des Kopfes geführt haben könnte.

Während sich über den gesamten Untersuchungszeitraum keine Auswirkungen wiederholter Kopfbälle auf die kognitiven und sensomotorischen Leistungen weiblicher Spielerinnen zeigten, konnte ein solcher Dosis-Wirkungs-Zusammenhang bei separater Betrachtung der zweiten Spielzeit festgestellt werden. Dies liegt möglicherweise darin begründet, dass die Testleistungen im Rahmen der Baseline-Untersuchung durch die bis dahin in der Saison bereits gespielten Kopfbälle verzerrt wurden. Demgegenüber fanden in den Wochen vor dem Re-Test keine Spiele bzw. Trainingseinheiten statt, weshalb hierbei vom Vorliegen validerer Daten auszugehen ist. Die Ergebnisse über den Verlauf der zweiten Spielzeit zeigten keinen Zusammenhang in den meisten erhobenen Messparametern. Für einzelne Parameter der Schreibmotorik und des Gleichgewichts fanden sich allerdings signifikante Zusammenhänge in Form von negativen Veränderungen mit steigender individueller Kopfballanzahl.

Demzufolge scheinen sich wiederholte Erschütterungen durch Kopfbälle eher in motorischen als in kognitiven Veränderungen niederzuschlagen. Dies ist insofern bemerkenswert, als dass sich bisherige Studien, die sich mit den Effekten des Kopfballspiels befassten (u. a. Ashton et al. (2021), Lipton et al. (2013)) vornehmlich auf die Untersuchung kognitiver Parameter fokussierten. Zwar konnten Di Virgilio et al. (2016) mittels Transkranieller Magnetstimulation (TMS) eine akute Störung des motorischen Systems unmittelbar nach dem Spielen von Kopfbällen nachweisen, die kumulativen Effekte regelmäßiger Kopfbälle auf die motorische Kontrolle sind bis dato jedoch nahezu unerforscht. Dies gilt in ähnlicher Weise auch für die in Abhängigkeit von der Kopfballbelastung festgestellten Veränderungen der posturalen Kontrolle. Zwar berichteten bereits mehrere Studien (z. B. Caccese et al. (2021)) von akuten Gleichgewichtsdefiziten infolge einer kontrollierten Kopfballintervention, jedoch kamen die Autoren eines systematischen Reviews (Bonke et al., 2021) erst kürzlich zu dem Schluss, dass bislang keine Anhaltspunkte für kumulative Effekte von Kopfbällen auf die Gleichgewichtsfähigkeit existieren. Mit Blick auf die mit steigender Kopfballanzahl festgestellten negativen Veränderungen der Gleichgewichtsleistung sowie der gleichzeitig höheren Genauigkeit in einer Arbeitsgedächtnisaufgabe deuten die vorliegenden Ergebnisse auf einen komplexeren Zusammenhang hin. So besteht die Möglichkeit, dass die subtilen kumulativen Effekte des Kopfballspiels auf die posturale Kontrolle in einem isolierten Setup zur Gleichgewichtsmessung nicht adäquat erfasst werden können. Hingegen könnte das hier angewandte Dual-Task-Paradigma, ähnlich wie in Untersuchungen zu den Auswirkungen traumatischer Kopfverletzungen (Kleiner et al., 2018), eine sensitive Möglichkeit darstellen, um die subtilen kumulativen Effekte des Kopfballspiels auf die posturale Kontrolle aufzudecken. Diese könnte sich in einer mehr oder weniger erfolgreichen Verschiebung verfügbarer Ressourcen von der Gleichgewichtskontrolle zur kognitiven Zweit-aufgabe äußern.

Zusammenfassend sowie mit Blick auf die praktische Signifikanz der Ergebnisse ist festzuhalten, dass sich die mit der Kopfballbelastung assoziierten Leistungsveränderungen relativ subtil manifestierten. Folglich können die beschriebenen Ergebnisse nicht als Beleg für nachhaltige sensomotorische Defizite als Resultat wiederholter Kopfballinteraktionen interpretiert werden. Vielmehr unterstreichen die Ergebnisse die bereits dargelegte Wichtigkeit prospektiver Ansätze zur Untersuchung potentiell anhaltender Effekte des Kopfballspiels und stellen dabei die Wichtigkeit der Inklusion von Testverfahren zur Erfassung der motorischen Kontrolle heraus.

5 Literatur

- Ashton, J., Coyles, G., Malone, J. J., & Roberts, J. W. (2021). Immediate effects of an acute bout of repeated soccer heading on cognitive performance. *Science and Medicine in Football*, 5(3), 181-187.
- Bonke, E. M., Southard, J., Buckley, T. A., Reinsberger, C., Koerte, I. K., & Howell, D. R. (2021). The effects of repetitive head impacts on postural control: A systematic review. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 24(3), 247-257.
- Bonn, M. M., Harriss, A. B., Thompson, J. W. G., & Dickey, J. P. (2021). Performing more than 20 purposeful gameplay headers in a soccer season may alter autonomic function in female youth soccer players. *Research in Sports Medicine (Print)*, 29(5), 440-448.
- Brokaw, E. B., Fine, M. S., Kindschi, K. E., Santago Ii, A. C., Lum, P. S., & Higgins, M. (2018). Cross-sectional evaluation of visuomotor tracking performance following subconcussive head impacts. *Technology and health care: official journal of the European Society for Engineering and Medicine*, 26(1), 109-118.
- Caccese, J. B., Buckley, T. A., Tierney, R. T., Rose, W. C., Glutting, J. J., & Kaminski, T. W. (2018). Sex and age differences in head acceleration during purposeful soccer heading. *Research in Sports Medicine (Print)*, 26(1), 64-74.
- Caccese, J. B., Buckley, T. A., Tierney, R. T., Rose, W. C., Glutting, J. J., & Kaminski, T. W. (2021). Postural Control Deficits After Repetitive Soccer Heading. *Clinical journal of sport medicine: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine*, 31(3), 266-272.
- Cassoude-salle, H., Bildet, M., Petit, H., & Dehail, P. (2020). Head impacts in semiprofessional male Soccer players: a prospective video analysis over one season of competitive games. *Brain injury*, 34(12), 1685-1690.
- Di Virgilio, T. G., Hunter, A., Wilson, L., Stewart, W., Goodall, S., Howatson, G., Donaldson, D. I., & Ietswaart, M. (2016). Evidence for Acute Electrophysiological and Cognitive Changes Following Routine Soccer Heading. *EBioMedicine*, 13, 66-71.
- Filben, T. M., Pritchard, N. S., Hanes-Romano, K. E., Miller, L. E., Miles, C. M., Urban, J. E., & Stitzel, J. D. (2021). Comparison of women's collegiate soccer header kinematics by play state, intent, and outcome. *Journal of Biomechanics*, 126, 110619.
- Gavett, B. E., Stern, R. A., & McKee, A. C. (2011). Chronic traumatic encephalopathy: a potential late effect of sport-related concussive and subconcussive head trauma. *Clinics in Sports Medicine*, 30(1), 179-88, xi.
- Harriss, A., Johnson, A. M., Walton, D. M., & Dickey, J. P. (2019). Head impact magnitudes that occur from purposeful soccer heading depend on the game scenario and head impact location. *Musculoskeletal Science & Practice*, 40, 53-57.
- Kaminski, T. W., Cousino, E. S., & Glutting, J. J. (2008). Examining the relationship between purposeful heading in soccer and computerized neuropsychological test performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 79(2), 235-244.
- Kleiner, M., Wong, L., Dubé, A., Wnuk, K., Hunter, S. W., & Graham, L. J. (2018). Dual-Task Assessment Protocols in Concussion Assessment: A Systematic Literature Review. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 48(2), 87-103.

- Koerte, I. K., Lin, A. P., Muehlmann, M., Merugumala, S., Liao, H., Starr, T., Kaufmann, D., Mayinger, M., Steffinger, D., Fisch, B., Karch, S., Heinen, F., Ertl-Wagner, B., Reiser, M., Stern, R. A., Zafonte, R., & Shenton, M. E. (2015). Altered Neurochemistry in Former Professional Soccer Players without a History of Concussion. *Journal of Neurotrauma*, 32(17), 1287-1293.
- Kontos, A. P., Braithwaite, R., Chrisman, S. P. D., McAllister-Deitrick, J., Symington, L., Reeves, V. L., & Collins, M. W. (2017). Systematic review and meta-analysis of the effects of football heading. *British Journal of Sports Medicine*, 51(15), 1118-1124.
- Lipton, M. L., Kim, N., Zimmerman, M. E., Kim, M., Stewart, W. F., Branch, C. A., & Lipton, R. B. (2013). Soccer heading is associated with white matter microstructural and cognitive abnormalities. *Radiology*, 268(3), 850-857.
- McCuen, E., Svaldi, D., Breedlove, K., Kraz, N., Cummiskey, B., Breedlove, E. L., Traver, J., Desmond, K. F., Hannemann, R. E., Zanath, E., Guerra, A., Leverenz, L., Talavage, T. M., & Nauman, E. A. (2015). Collegiate women's soccer players suffer greater cumulative head impacts than their high school counterparts. *Journal of Biomechanics*, 48(13), 3720-3723.
- Miller, L. E., Pinkerton, E. K., Fabian, K. C., Wu, L. C., Espeland, M. A., Lamond, L. C., Miles, C. M., Camarillo, D. B., Stitzel, J. D., & Urban, J. E. (2020). Characterizing head impact exposure in youth female soccer with a custom-instrumented mouthpiece. *Research in Sports Medicine (Print)*, 28(1), 55-71.
- Rodrigues, A. C., Lasmar, R. P., & Caramelli, P. (2016). Effects of Soccer Heading on Brain Structure and Function. *Frontiers in neurology*, 7, 38.
- Rubin, T. G., Catenaccio, E., Fleysher, R., Hunter, L. E., Lubin, N., Stewart, W. F., Kim, M., Lipton, R. B., & Lipton, M. L. (2018). MRI-defined White Matter Microstructural Alteration Associated with Soccer Heading Is More Extensive in Women than Men. *Radiology*, 289(2), 478-486.
- Seifert, R. F. (2020). *Videogestützte Analyse des Kopfballspiels und seiner Folgen im Übergangsbereich Profi-/Amateurfußball in Deutschland* [Dissertation]. Universität Regensburg, Regensburg.
- Tarnutzer, A. A., Straumann, D., Brugger, P., & Feddermann-Demont, N. (2017). Persistent effects of playing football and associated (subconcussive) head trauma on brain structure and function: a systematic review of the literature. *British Journal of Sports Medicine*, 51(22), 1592-1604.
- Tysvaer, A. T., & Løchen, E. A. (1991). Soccer injuries to the brain. A neuropsychologic study of former soccer players. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(1), 56-60.

Kopfbälle 2.0

– Einfluss von Kopfbällen auf funktionelle und strukturelle Hirnnetzwerke

(AZ 070109/20)

F. K. Haase¹, N. Feddermann-Demont^{2,3}, A. Junge^{2,4}, G. Welsch⁵, C. Schuenemann⁵, J. Fiehler⁶
& C. Reinsberger¹ (Projektleitung)

¹Universität Paderborn, Sportmedizinisches Institut

²Swiss Concussion Center (SCC), Schulthess Klinik, Zürich

³Universitätsspital Zürich, Klinik für Neurologie

⁴MSH Medical School Hamburg, Fakultät Humanwissenschaften, Department Psychologie

⁵Hamburger Sportverein

⁶Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, Zentrum für Radiologie und Endoskopie

1 Problem

Fußball ist eine der meist gespielten Sportarten weltweit und gleichzeitig die einzige Sportart, bei welcher der Kopf zielgerichtet genutzt wird, um den Ball zu spielen (Spiotta et al., 2012). In den letzten Jahren ergaben sich Hinweise darauf, dass das Kopfballsport durch repetitive Kopftraumata möglicherweise mit (neurodegenerativen) Langzeitfolgen in Verbindung stehen könnte (McKee et al., 2016). In diesem Zusammenhang werden ursächlich strukturelle und funktionelle Veränderungen von Hirnnetzwerken diskutiert, die mithilfe von bildgebenden Verfahren wie der Magnetresonanztomografie (MRT) dargestellt werden können (Wu et al., 2016). Hierbei sind zumeist intrinsische Netzwerke wie das Default Mode Netzwerk (DMN) und das Salienz-Netzwerk (SN) betroffen (Sharp et al., 2014). Eine Kausalität von repetitiven Kopftraumata bzw. Kopfbällen und diesen Schädigungsmustern konnte jedoch noch nicht etabliert werden, da Kopfball-assoziierte Effekte zumeist nicht oder nur schwer von Langzeiteffekten von Concussions oder anderen Formen von (z. B. nicht oder unzureichend therapierten) Schädel-Hirn-Traumata zu differenzieren sind. Morphologische Hirn-Veränderungen bei Fußballspielerinnen und Fußballspielern im Vergleich mit anderen Kohorten deuten jedoch auf potenzielle sport-assoziierte zerebrale Adaptationen, z. B. durch Kopfballsport, hin.

So kam es bei ehemaligen professionellen männlichen Fußballspielern zu einer verstärkten Abnahme der kortikalen Dicke mit zunehmendem Alter (Koerte et al., 2016), während die diffusionsgewichtete MRT Veränderungen der weißen Substanz bei aktiven Spielern und Spielerinnen nachweisen konnte (Koerte et al., 2012; Rubin et al., 2018), die jedoch zumeist nicht mit der Affektion der beschriebenen und typischerweise betroffenen Netzwerke einher gingen. In einer jüngeren Studie aus dem Jahr 2020 zeigte sich bei Amateurfußballspielern und -spielerinnen allerdings keine Abnahme der kortikalen Dicke, jedoch ein Zusammenhang zwischen der Kopfballhäufigkeit und der Volumenzunahme der grauen Substanz links inferiorparietal (Oliveira et al., 2020). Außerdem wurde mithilfe der funktionellen MRT eine Zunahme der funktionellen Konnektivität von einer Region des DMNs (posteriorer zingulärer Kortex) zu frontalen, medialen und temporalen Gyri beschrieben, welche mit der Kopfballanzahl zusammenhängt (Cassoudeh et al., 2020). Auch wenn ein Zusammenhang zwischen der Kopfballbelastung und unterschiedlichen MRT-Parametern in verschiedenen Kohorten nachgewiesen wurde, ist zu beachten, dass die Kopfballhäufigkeit meist retrospektiv mithilfe von Fragebögen oder Interviews erfasst wurde (Koerte et al., 2016; Oliveira et al., 2020; Rubin et al., 2018).

Diese retrospektiven Einschätzungen können durch die subjektive Wahrnehmung geprägt sein (Matser et al., 2001) und die Belastung überschätzen (Harriss et al., 2018; Sandmo et al., 2021), weshalb eine konkrete und exakte Aufzeichnung und Auswertung der Kopfbällhäufigkeit unabdingbar sind. Hierfür wird als Goldstandard die Videobeobachtung empfohlen (Harriss et al., 2018), die bisher allerdings nur in einer MRT-Untersuchung angewendet wurde (Cassoude-salle et al., 2020). Hinzu kommt, dass die genannten Ergebnisse aus Querschnittsstudien resultieren. Inwiefern ähnliche Veränderungen auch im Längsschnitt vorhanden sind, gilt es noch zu untersuchen.

Aktive professionelle Fußballspielende sind sowohl in den MRT-Untersuchungen als auch in Studien zur Kopfbällbelastung unterrepräsentiert (McCunn et al., 2021). Deshalb wurde eben diese Kohorte in dieser longitudinalen, prospektiven Studie hinsichtlich struktureller und/oder funktioneller Veränderungen in den Ruhenetzwerken DMN und SN und hinsichtlich der Kopfbällhäufigkeit untersucht. Außerdem wurde ein potenzieller Zusammenhang zwischen Hirnveränderungen und der Kopfbällbelastung analysiert.

2 Methode

In diese Längsschnittstudie wurden 30 männliche, professionelle Fußballspieler eingeschlossen, die im Rahmen einer Basisuntersuchung unterschiedliche Testungen inkl. eines MRT-Scans des Gehirns durchliefen. Diese Basistestung wurde bei Studieneintritt durchgeführt und der Beobachtungszeitraum schloss sich direkt an. Bis zum Studienende wurden alle Trainingseinheiten und Spiele mithilfe von Videokameras (unter anderem mit live-tracking) aufgezeichnet. Die Follow-Up Untersuchung fand am Studienende statt und beinhaltete unter anderem einen erneuten MRT-Scan. Für alle durchgeführten MRT-Aufnahmen wurde ein 3.0T Scanner (Ingenia, Philips Medical Systems, Best, Niederlande) verwendet, in dem die Spieler während der Aufzeichnung ruhig liegen sollten.

Als strukturelle Sequenzen wurden sowohl 3D T1-gewichtete (T1w) Sequenzen (TR = 5,1; TE = 11; Schichtdicke 0,7 mm) als auch 3D Fluid Attenuated Inversion Recovery (FLAIR) Sequenzen (TR = 4800; TE = 325,6; Schichtdicke 1,2 mm) aufgezeichnet. Bei den funktionellen MRT-Aufnahmen handelte es sich um Ruhe-Aufnahmen (TR = 2500; TE = 28; Schichtdicke 2,5 mm).

Die Videoaufzeichnungen aller Trainingseinheiten und Spiele wurden hinsichtlich der individuellen Kopfbällhäufigkeit (Anzahl) und hinsichtlich verschiedener Charakteristika des Kopfbälls (bspw. Flugdistanz des Balls, Kopfbällduell, Spielsituation, Auftrefffläche am Kopf) ausgewertet. Mithilfe von SPSS (Version 27, IBM SPSS Statistics, IBM Corporation) und Microsoft Excel 365 wurden deskriptive Statistiken berechnet.

Die strukturellen T1w- und FLAIR-Sequenzen wurden durch den longitudinalen Vorverarbeitungs- und Verarbeitungsprozess der Software FreeSurfer (V.6) (Reuter et al., 2012) hinsichtlich der kortikalen Dicke und der Volumen der grauen Substanz untersucht. Zunächst wurden die T1w-Sequenzen der zwei Zeitpunkte separat vorverarbeitet, wozu eine Bewegungskorrektur, Intensitätsnormalisierungen, Ko-Registrierung, Segmentierung und Parzellierung mithilfe des Desikan-Killiany Atlases gehörten. Die FLAIR-Sequenzen wurden für eine verbesserte Hirn-Rekonstruktion genutzt. Darauf folgte die Erstellung einer probandenbezogenen Vorlage aus beiden Zeitpunkten, der BASE, woraus wiederum die longitudinalen, verarbeiteten Daten erzeugt wurden. Diese sogenannten LONGS wurden für die Analyse der strukturellen Parameter genutzt. Die statistische Auswertung der Oberflächen-basierten strukturellen Parameter erfolgte anhand einer gepaarten Analyse, bei der zunächst die Prä- und Post-Daten auf das ‚Durchschnittshirn‘ (‘fsaverage’) übertragen und dort der Unterschied zwischen Prä- und Postmessung berechnet wurde. Nach einer Glättung mit einem 10 mm ‚full width half maximum‘ (FWHM) Filter wurde ein allgemeines lineares Modell genutzt. Damit wurde getestet, ob die durchschnittliche Veränderung von Prä- zu Posttest sich von null unterschied.

Für die Analyse des Volumens der grauen Substanz wurde das individuelle, geschätzte totale intrakranielle Volumen als Ko-Variable eingesetzt. Mit einer Permutationssimulation mit 1000 Wiederholungen wurde die Korrektur für das multiple Testen vorgenommen und Cluster, die einen cluster-wise p-Wert $\leq 0,05$ aufwiesen, wurden als signifikante Cluster angenommen. Die Analyse der kortikalen Dicke und des Volumens der grauen Substanz wurden sowohl für die zwei Netzwerke DMN und SN als auch für das Gesamthirn durchgeführt.

Die Toolbox CONN (Version 20.b, Whitfield-Gabrieli & Nieto-Castanon, 2012) im Zusammenspiel mit der Software Statistical Parametric Mapping (Version 12, SPM, Wellcome Centre for Human Neuroimaging) in MATLAB (Version R2020a, MathWorks, Natick, USA) wurde für die Analyse der funktionellen MRT-Sequenzen genutzt. Die Vorverarbeitung enthielt typische Schritte wie die Bewegungskorrektur, die Ko-Registrierung der strukturellen und funktionellen Daten, die Segmentierung und Normalisierung auf das Montreal Neurological Institute (MNI) template und das Glätten mit einem 6 mm FWHM Gauss'schen Filter. Im anschließenden Denoising Schritt wurden Faktoren, die möglicherweise einen Einfluss auf das Signal haben, entfernt, wozu ein Bandpass Filter (0,008-0,09 Hz) genutzt wurde. Die Auswertung der funktionellen Konnektivität basierte auf zwölf Regionen, sogenannten regions-of-interest (ROI), des DMNs und SNs. Anhand eines ROI-to-ROI-Ansatzes mit nicht-parametrischen Tests (Pairwise Spatial Clustering; Zalesky et al., 2012) wurden die zwölf ROIs und insgesamt 66 Verbindungen auf einen Unterschied zwischen Prä- und Posttestung untersucht. Außerdem wurden graphtheoretische Parameter der ROIs analysiert, um eine Aussage über die Netzwerkcharakteristika treffen zu können. Ergebnisse, die nach der Korrektur für multiples Testen anhand der False Discovery Rate (FDR) einen p-Wert kleiner oder gleich 0,05 ($p \leq 0,05$) aufwiesen, wurden als signifikante Veränderung zwischen Prä- und Postmessung eingestuft.

Um den Einfluss der Kopfballhäufigkeit auf strukturelle und/oder funktionelle Hirnveränderungen zu beurteilen, wurden signifikante

Ergebnisse der MRT-Analysen mit der individuellen Kopfballanzahl mithilfe der Spearman Rank Korrelation korreliert.

3 Ergebnisse

Der Beobachtungszeitraum betrug zwischen 2,5 und 17,8 Monate (Median: 15,7) für die 30 Spieler ($20,1 \pm 2,44$ Jahre), was nicht nur durch Vereinswechsel der Spieler, sondern auch durch die SARS-CoV-2-Pandemie beeinflusst wurde. Insgesamt konnten mithilfe der Videoaufzeichnungen der Trainingseinheiten und Spiele 9736 Kopfbälle (min. 4; max. 943; Median 240,5) analysiert werden. Hinsichtlich der Charakteristika fiel auf, dass 61,6 % aller Kopfbälle aus einer Distanz von unter fünf Metern auf den Kopf trafen. Lediglich 2 % aller Bälle, die mit dem Kopf angenommen wurden, kamen aus einer Distanz von über 50 Metern. 96,4 % der ausgewerteten Kopfbälle wurden mit dem frontalen Teil des Kopfes gespielt. Die meisten Kopfbälle wurden als Pass gespielt (61,6 %), gefolgt von „Schüssen“ (auf das Tor; 16,9 %) und „gefährliche Situation klären/entschärfen“ (13,6 %). Die Kopfbälle wurden außerdem jeweils dem Training oder dem Spiel zugeordnet, sodass auch eine Differenzierung der beiden Einheiten stattfinden konnte. Insgesamt wurden in allen Trainingseinheiten 8203 Kopfbälle (min. 4; max. 814; Median 216,5) beobachtet, wohingegen in allen Spielen insgesamt 1533 Kopfbälle (min. 0; max. 234; Median 34) registriert wurden. Training und Spiel unterschieden sich deutlich hinsichtlich der beschriebenen Charakteristika. Dies war v. a. für die Flugdistanz des Balls, bevor er auf den Kopf trat, zu erkennen. In Trainingseinheiten kamen 70,84 % aller Bälle aus einer Distanz von unter fünf Metern, wohingegen dies nur auf 12,26 % aller Bälle in den Spielen zutraf. In den Spielen erreichte der Ball den Spieler deutlich häufiger von Distanzen zwischen fünf und 50 Metern und ca. 12 % aller Bälle trafen nach einer Flugdistanz von über 50 Metern auf den Kopf. In Trainingseinheiten galt dies nur für 0,24 % aller Bälle. Weitere Unterschiede wurden erkannt für die Art des Kopfballs oder auch dafür, ob ein Duell stattfand oder nicht. Hierbei fiel vor allem auf, dass ein Kopfballduell im Spiel deutlich häufiger vorkam als im Training (38,5 % vs. 5,3 %).

Die Analyse der strukturellen und funktionellen MRT-Sequenzen wurde für insgesamt 14 der 30 Spieler vorgenommen. Acht Spieler wechselten in ein anderes Team oder einen anderen Verein, sodass kein Post-MRT-Scan vorlag. Bei weiteren acht Spielern waren die MRT-Aufnahmen unvollständig oder der Scan wurde abgebrochen. Die Untersuchung zeigte in den Netzwerken DMN und SN weder für die strukturellen Parameter (kortikale Dicke und Volumen der grauen Substanz) noch für die funktionelle Konnektivität der 12 ROIs signifikante Unterschiede zwischen der Prä- und der Post-Messung. Auch bei der graphtheoretischen Analyse kam es zu keinen signifikanten Veränderungen. Die explorative Betrachtung des Gesamthirns bei der strukturellen Analyse zeigte ein kleines Cluster rechts präzentral, welches eine Abnahme der kortikalen Dicke über den Beobachtungszeitraum aufwies (cluster-wise $p = 0,049$; Größe = $35,8 \text{ mm}^2$). Die Veränderung vom Prä- zum Post-Zeitpunkt korrelierte nicht mit der Kopfbällhäufigkeit der 14 Spieler.

4 Diskussion

In dieser Studie wurden Kopfbälle von insgesamt 30 männlichen, professionellen Fußballspielern aufgezeichnet und ausgewertet. Außerdem wurden von 14 dieser 30 Spieler zusätzlich MRT-Aufnahmen angefertigt, welche hinsichtlich möglicher struktureller und/oder funktioneller Veränderungen untersucht wurden.

Die Ergebnisse zur Kopfbällhäufigkeit zeigen eine hohe Interindividualität (zwischen vier und 943 Kopfbälle). Eine ähnlich große Variabilität der Kopfbällanzahl wurde bei semi-professionellen Fußballspielern beschrieben, deren Spiele analysiert wurden (Cassoude-salle et al., 2020). Einzelne Kopfbällcharakteristika wurden bereits in anderen Studien beschrieben und konnten nun im Längsschnitt bestätigt werden. Für jüngere Spieler und Spielerinnen (U10 bis U16) wurde beispielsweise wie in der hier präsentierten Studie gezeigt, dass der Ball meist aus einer Distanz von unter fünf Metern auf den Kopf trifft (Beaudouin et al., 2020). Diese Untersuchung jüngerer Spieler und Spielerinnen zeigte zudem, dass bereits in diesem Alter der Ball am häufigsten mit dem frontalen Teil

des Kopfes gespielt wird (Beaudouin et al., 2020), was in der präsentierten Studie für 96,4 % aller Kopfbälle ebenfalls zutraf. Tierney und Higgins (2021) beschrieben außerdem, dass in den europäischen Top-Ligen ein Kopfbäll zumeist als Pass gespielt wird. Dies wurde auch in den hier präsentierten Daten bestätigt.

Die erkennbaren Unterschiede zwischen den Kopfbällcharakteristika in Trainingseinheiten und in Spielen verdeutlichen die Notwendigkeit einer tiefergehenden Untersuchung dieser beiden Einheiten. Die Anzahl an Studien, die eine solche Unterscheidung vornehmen, steigt zwar an (Filben et al., 2022; Janda et al., 2002; Kenny et al., 2022; Miller et al., 2020; Sandmo et al., 2021), jedoch werden zumeist Kinder oder Jugendliche bis hin zu Collegespilern und -spielerinnen untersucht. Für professionelle, aktive Fußballspielende ist eine solche Datenlage noch immer sehr gering, da bisher hauptsächlich Spiele hinsichtlich der Kopfbällhäufigkeit und verschiedener Charakteristika analysiert wurden (Cassoude-salle et al., 2020; Langdon et al., 2022; Sarajärvi et al., 2020; Tierney & Higgins, 2021). Spezifische (Handlungs-) Empfehlungen sollten solche Kopfbällcharakteristika einbeziehen. Mithilfe dieser Daten kann zudem eine Sensibilisierung der Trainer und Trainerinnen erreicht werden. Diese können damit das Training spezifischer gestalten und das Augenmerk auf die Kopfbälle legen, die dann auch im Spiel erfolgen, und gleichzeitig die Anzahl an Aufprallen auf den Kopf limitieren.

Die Analyse der MRT-Sequenzen der Subgruppe, bestehend aus 14 Spielern, zeigte keine signifikanten strukturellen oder funktionellen Veränderungen in den untersuchten und potenziell von Langzeitfolgen betroffenen Netzwerken DMN und SN. Mithilfe einer explorativen Untersuchung des Gesamthirns konnte allerdings eine Abnahme der kortikalen Dicke vom Prä- zum Posttest erkannt werden, wobei die Veränderung nicht mit der Kopfbällhäufigkeit korrelierte. Zum einen lässt dies darauf schließen, dass die untersuchten Netzwerke bei aktiven, professionellen Fußballspielern scheinbar nicht durch das Kopfbällspiel oder das Fußballspielen beeinflusst werden. Zum anderen sind die Ergebnisse ein Hinweis darauf, dass die Kopfbällhäufigkeit möglicherweise nicht allein für

strukturelle Hirnveränderungen verantwortlich ist. Fußball (oder das Kopfballspiel) könnte darüber hinaus auch andere Hirnnetzwerke beeinflussen, die in der vorliegenden Studie nicht untersucht wurden. In anderen Studien wurden bereits Zusammenhänge zwischen Veränderungen der funktionellen Konnektivität im kortikozerebellären Netzwerk (Cassoudealle et al., 2020) oder im zentralen autonomen Netzwerk (Monroe et al., 2020) mit einer höheren Kopfballbelastung beschrieben, sodass diesbezüglich weitere Analysen folgen. Auch sollten dabei Faktoren wie die Expositionszeit berücksichtigt werden. Außerdem sollten die unterschiedlichen Charakteristika der Kopfbälle spezifischer in die Untersuchung der Hirnstruktur und -funktion einbezogen werden, da verschiedene Kopfbälle unterschiedliche Akzelerations- und Rotationskräfte auf Schädel und Gehirn erzeugen und durchaus differenzierte Effekte haben könnten (Kenny et al., 2022; Miller et al., 2020). Aus praktischer Sicht wäre zudem wichtig, auch die zerebrale Regeneration von solchen Kräften zu beurteilen, da sich hieraus direkte Empfehlungen für die Trainingsplanung ableiten ließen. Im Rahmen der nur kurzen, jedoch detailliert durchgeführten Beobachtungszeit, sind sicherlich keine degenerativen Veränderungen vom Ausmaß der in der Literatur beschriebenen Langzeitfolgen zu erwarten, jedoch zeigten sich auch keine Tendenzen hierzu. Chronisch Traumatische Enzephalopathien können (zumindest in Kollisionssportarten) auch mit einer längeren Latenz nach Abschluss der aktiven Spielerkarriere auftreten, sodass ggfs. auch diese Lebensphase inkl. Lebensstil-assoziiierter Risikofaktoren in Studien erfasst werden müsste.

Insgesamt erfasst diese Studie erstmalig prospektiv die Kopfballbelastung aktiver, professioneller, männlicher Fußballspieler in Trainingseinheiten und Spielen und zeigt über den Beobachtungszeitraum keine akuten Veränderungen der Struktur und Funktion des Default Mode Netzwerks und des Salienz Netzwerks. Um dennoch konkrete Empfehlungen für das Kopfballspiel aussprechen zu können, sollten die oben genannten Aspekte zukünftig detaillierter untersucht werden.

5 Literatur

- Beaudouin, F., Gioftsidou, A., Larsen, M. N., Lemmink, K., Drust, B., Modena, R., Espinola, J. R., Meiu, M., Vouillamoz, M., & Meyer, T. (2020). The UEFA Heading Study: Heading incidence in children's and youth' football (soccer) in eight European countries. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. DOI:10.1111/sms.13694
- Cassoudealle, H., Petit, A., Chanraud, S., Petit, H., Badaut, J., Sibon, I., & Dehail, P. (2020). Changes in resting-state functional brain connectivity associated with head impacts over one men's semi-professional soccer season. *Journal of Neuroscience Research*. DOI:10.1002/jnr.24742
- Filben, T. M., Pritchard, N. S., Miller, L. E., Woods, S. K., Hayden, M. E., Miles, C. M., Urban, J. E., & Stitzel, J. D. (2022). Characterization of Head Impact Exposure in Women's Collegiate Soccer. *Journal of Applied Biomechanics*, 38(1), 2-11. DOI:10.1123/jab.2020-0304
- Harriss, A., Walton, D. M., & Dickey, J. P. (2018). Direct player observation is needed to accurately quantify heading frequency in youth soccer. *Research in Sports Medicine (Print)*, 26(2), 191-198. DOI:10.1080/15438627.2018.1431534
- Janda, D. H., Bir, C. A., & Cheney, A. L. (2002). An evaluation of the cumulative concussive effect of soccer heading in the youth population. *Injury Control and Safety Promotion*, 9(1), 25-31. DOI:10.1076/icsp.9.1.25.3324
- Kenny, R., Elez, M., Clansey, A., Virji-Babul, N., & Wu, L. C. (2022). Head Impact Exposure and Biomechanics in University Varsity Women's Soccer. *Annals of Biomedical Engineering*. DOI:10.1007/s10439-022-02914-3
- Koerte, I. K., Ertl-Wagner, B., Reiser, M., Zafonte, R., & Shenton, M. E. (2012). White matter integrity in the brains of professional soccer players without a symptomatic concussion. *JAMA*, 308(18), 1859-1861. DOI:10.1001/jama.2012.13735

- Koerte, I. K., Mayinger, M., Muehlmann, M., Kaufmann, D., Lin, A. P., Steffinger, D., Fisch, B., Rauchmann, B.-S., Immler, S., Karch, S., Heinen, F. R., Ertl-Wagner, B., Reiser, M., Stern, R. A., Zafonte, R., & Shenton, M. E. (2016). Cortical thinning in former professional soccer players. *Brain Imaging and Behavior, 10*(3), 792-798. DOI:10.1007/s11682-015-9442-0
- Langdon, S., Goedhart, E., Oosterlaan, J., & Königs, M. (2022). Heading Exposure in Elite Football (Soccer): A Study in Adolescent, Young Adult, and Adult Male and Female Players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. DOI:10.1249/MSS.0000000000002945
- Matser, J. T., Kessels, A. G., Lezak, M. D., & Troost, J. (2001). A dose-response relation of headers and concussions with cognitive impairment in professional soccer players. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, 23*(6), 770-774. DOI:10.1076/jcen.23.6.770.1029
- McCunn, R., Beaudouin, F., Stewart, K., Meyer, T., & MacLean, J. (2021). Heading in Football: Incidence, Biomechanical Characteristics and the Association with Acute Cognitive Function-A Three-Part Systematic Review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.), 51*(10), 2147-2163. DOI:10.1007/s40279-021-01492-z
- McKee, A. C., Alosco, M. L., & Huber, B. R. (2016). Repetitive Head Impacts and Chronic Traumatic Encephalopathy. *Neurosurgery Clinics of North America, 27*(4), 529-535. DOI:10.1016/j.nec.2016.05.009
- Miller, L. E., Pinkerton, E. K., Fabian, K. C., Wu, L. C., Espeland, M. A., Lamond, L. C., Miles, C. M., Camarillo, D. B., Stitzel, J. D., & Urban, J. E. (2020). Characterizing head impact exposure in youth female soccer with a custom-instrumented mouth-piece. *Research in Sports Medicine (Print), 28*(1), 55-71. DOI:10.1080/15438627.2019.1590833
- Monroe, D. C., Blumenfeld, R. S., Keator, D. B., Solodkin, A., & Small, S. L. (2020). One season of head-to-ball impact exposure alters functional connectivity in a central autonomic network. *NeuroImage, 223*, 117306. DOI:10.1016/j.neuroimage.2020.117306
- Oliveira, T. G., Ifrah, C., Fleysher, R., Stockman, M., & Lipton, M. L. (2020). Soccer heading and concussion are not associated with reduced brain volume or cortical thickness. *PloS one, 15*(8), e0235609. DOI:10.1371/journal.pone.0235609
- Reuter, M., Schmansky, N. J., Rosas, H. D., & Fischl, B. (2012). Within-subject template estimation for unbiased longitudinal image analysis. *NeuroImage, 61*(4), 1402-1418. DOI:10.1016/j.neuroimage.2012.02.084
- Rubin, T. G., Catenaccio, E., Fleysher, R., Hunter, L. E., Lubin, N., Stewart, W. F., Kim, M., Lipton, R. B., & Lipton, M. L. (2018). MRI-defined White Matter Microstructural Alteration Associated with Soccer Heading Is More Extensive in Women than Men. *Radiology, 289*(2), 478-486. DOI:10.1148/radiol.2018180217
- Sandmo, S. B., Gooijers, J., Seer, C., Kaufmann, D., Bahr, R., Pasternak, O., Lipton, M. L., Tripodis, Y., & Koerte, I. K. (2021). Evaluating the validity of self-report as a method for quantifying heading exposure in male youth soccer. *Research in Sports Medicine (Print), 29*(5), 427-439. DOI:10.1080/15438627.2020.1853541
- Sarajärvi, J., Volossovitch, A., & Almeida, C. H. (2020). Analysis of headers in high-performance football: evidence from the English Premier League. *International Journal of Performance Analysis in Sport, 20*(2), 189-205. DOI:10.1080/24748668.2020.1736409
- Sharp, D. J., Scott, G., & Leech, R. (2014). Network dysfunction after traumatic brain injury. *Nature Reviews Neurology, 10*(3), 156. DOI:10.1038/nrneurol.2014.15

- Spiotta, A. M., Bartsch, A. J., & Benzel, E. C. (2012). Heading in soccer: dangerous play? *Neurosurgery*, 70(1), 1-11. DOI:10.1227/NEU.0b013e31823021b2
- Stern, R. A., Daneshvar, D. H., Baugh, C. M., Seichepine, D. R., Montenigro, P. H., Riley, D. O., Fritts, N. G., Stamm, J. M., Robbins, C. A., McHale, L., Simkin, I., Stein, T. D., Alvarez, V. E., Goldstein, L. E., Budson, A. E., Kowall, N. W., Nowinski, C. J., Cantu, R. C. McKee, A. C. (2013). Clinical presentation of chronic traumatic encephalopathy. *Neurology*, Sept.24, 81(13).
- Tierney, G. J., & Higgins, B. (2021). The incidence and mechanism of heading in European professional football players over three seasons. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(4), 875-883. DOI:10.1111/sms.13900
- Whitfield-Gabrieli, S., & Nieto-Castanon, A. (2012). Conn: a functional connectivity toolbox for correlated and anticorrelated brain networks. *Brain connectivity*, 2(3), 125-141. DOI:10.1089/brain.2012.0073
- Wu, X., Kirov, I. I., Gonen, O., Ge, Y., Grossman, R. I., & Lui, Y. W. (2016). MR Imaging Applications in Mild Traumatic Brain Injury: An Imaging Update. *Radiology*, 279(3), 693-707. DOI:10.1148/radiol.16142535
- Zalesky, A., Fornito, A., & Bullmore, E. (2012). On the use of correlation as a measure of network connectivity. *NeuroImage*, 60(4), 2096-2106. DOI:10.1016/j.neuroimage.2012.02.001

ExDrop: Tröpfchen- und Aerosolproduktion bei intensiven Belastungen & Implikationen für das SARS-CoV-2-Infektionsrisiko

(AZ 070115/20-21)

Henning Wackerhage (Projektleitung)¹, Martin Schönfelder¹, Marie Heiber¹, Daniela Schraner¹, Felix Grätz¹, Christian Kähler², Rainer Hain² & Benedikt Schumm²

¹Technische Universität München

²Universität der Bundeswehr München, Institut für Strömungsmechanik und Aerodynamik

1 Ausgangssituation und Problem

Die durch das SARS-CoV-2-Coronavirus hervorgerufene COVID-19-Pandemie ist ein großes Problem für den Leistungs- und Breitensport mit enormen Konsequenzen für die Gesundheit von Sportlerinnen und Sportlern, die Trainingspraxis, unsere Sportkultur und die Sportwirtschaft (Wackerhage et al., 2020). Mit dem derzeitigen Abflauen der COVID-19-Pandemiewelle ist eventuell ein Ende der akuten Pandemiephase erreicht, allerdings sind Ausbrüche von zoonotischen (Spezies-wechselnde) oder ähnlichen Viren auch in Zukunft zu erwarten (Cheng, Lau, Woo & Yuen, 2007). Zudem ist die Eindämmung der aerosolabhängigen Übertragung auch in Bezug auf andere Pathogene, die respiratorische Erkrankungen auslösen, wie beispielsweise die Influenzaviren, wichtig.

Ein Risikofaktor beim Sport ist, dass das Atemminutenvolumen von 5-10 l/min in Ruhe bis auf über 100 l/min bei Untrainierten (Blackie et al., 1991; Loe, Steinshamn & Wisloff, 2014) und bis über 200 l/min bei Ausdauerathleten (wie Ruderern) ansteigen kann (Clark, Hagerman & Gelfand, 1983). Zudem kann es beim Krafttraining zur sogenannten Pressatmung kommen. Die erhöhte und veränderte Atmung bei sportlichen Belastungen stellt ein doppeltes Problem dar. Zum einen geben bei intensiven Belastungen SARS-CoV-2 infizierte Menschen und vermutlich auch bei Pressatmung mehr Tröpfchen und Aerosol als gesunde Personen an die Umgebung ab.

Somit steigt potentiell auch die Anzahl der SARS-CoV-2 belasteten Partikel in der Luft an. Die genaue SARS-CoV-2 Freisetzung bei sportlicher Belastung ist derzeit noch spekulativ, denn im Gegensatz zum Husten, Niesen oder Sprechen wurde die Tröpfchen- und Aerosolproduktion bei körperlichen Belastungen bislang noch nicht direkt experimentell untersucht. Derartige Messungen sind aber essentiell, um zu berechnen, wie stark eine leichte, moderate oder maximale Belastung oder ein Krafttraining die SARS-CoV-2 Abgabe sowohl bei Untrainierten als auch Ausdauertrainierten erhöht.

Aus diesem Grund war in der vorliegenden Studie das Ziel, sowohl die exakte Konzentration als auch Gesamtemission an Aerosol bei intensiven Ausdauer- und Kraftbelastungen direkt zu messen. Auf Basis dieser Ergebnisse sollten zudem von unserem internationalen Kooperationspartner Prof. Buonanno das SARS-CoV-2 Infektionsrisiko in Abhängigkeit von Raumventilation, Raumgröße und Personenzahl berechnet werden (Buonanno, Morawska & Stabile, 2020). Diese Untersuchungen sind essentiell für den Leistungs- und Breitensport, um evidenzbasiert den Infektionsschutz bei Ausdauer- und Krafttraining in Innenräumen zu planen.

2 Material und Methoden

Es wurde eine monozentrische Beobachtungsstudie an gesunden menschlichen Probandinnen und Probanden durchgeführt, deren Hauptziel die kontinuierliche Messung der Ventilation, der Konzentration von Aerosolpartikeln in der Ausatemluft und der Aerosolpartikelemission in Ruhe und während eines Stufen-Ergometrietests, sowie einer Kraftbelastung bis zur Erschöpfung, war. Alle Messungen und Verfahren wurden von der Ethikkommission der Technischen Universität München geprüft und genehmigt (Prüfnummer: 2021-241-2-S-SR). Alle Testpersonen wurden nach Einschluss in die Studie einer sportmedizinischen Tauglichkeitsuntersuchung unterzogen (Präventive und rehabilitative Sportmedizin, TUM).

Für die Ausdauermessungen rekrutierten wir gesunde Männer und Frauen im Alter von 18-40 Jahren ($n = 8$ Männer, $n = 8$ Frauen). Alle Testpersonen absolvierten einen Stufen-Belastungstests auf einem Fahrradergometer (Excalibur Sport; Lode™, Niederlande). Während der Tests ermittelten wir kontinuierlich die Ventilation (\dot{V}_E in l/min), die Atemfrequenz (BF in 1/min) und das Tidalvolumen (V_T in l) mit einem kalibrierten Spiroergometriegerät (Metalyzer; Cortex Medical™, Deutschland). Während der Stufentests ermittelten wir zudem kontinuierlich die Aerosolpartikelkonzentrationen (Partikel/l) in der Ausatemluft.

Für die Kraftmessungen wurden insgesamt 8 krafttrainierte Personen rekrutiert – davon 4 Männer und 4 Frauen ($M = 30,5 \pm 4,6$ Jahre). Die Testpersonen wurden aufgrund ihrer Kraftleistung (= 1RM Kniebeugeleistung relativ zum Körpergewicht) rekrutiert, wobei die Einschlussleistung für Frauen mindestens das 1,5-fache des Körpergewichts, für Männer das 2-fache des Körpergewichts betrug. Während eines Satzes bei 80 % der maximalen willentlichen Kontraktion (MVC) wurden Atemparameter und Aerosolkonzentration simultan und kontinuierlich gemessen.

Wir haben die Konzentration der ausgeatmeten Aerosolpartikel kontinuierlich mit einem optischen Partikelzähler (Palas Promo 3000 mit dem Sensorkopf Welas 2300, Palas GmbH, Deutschland) gemessen. Dieses Gerät ermöglicht die gleichzeitige Bestimmung der Aerosolpartikelgrößenverteilung und der Aerosolpartikelkonzentration (Partikel/l). Um Einflüsse der Feuchtigkeit zu reduzieren, wurden die Partikel zunächst getrocknet und in einem Größenspektrum von 0,2 bis 10 μm gemessen. Um sicherzustellen, dass die Versuchspersonen Luft ohne bzw. mit nur wenigen Aerosolpartikeln einatmeten, filterten wir die Einatemluft mit einem H14-Filter, der über einen Schlauch ohne Widerstandserhöhung mit der Spirometriemaske verbunden war. Die Ausatemluft wurde über ein Zwei-Wege-Ventil – separiert von der Einatemluft – zum Partikelzähler abgeleitet. Zur Vermeidung von Kontaminationen aus der Raumluft absolvierten die Testpersonen alle Belastungstests in einer Art Reinraumzelt, das mit derselben H14-gefilterten Luft wie die Atemmaske versorgt wurde.

Die Daten der Aerosolquantifizierung und der Messung der Atemparameter aus beiden Versuchen wurden genutzt, um das Infektionsrisiko bei einer klassischen Spinningstunde und eines 80-minütigen Krafttrainings zu berechnen. Hierzu wurde ein mathematisches Modell (Buonanno et al., 2020a, 2020b) verwendet, das mit den oben beschriebenen Messdaten gespeist wurde. Dieser von (Buonanno, Morawska & Stabile, 2020; Buonanno, Stabile & Morawska, 2020) vorgeschlagene prädiktive theoretische Ansatz ermöglicht eine a-priori-Schätzung des SARS-CoV-2 Infektionsrisikos für Personen, wenn sie virushaltigen Partikeln ausgesetzt sind, die von einer infizierten Person in einer definierten Innenraumumgebung ausgestoßen werden (Buonanno, Morawska & Stabile, 2020).

3 Ergebnisse

3.1 Aerosolmessungen während Ausdauerbelastung

Wir fanden heraus, dass die Aerosolpartikelkonzentration während der maximalen Belastung signifikant um mehr als das Zehnfache anstieg, von 56 ± 54 Partikel/l in Ruhe auf 633 ± 422 Partikel/l (Bereich 103–1.551 Partikel/l; $p < 0,001$).

Der Anstieg der Ventilation während körperlicher Belastungen mit steigender Intensität ist allgemein bekannt. Bei unseren Testpersonen stieg die Ventilation während der Stufentests signifikant von 11 ± 3 l/min in Ruhe auf Belastungsmaxima von 101 ± 18 l/min (Bereich 75–120 l/min) bei Frauen und 160 ± 27 l/min (Bereich 122–211 l/min) bei Männern ($p < 0,001$). Außerdem zeigten trainierte Testpersonen im Mittel während der maximalen Belastung größere Ventilationsraten 147 ± 40 l/min im Vergleich zu untrainierten, die 118 ± 32 l/min erreichten. Dieser Unterschied war aufgrund der großen interindividuellen Variabilität der maximalen Ventilation statistisch nicht signifikant ($p = 0,186$).

Da aber nicht nur der Anstieg der Partikelkonzentration relevant ist, haben wir zudem auch die Partikelemission, sprich das Produkt aus Aerosolpartikelkonzentration und Ventilation, berechnet. In unseren Experimenten stieg die Emission von Aerosolpartikeln im Durchschnitt um das 132-fache von 579 ± 489 Partikeln/min in Ruhe auf 76.200 ± 48.000 Partikel/min bei maximaler Belastung ($p < 0,001$) (Abb. 1). Im Durchschnitt atmeten Männer bei maximaler Belastung 29 % mehr Partikel aus als Frauen, was aber statistisch nicht signifikant war ($p = 0,804$). Ausdauertrainierte Testpersonen atmeten während der maximalen Belastung 85 % mehr Partikel aus als untrainierte, was einen signifikanten Unterschied darstellt ($p = 0,02$). Insbesondere ab einer Belastungsintensität von 2 W/kg (z. B. 150 Watt bei einer 75 kg schweren Person) lag die mittlere Aerosolpartikelemission über 10.000 Partikel/min.

3.2 Aerosolmessungen während Kraftbelastung

Die Testpersonen führten eine Kraftübung bis zur subjektiven Erschöpfung durch, die im Mittel bei den Frauen nach 110 ± 69 s und bei den Männern nach 81 ± 42 s erreicht wurde. Während des Krafttrainings erhöhten Frauen ihre Ventilation signifikant von $14 \pm 2,2$ l/min in Ruhe auf 46 ± 26 l/min bei Krafttraining ($p > 0,05$). Die Ventilation war bei Männern, die in Ruhe $16 \pm 3,1$ l/min und während des Krafttrainings $47 \pm 8,8$ l/min ventilierten, ähnlich der der Frauen ($p > 0,05$). Gleichzeitig stieg die Konzentration der Aerosolpartikel bei Frauen signifikant von 48 ± 35 Partikeln/l in Ruhe, auf 571 ± 615 Partikel/l während des Krafttrainings ($p > 0,05$) und bei Männern von 532 ± 826 Partikeln/l in Ruhe auf 1.524 ± 827 Partikel/l während des Krafttrainings an ($p > 0,05$). Anhand der Atmungs- und Konzentrationsdaten berechneten wir dann die Emission von Aerosolpartikeln. Die durchschnittliche Emission von Aerosolpartikeln stieg von der Ruhephase bis zum Krafttraining um das 10-fache an. Im Einzelnen emittierten Frauen in Ruhe 662 ± 401 Partikel/min, die sich während des Trainings auf 37.600 ± 54.300 Partikel/min erhöhten. Männer emittierten in Ruhe 10.200 ± 17.000 Partikel/min und während des Krafttrainings 80.400 ± 85.100 Partikel/min (Abb. 1).

Im direkten Vergleich von Ausdauer- und Kraftbelastung fanden wir heraus, dass die Testpersonen während der Ausdauerbelastung 131 ± 38 l/min atmeten, was fast dreimal so viel war wie die 46 ± 19 l/min, die während des Krafttrainings erreicht wurden ($p < 0,001$, $d = 2,85$). Die mittlere Konzentration der Aerosolpartikel während des Ausdauertrainings betrug 633 ± 436 Partikel/l und war damit geringer als die 699 ± 662 Partikel/l, die während des Krafttrainings erreicht wurden. Dieser Unterschied war jedoch aufgrund der großen interindividuellen Schwankungen statistisch nicht signifikant ($p > 0,05$). Schließlich war die Emission von Aerosolpartikeln während des Ausdauertrainings mit 76.200 ± 49.000 Partikeln/min (Bereich 12.800–178.300 Partikel/min) fast doppelt so hoch wie während eines Krafttrainings, wo sie 59.000 ± 69.900 Partikel/min (Bereich 2.300–118.500 Partikel/min) betrug.

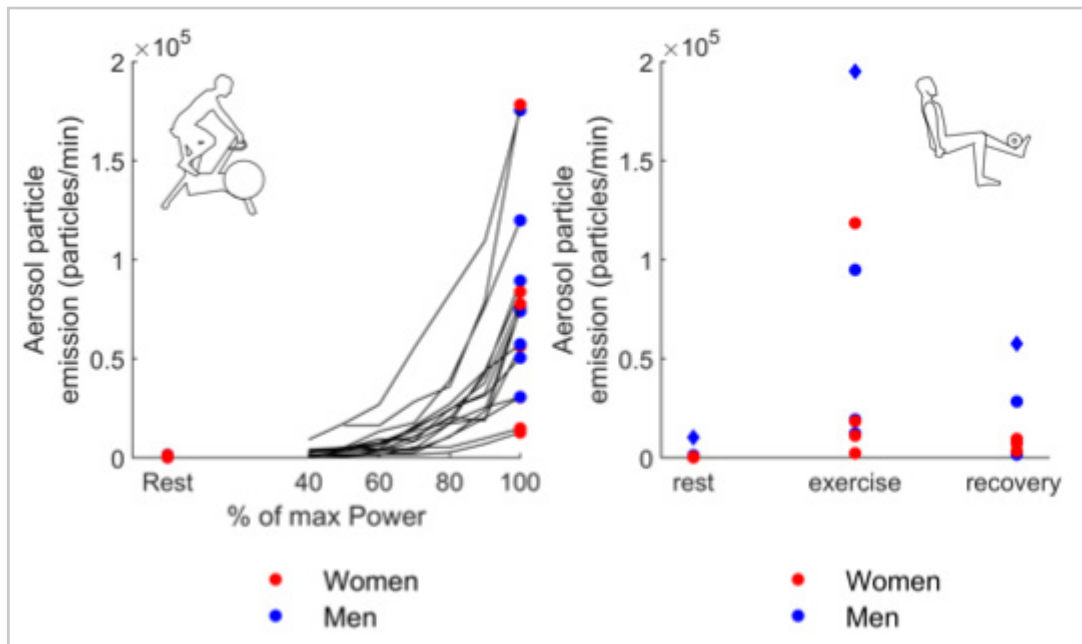


Abb. 1: Aerosolpartikelemission bei stufenförmiger Ausdauerbelastung ($n = 16$, links) und Krafttraining ($n = 8$, rechts)

Auch dieser Unterschied war aufgrund der großen interindividuellen Variation nicht signifikant ($p > .05$, $r = 0,25$).

3.3 Simulation einer realen Trainingssituation

Um das Risiko einer Ansteckung während einer Trainingseinheit zu bestimmen, bei dem sich eine infizierte Person im Raum befindet, haben wir die modifizierte Version eines veröffentlichten Simulationsmodells (Buonanno, Morawska & Stabile, 2020; Buonanno, Stabile & Morawska, 2020) verwendet, um das Risiko einer Ansteckung während eines 60-minütigen Ausdauertrainingskurses (speziell eines Spinning-Kurses, bei dem es sich um ein Intervall-Radtraining handelt); und während eines Krafttrainings mit 21 Sätzen von 80 Minuten abzuschätzen. Das Infektionsrisiko wurde auf der Grundlage der Aerosolpartikelemission berechnet, die während des abgestuften Belastungstests bis zur Erschöpfung ($n = 16$) und während eines dynamischen Krafttrainingstests bei 80 % der MVC ($n = 8$) gemessen wurde.

Die Berechnung basiert auf der Quantenkonzentration und der empfangenen Quantendosis für ein Ausdauer- und ein Krafttraining bei einer Luftwechselrate von 2 1/h.

Unser Modell sagt voraus, dass das Risiko, sich zu infizieren, nach 80 Minuten Krafttraining für den Trainierenden 18 % und für den Nicht-Trainierenden etwas weniger beträgt (Abb. 2 rechts). Im Gegensatz dazu beträgt das Infektionsrisiko für einen Ausdauertrainierenden bereits nach 12 Minuten und für einen Nichttrainierenden nach 23 Minuten in einem Ausdauertrainingskurs 18 %. Nach 60 Minuten Ausdauertraining hat der Trainierende ein Infektionsrisiko von 92 %, der Nichttrainierende von 39 % (Abb. 2 links).

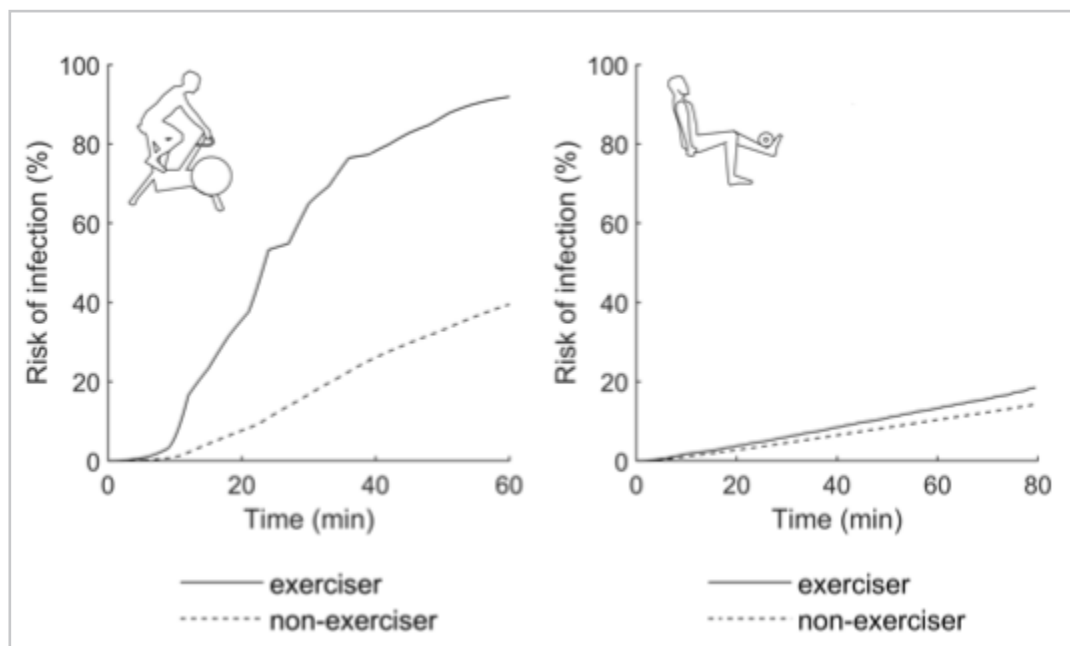


Abb. 2: Trends des individuellen Infektionsrisikos für Ausdauer- (links) und Krafttraining (rechts) bei einer Luftwechselrate 2 1/h. Infektionsrisiko sowohl für Trainierende (durchgehende Linie) als auch für Nicht-Trainierende (gestrichelte Linie). Rote Linie markiert das 18 %ige Infektionsrisiko (siehe Text)

4 Diskussion

Das erste Hauptergebnis dieser deskriptiven Studie ist, dass die Emission von Aerosolpartikeln bei gesunden, jungen Frauen und Männern im Durchschnitt um das 132-fache ansteigt, von 580 ± 489 Partikeln/min in Ruhe auf eine Superemission von 76.200 ± 48.000 Partikeln/min bei maximaler Belastung. Wir fanden außerdem heraus, dass die Aerosolpartikelemission bis zu einer Trainingsintensität von 2 W/kg moderat und bei höheren Trainingsintensitäten exponentiell ansteigt.

Trotz der Verwendung eines anderen Versuchsaufbaus liegen die von uns gemessenen Aerosolpartikelkonzentrationen im Ruhezustand im Bereich der von anderen Studien berichteten Aerosolkonzentrationen. Konkret haben wir 56 ± 54 Partikel pro Liter ausgeatmeter Luft in Ruhe gemessen. Dies ist vergleichbar zu publizierten Durchschnittswerten von 25 Partikeln/l (14), < 100 Partikeln/l (25), 230 Partikeln/l (Bereich 18-1.000 Partikel/l (28)) bzw. 250 Partikeln/l (24) in Ruhe. Ferner liegen unsere Messdaten eher am unteren Ende gegenüber den anderen Studien. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass wir versucht haben, den Aerosolgehalt der eingeatmeten Luft durch Filtern zu minimieren.

Wir konnten zeigen, dass die durchschnittliche Aerosolpartikelemission von der Ruhe bis zur maximalen Belastung um das 132-fache anstieg. Im Vergleich dazu zählten Wilson et al. (Wilson et al., 2021) bei submaximaler Belastung mit 70 % der maximalen Herzfrequenz 58-mal mehr Aerosolpartikel im ausgeatmeten Gas als in Ruhe. Darüber hinaus zeigten George et al. (2022) bei gesunden Nichtrauchern ($n = 20$), dass eine 30-minütige anstrengende körperliche Betätigung zu einem Anstieg der ausgeatmeten Aerosolpartikelkonzentration von 58,8 Partikeln/l auf 220,6 Partikel/l in der Erholungsphase nach der körperlichen Belastung führte. In der Summe betrachtet ist hervorzuheben, dass die Teilnehmenden eine hohe interindividuelle Variation aufwiesen.

Die Erklärung dieses unerwartet hohen Anstiegs der Aerosolpartikelkonzentration bzw. -emission während des Trainings ist eine Herausforderung für zukünftige Studien. Zu den möglichen Faktoren gehören Veränderungen in der Geschwindigkeit und Art (d. h. turbulent oder laminar) des Atemstroms, Veränderungen in der Zusammensetzung der oberflächlichen Flüssigkeiten in den Atemwegen und Veränderungen im Hydratationsstatus der Atemwege (Field et al., 2021; George et al., 2022).

4.1 Vergleich Ausdauer- und Kraftbelastung

Das erste Hauptergebnis des zweiten Studienteils ist, dass die Emission von Aerosolpartikeln während eines Satzes von Kraftübungen bei 80 % der maximalen willentlichen Kontraktion (MVC) bis zur Erschöpfung um das 10-fache ansteigt. Dies ist nur circa ein Viertel der 132-fachen Erhöhung der Aerosolpartikelemission, die wir zuvor für den Stufentest auf dem Fahrradergometer bei maximaler Belastung ermittelt haben (Mutsch et al., 2022). Die zweite wichtige Erkenntnis ist, dass das vorhergesagte Infektionsrisiko nach einer Stunde Spinning (d. h. Rad-Intervalltraining) im Vergleich zu einer Stunde Krafttraining 6-mal höher ist bzw. 5-mal höher, wenn man die verschiedenen Trainingsarten insgesamt vergleicht, wenn eine infizierte Person in dem Raum anwesend ist. Das Infektionsrisiko kann sowohl bei Ausdauer- als auch bei Krafttraining durch eine Erhöhung der Luftwechselrate gemindert werden. Diese Ergebnisse legen nahe, dass Ausdauerintervalle mit hoher Intensität in gut belüfteten Räumen oder im Freien durchgeführt werden sollten, wenn eine hohe Infektionsrate in der Bevölkerung vorherrscht.

Vergleicht man die Konzentration der Aerosolpartikel (d. h. nicht ihre Emission), so war sie während der Ausdauerbelastung bei maximaler Intensität mit 633 ± 436 Partikeln/L etwas geringer als bei der Kraftbelastung mit 699 ± 662 Partikeln/L. Die Emission von Aerosolpartikeln ist jedoch das Produkt aus der Konzentration der Aerosolpartikel mal der Ventilation. Da die Atmungsventilation während des maximalen Ausdauertrainings (131 ± 38 L/min) fast dreimal höher war als am Ende eines Krafttrainings (46 ± 19 L/min), war die Aerosolpartikelemission während des Ausdauertrainings höher. Der Mechanismus, der den Ausstoß von Aerosolpartikeln bei Kraft- und Ausdauertraining erhöht, ist aktuell unbekannt. Mögliche Mechanismen wie die Veränderung der Viskosität der Oberflächenflüssigkeiten oder Dehydrierung wurden oben bereits diskutiert (Buonanno, Morawska, et al., 2020; Hamed, Schenck & Fiegel, 2020; Huang et al., 2020).

Da wir während des Krafttrainings geringfügig höhere Aerosolpartikelkonzentrationen gemessen haben als beim Ausdauertraining, ist der Beitrag der Dehydrierung der Atemwege oder des gesamten Körpers zur Aerosolpartikelkonzentration und -emission wahrscheinlich gering. Darüber hinaus wird das Valsalva-Manöver häufig während schwerer Kraftübungen durchgeführt (Hackett & Chow, 2013; MacDougall et al., 1992). Beim Valsalva-Manöver wird die Luft schnell in die tiefen Atemwege eingeatmet und dann gegen den geschlossenen Kehlkopf angehalten. Bei der anschließenden Ausatmung wird die Luft durch die geschlossene Stimmritze gepresst. Diese Änderung des Atemmusters könnte möglicherweise zu höheren Emissionsraten führen (Bagheri et al., 2021; Bake et al., 2019).

Der Vergleich unserer Daten mit der Literatur ist nur begrenzt möglich, da die meisten Studien nur die Aerosolpartikelkonzentration pro Liter ausgeatmeter Luft bewerten und keine Parameter der Ventilation erwähnt bzw. gemessen wurden. Folglich kann die Aerosolpartikelemission pro Minute nicht angegeben werden. Unsere Daten zur Aerosolpartikelkonzentration in Ruhe betragen $85,1 \pm 64,2$ Partikel/L, was mit anderen veröffentlichten Arbeiten vergleichbar ist, die von 25 Partikel/L (Asadi et al., 2019), < 100 Partikel/L (Morawska et al., 2009) und 230 Partikel/L (Almstrand et al., 2010) in Ruhe berichten. Die Tatsache, dass unsere Daten wie auch schon bei den Ausdauertests am unteren Ende der Spanne liegen, könnte durch die Verwendung von gefilterter Luft und eines Reinluftzertes erklärt werden, wodurch die durch Umweltpartikel verursachten Fehlmessungen auf ein Minimum reduziert wurden. Während des Krafttrainings fanden wir eine Aerosolpartikelkonzentration von 699 ± 662 Partikeln/L, was niedriger war als bei schnellem Ein- und Ausatmen mit 2.800 Partikeln/L (Johnson & Morawska, 2009), aber höher als die durch Husten verursachte Partikelkonzentration mit 450 Partikeln/L (Morawska et al., 2009).

Anhand der experimentell gewonnenen Daten haben wir das Infektionsrisiko während eines typischen Ausdauer- oder Krafttrainingskurses berechnet, wobei wir von einer infizierten Person im Raum ausgingen (Buonanno, Morawska

& Stabile, 2020; Buonanno, Stabile, & Morawska, 2020). Dabei zeigte sich, dass das Infektionsrisiko für eine Person, die in einem Raum mit einer infizierten Person trainiert, nach einer Stunde Spinning über 90 % beträgt, während es nach 80 Minuten Krafttraining weniger als 18 % beträgt. Dies lässt sich wahrscheinlich durch vier Gründe erklären. Erstens haben wir bei Ausdauertraining im Allgemeinen höhere Emissionsraten gemessen, zweitens halten wir uns bei Ausdauertraining länger auf einem bestimmten Intensitätsniveau auf, drittens haben wir während des Krafttrainings einen höheren Prozentsatz an Pausen (sehr niedrige Intensität) und viertens ist die Atemventilation auch bei der aktiven nicht-infizierten Person höher, was zu einer höheren Aufnahme führen könnte. Während des Ausdauertrainings kann die Leistung mehrere Minuten lang bei einem hohen Anteil der maximalen Leistung aufrechterhalten werden, z. B. bei etwa 85 %, was ungefähr der mittleren zweiten Ventilationsschwelle der getesteten Personen entspricht. Diese Intensität kann je nach Trainingszustand der Person 30-60 Minuten aufrechterhalten werden. Hingegen werden Krafttrainingsätze in der Regel mit hoher Intensität und einer geringen Anzahl von Wiederholungen durchgeführt, wobei die Dauer zwischen 30 Sekunden und 2 Minuten liegt. Die Ergebnisse, die bei der Durchführung eines Spinning-Kurses erzielt wurden, bestätigen die Annahme von kontinuierlich hohen Emissionsraten während einer Stunde Ausdauertraining auch bei unterschiedlichen Intensitäten. Es wurde zudem gezeigt, dass die Zeit, die während eines Krafttrainings mit aktiver Bewegung verbracht wird, nur 18 % des gesamten Trainingsrahmens ausmacht, wenn 30-Sekunden-Satzzeiten und 2-minütige Pausen verwendet werden. Im Vergleich zum Spinning-Kurs war die vorhergesagte Emission von Aerosolpartikeln (unter Verwendung von Daten aus abgestuften Übungstests) niedriger (um 28 bis 53 %) als die gemessenen Daten aus realen Trainingssituation. Da mit allen 16 Testpersonen dasselbe abgestufte Belastungsprotokoll mit einem ähnlichen Trend bei der Aerosolpartikelemission durchgeführt wurde, ist es sehr wahrscheinlich, dass die erhaltenen Daten das Risiko unterschätzen, da Ermüdung und schnelle Veränderungen der Atmungsventilation nicht berücksichtigt werden.

Darüber hinaus zeigten unsere Modelldaten mit einer infizierten Person, die in einem 315 m³ großen Raum trainierte, dass das Infektionsrisiko durch eine Erhöhung der Luftwechselrate gemindert werden kann (Daten nicht dargestellt). Eine Erhöhung der Luftwechselrate auf 6 l/h, die für Innenräume empfohlen wird (Ariens, Joosten & Schriemer, 2008; Sportief, 2014), reduziert das Infektionsrisiko sowohl für trainierende als auch für nicht-trainierende Personen während des simulierten 80-minütigen Krafttrainings um etwa 20 %. Bei einem Ausdauertraining kann dieselbe Luftwechselrate das Infektionsrisiko für einen Ausdauertrainierenden um etwa 24 % und für einen nicht-trainierenden um 29 % senken. Die Bedeutung der Luftwechselrate für die Aerosolpartikelkonzentration im Raum und damit das Infektionsrisiko wurde auch von anderen Autoren aufgezeigt (Garzona-Navas et al., 2021). Sie berichteten, dass ein HEPA-Luftfilter die Konzentration von Aerosolpartikeln, die während eines 20-minütigen Ausdauertrainings erzeugt wurden, um bis zu 96 % reduzierte, verglichen mit demselben 20-minütigen Ausdauertraining ohne Filter. Diese extreme Reduktion der Aerosolpartikelkonzentration kann jedoch nur bei sehr hohen Luftwechselraten erreicht werden, die denen im Freien ähneln.

Der zweite Studienteil weist ebenso einige Limitationen auf. Erstens stammen die Daten zur Aerosolpartikelemission bei Ausdauer- und Krafttraining nicht von denselben Testpersonen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass wir hochtrainierte Kraftsportler rekrutieren mussten, um sicherzustellen, dass das charakteristische Val-salva-Manöver durchgeführt wird als auch die entsprechenden Kraftleistungen erreicht wurden. Diese Athleteninnen und Athleten wiederum waren aufgrund ihres BMI und ihrer maximalen Atemminutenventilation nicht für die Ausdauerermessung geeignet. Wir haben zudem gezielt Ausdauersportler rekrutiert, um sicherzustellen, dass die Aerosolpartikelkonzentration bei hohen Werten der Atemminutenventilation gemessen werden kann. Zweitens ist es in der Wissenschaft oft ein Problem, dass Daten aus kontrollierten Versuchen, die in vielen Fällen notwendig sind, um Messungen valide und reliabel zu gestalten, nicht vollständig auf Alltagsszenarien übertragen werden können.

Dies gilt zum Teil auch für die Bewertung der Kraftübungsbelastung in dieser Studie. Die MVC, die isometrisch gemessen wurde und einen Goldstandard für die Kraftmessung darstellt, wurde zur Bestimmung der 80 %igen Belastung verwendet. Mit 80 % ihres Ein-Wiederholungs-Maximums (1RM) sollten die Testpersonen in der Lage sein, 8-10 dynamische Wiederholungen bis zur Erschöpfung auszuführen, was einen typischen Bereich für das Hypertrophietraining in einem Fitnessstudio darstellt (Schoenfeld et al., 2017). Die isometrische MVC ist jedoch nicht gleich dem 1RM, das dynamisch ausgeführt wird, und wäre die bessere Grundlage für unsere Berechnung gewesen. Es ist jedoch schwierig, das 1RM auf standardisierte Weise zu ermitteln, weshalb wir uns für die MVC-Messung bei einem festen Knie- und Hüftwinkel entschieden haben.

4.2 Zusammenfassung Vergleich Ausdauerbelastung vs. Kraftbelastung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ein simulierter Spinning-Ausdauertrainingskurs das Infektionsrisiko um das Fünffache erhöht als eine Stunde Krafttraining, wobei von einer infizierten Person im Raum ausgegangen wird. Auch wenn sportliche Betätigung ein höheres Infektionsrisiko mit sich zu bringen scheint, bietet sie viele gesundheitliche Vorteile und sollte nicht einfach vermieden werden. In Zeiten, in denen viele Infektionen auftreten, sollte daher das Hauptaugenmerk darauf liegen, beispielsweise die Zahl der Teilnehmenden an Ausdauer-sportkursen zu begrenzen, die Luftwechselrate in der Einrichtung zu erhöhen oder hochintensive Trainingseinheiten wie HIIT-Training im Freien durchzuführen.

5 Publikationen

Der Großteil der Ergebnisse des Forschungsprojektes konnte bereits international publiziert werden bzw. befindet sich in der Begutachtungsphase. In diesen Veröffentlichungen finden sich weitere Ergebnisse, die hier aus Platzgründen nicht dargestellt werden konnten:

Mutsch, B., Heiber, M., Grätz, F., Hain, R., Schönfelder, M., Kaps, S., Schraner, D., Kähler, C. J., & Wackerhage, H. (2022). Aerosol particle emission increases exponentially above moderate exercise intensity resulting in superemission during maximal exercise. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 119(22):e2202521119. doi: 10.1073/pnas.2202521119. Epub 2022 May 23. PMID: 35605123; PMCID: PMC9295808

Schumm, B., Heiber, M., Grätz, F., Stabile, L., Buonanno, G., Hain, R., Schönfelder, M., Schraner, D., Kähler, C. J., & Wackerhage, H. *Respiratory aerosol particle emission and infection risk during resistance versus endurance exercise*. Submitted in PNAS.

6 Literatur

Almstrand, A. C., Bake, B., Ljungstrom, E., Larsson, P., Bredberg, A., Mirgorodskaya, E., et al. (2010). Effect of airway opening on production of exhaled particles. *Journal of Applied Physiology* (1985), 108(3), 584-588.

Ariens, J., Joosten, T., & Schriemer, W.a.a. (2008). *Guidebook sports accommodations (in Dutch), Handboek Sportaccomodaties: ISA Sport, NOC*NSF, Arko Sports Media BV.*

Asadi, S., Wexler, A. S., Cappa, C. D., Barreda, S., Bouvier, N. M., & Ristenpart, W.D. (2019). Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. *Scientific Reports*, 9(1), 2348.

Bagheri, G., Schlenczek, O., Turco, L., Thiede, B., Stieger, K., Kosub, J.-M., et al. (2021). Exhaled particles from nanometre to millimetre and their origin in the human respiratory tract. *medRxiv*, 2021.2010.2001.21264333

Bake, B., Larsson, P., Ljungkvist, G., Ljungstrom, E., & Olin, A. C. (2019). Exhaled particles and small airways. *Respiratory Research*, 20(1), 8.

Blackie, S. P., Fairbairn, M. S., McElvaney, N. G., Wilcox, P. G., Morrison, N. J., & Pardy, R. L. (1991). Normal values and ranges for ventilation and breathing pattern at maximal exercise. *Chest*, 100(1), 136-142.

- Buonanno, G., Morawska, L., & Stabile, L. (2020). Quantitative assessment of the risk of airborne transmission of SARS-CoV-2 infection: Prospective and retrospective applications. *Environment International*, *145*, 106112.
- Buonanno, G., Stabile, L., & Morawska, L. (2020). Estimation of airborne viral emission: Quanta emission rate of SARS-CoV-2 for infection risk assessment. *Environment International*, *141*, 105794.
- Cheng, V. C. C., Lau, S. K. P., Woo, P. C. Y., & Yuen, K.Y. (2007). Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus as an Agent of Emerging and Reemerging Infection. *Clinical Microbiology Reviews*, *20*(4), 660-694.
- Clark, J. M., Hagerman, F. C., & Gelfand, R. (1983). Breathing patterns during submaximal and maximal exercise in elite oarsmen. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology*, *55*(2), 440-446.
- Field, R. D., Moelis, N., Salzman, J., Bax, A., Ausiello, D., Woodward, S. M., et al. (2021). Inhaled Water and Salt Suppress Respiratory Droplet Generation and COVID-19 Incidence and Death on US Coastlines. *Molecular Frontiers Journal*, *05*(01n02), 17-29.
- Garzona-Navas, A., Sajgalik, P., Csecs, I., Askew, J. W., Lopez-Jimenez, F., Niven, A. S., et al. (2021). Mitigation of Aerosols Generated During Exercise Testing With a Portable High-Efficiency Particulate Air Filter With Fume Hood. *Chest*, *160*(4), 1388-1396.
- George, C. E., Scheuch, G., Seifart, U., Inbaraj, L. R., Chandrasingh, S., Nair, I.K., et al. (2022). COVID-19 symptoms are reduced by targeted hydration of the nose, larynx and trachea. *Scientific Reports*, *12*(1), 4599.
- Hackett, D. A., & Chow, C. M. (2013). The Valsalva maneuver: its effect on intra-abdominal pressure and safety issues during resistance exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *27*(8), 2338-2345.
- Hamed, R., Schenck, D. M., & Fiegel, J. (2020). Surface rheological properties alter aerosol formation from mucus mimetic surfaces. *Soft Matter*, *16*(33), 7823-7834.
- Huang, S.-H., Kuo, Y.-M., Lin, C.-W., Chen, P.-C., & Chen, C.-C. (2020). Characterization of Aerosol Emission from Single-film Rupture in a Tube. *Aerosol and Air Quality Research*, *20*(10), 2239-2248.
- Johnson, G. R., & Morawska, L. (2009). The mechanism of breath aerosol formation. *Journal of Aerosol Medicine and Pulmonary Drug Delivery*, *22*(3), 229-237.
- Loe, H., Steinshamn, S., & Wisloff, U. (2014). Cardio-respiratory reference data in 4631 healthy men and women 20-90 years: the HUNT 3 fitness study. *PLoS One*, *9*(11), e113884
- MacDougall, J. D., McKelvie, R. S., Moroz, D. E., Sale, D. G., McCartney, N., & Buick, F. (1992). Factors affecting blood pressure during heavy weight lifting and static contractions. *Journal of Applied Physiology* (1985), *73*(4), 1590-1597.
- Morawska, L., Johnson, G. R., Ristovski, Z. D., Hargreaves, M., Mengersen, K., Corbett, S., et al. (2009). Size distribution and sites of origin of droplets expelled from the human respiratory tract during expiratory activities. *Journal of Aerosol Science*, *40*(3), 256-269.
- Mutsch, B., Heiber, M., Gratz, F., Hain, R., Schonfelder, M., Kaps, S., et al. (2022). Aerosol particle emission increases exponentially above moderate exercise intensity resulting in superemission during maximal exercise. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *119*(22), e2202521119
- Schoenfeld, B. J., Grgic, J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(12), 3508-3523.

Sportief, S. O. (2014). *Guidelines for Acces Indoor Sports Accomodations (In Dutch), Richtlijnen Toegankelijkheid Indoor Sportaccomodaties* .

Wackerhage, H., Everett, R., Krüger, K., Murgia, M., Simon, P., Gehlert, S., et al. (2020). Sport, Exercise and COVID-19, the Disease Caused by the SARS-CoV-2 Coronavirus. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, Volume 71*(No. 5), E1-E12 doi

Wilson, N. M., Marks, G. B., Eckhardt, A., Clarke, A., Young, F., Garden, F. L., et al. (2021). The effect of respiratory activity, ventilatory therapy and facemasks on total aerosol emissions. *medRxiv*, 2021.2002.2007.21251309

(Spitzen-)Trainer und Medien:

Eine Analyse zur Wahrnehmung und Bewertung der Doping-Berichterstattung und die Auswirkung auf die Trainingsarbeit

(AZ 070301/20-21)

Johanna Schmickler¹, Nils Olson², Thorsten Schulz² & Michael Schaffrath¹ (Projektleitung)

¹Technische Universität München, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaften, Arbeitsbereich für Medien und Kommunikation

²Technische Universität München, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaften, Lehrstuhl für Präventive Pädiatrie

1 Problem

Das Phänomen des Dopingbetrugs ist nahezu so alt wie der Hochleistungssport selbst und immer noch ein omnipräsentes Problem des Spitzensports. Im Kern versteht man unter Doping nach dem Nationalen-Anti-Doping-Code „[den] Gebrauch oder [den] Versuch des Gebrauchs einer verbotenen Substanz oder einer verbotenen Methode“ (NADA, 2021, S. 9) zur Steigerung der sportlichen Leistungsfähigkeit.

Auf zahlreiche Fälle mag dies auch so zutreffen: Einem Athleten oder einer Athletin wird im Zuge der Dopingkontrolle eine unerlaubte Substanz nachgewiesen, die eine Suspendierung oder Wettkampfsperre zur Folge hat. Allerdings hat sich die Dopingproblematik im Spitzensport längst von gesundheitlichen und substanziellen Aspekten zu einer moralisch aufgeladenen Diskussion verlagert. Die Historie dokumentiert einzelne Skandale, die sich durch ihre besondere Brisanz von anderen Dopingdelikten abheben. Dabei handelte es sich weniger um den positiven Befund einer Dopingprobe, sondern um die Enthüllung einer lange Zeit verkannten systemischen Komponente des Dopings. Zu nennen sind dabei unter anderem die Dopingaffären im nationalen und internationalen Radsport zwischen 2006 und 2013, die Aufdeckung des russischen Staatsdopings 2014 sowie die „Operation Aderlass“ im Jahr 2019, bei der eines der vielleicht größten Doping-Netzwerke Europas enttarnt werden konnte. Diese Dopingskandale fokussieren wie in einer Art Brennglas, dass es sich beim Doping nicht allein um das Fehlverhalten oder

(seit der Einführung des Anti-Doping-Gesetzes 2015) die Straftaten übermotivierter Athletinnen bzw. Athleten handelt, sondern um einen „Konstellationseffekt, der durch eine Vielzahl von Akteuren erzeugt wird“ (Bette & Schimank, 2006, S. 19). Zu diesen Personenkreis gehören primär Gruppen des Spitzensports, wie Sportlerinnen und Sportler, medizinisches Personal sowie Trainerinnen und Trainer, aber auch Personen aus den Bereichen der Wirtschaft, Politik, Wissenschaft, Medizin, des Journalismus bis hin zum sportbegeisterten Publikum (Bette & Schimank, 2006). Alle artikulieren direkt oder indirekt den Erwartungshorizont und generieren den Leistungsdruck, der mit dazu führen kann, dass Aktive dopen.

Die Enthüllungen um die Strukturpolitik der Dopingskandale geben Anlass dazu, die Annahme, Doping sei allein auf die individuelle Entscheidung eines Athleten oder einer Athletin zurückzuführen, kritisch zu hinterfragen. Eine Akteurskonstellation, der innerhalb des Spitzensports und auch in Bezug auf Dopingverstöße eine besondere Stellung zuteilwird, ist die Beziehung zwischen den Athletinnen bzw. Athleten und ihren Trainern bzw. Trainerinnen. Ganz allgemein gesprochen: Ein Trainer oder eine Trainerin findet sich in einem komplexen Beziehungsgeflecht mit wechselseitigen Abhängigkeitsverhältnissen zum Verband, den Sponsoren, dem Publikum und der Öffentlichkeit wieder. Die Arbeit im Profibereich erfordert ein hohes Maß an Führungsqualitäten, da Aufgaben mit der Zeit zunehmend komplexer und zeitintensiver geworden sind.

Als Repräsentanten bzw. Repräsentantinnen einer Mannschaft oder eines Sportlers oder einer Sportlerin stehen sie vermehrt im Fokus der medialen Berichterstattung, nehmen an Pressekonferenzen teil, geben Interviews und bearbeiten zudem Marketing-Anfragen (Schützeneder, 2019). Aus Sicht von Sportjournalistinnen und -journalisten ist der oder die „Trainer[*in] im Erfolgsfall häufig alleiniger Heilsbringer, in einer Krise noch schneller der einzige Sündenbock“ (Schützeneder, 2019, S. 196). Anzunehmen ist deshalb auch, dass Trainerinnen und Trainer in Verbindung mit der Bekanntgabe von Dopingverstößen von den Medien kritisch begutachtet werden.

Wie beispielsweise an den Recherchen und Veröffentlichungen der ARD-Doping-Redaktion unter Leitung von Hajo Seppelt zu sehen ist, können Medien den Kampf gegen Doping unterstützen. Allerdings machen investigative „Anti-Doping Journalistinnen bzw. -journalisten“, die auch Hintergrundstrukturen und Konstellationen zwischen Akteursgruppen thematisieren, nur eine Minderheit im Kollektiv dieser Personengruppe aus (vgl. Schaffrath et al., 2016; Schaffrath et al., 2019). Die Tatsache, dass sich der Journalismus verhältnismäßig wenig mit der Dopingproblematik beschäftigt oder Doping nur dann thematisiert wird, wenn sich die Brisanz und Tragweite eines Skandals nicht mehr verkennen lassen, wird von vielen Seiten beanstandet (vgl. Ihle & Nieland, 2013; Meier et al., 2013; Schauerte & Schwier, 2015). Ursachen für die unzureichende Berichterstattung sind unter anderem fehlende Fachkenntnisse und mangelnde Kompetenzen der Sportjournalisten bzw. -journalistinnen im Umgang mit dem Thema Doping (Olson et al., 2021). Als „heuchlerisch“ und „inkompetent“ wurde die Art und Weise der Dopingberichterstattung auch aus Sicht mancher Spitzensportakteurinnen bzw. -akteure beurteilt (Schaffrath, 2006, S. 336-340). Die Soziologen Bette und Schimank (2006) werfen den Medien einen opportunistischen Umgang mit dem Thema Doping vor, der zu einer weit verbreiteten journalistischen Selektivität und publizistischen Ignoranz führe. Mediale Berichterstattung ist mitunter wesentlich für den Wettbewerbscharakter des Spitzensports mitverantwortlich, indem sie der Sieg-Nieder-

lage-Logik folgt und dadurch den Erfolgsdruck insbesondere auf die Aktiven verstärkt. Doch wird die eigene Rolle, die den Medien in Bezug auf die Dopingproblematik zuteilwird, oft nicht reflektiert, sondern vielmehr konsequent ignoriert. Die Medien haben sich noch nicht als „Mitverursacher des Doping-Problems“ entdeckt (Bette, 2007, S. 193).

Inwieweit Akteure und Akteurinnen aus dem Spitzensport meinen, dass Medien und Journalistinnen und Journalisten durch ihre Berichterstattung Erwartungshaltungen an den Leistungssport derart forcieren und so den Gebrauch unerlaubter Mittel und Methoden zur Leistungssteigerung zumindest begünstigen, wurde bislang nicht empirisch untersucht. Aus der Befragung von Schaffrath (2006) lassen sich aus den monierten Kritikpunkten von insgesamt 62 Befragten des Spitzensports gegenüber der Dopingberichterstattung zwar Annahmen ableiten, jedoch ermöglichen die Aussagen keine generalisierbaren Schlussfolgerungen. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass der Untersuchungszeitraum von 2001 bis 2002 zu veraltet ist, um aktuelle Tendenzen ableiten zu können, welche gerade vor dem Hintergrund der Dopinggeschehen der letzten Jahre neu geprüft werden sollten. Die allgemeinen strukturellen Kopplungen zwischen den Subsystemen Spitzensport und Sportjournalismus wurden aus systemtheoretischer Perspektive sowie deren facettenreichen persönlichen Interaktionen bereits in qualitativen Studien thematisiert (vgl. Schaffrath, 2006; Bernhart, 2009). Auch hinsichtlich der konkreten systemischen und personellen Konstellationen zwischen Spitzensport und Sportjournalismus im Kontext Doping existieren verschiedene theoretische Beschreibungen (vgl. Bette & Schimank, 1995, 2006; Bette, 2007; Bette, 2008) sowie Untersuchungen aus der Sicht von Sportjournalistinnen bzw. -journalisten (vgl. Kautz, 2011; Schaffrath et al., 2016; Schaffrath et al., 2019; Schützeneder, 2019). Empirische Studien, die die Perspektiven von Trainern und Trainerinnen auf die mediale Berichterstattung und insbesondere in Bezug auf das Sujet Doping untersuchen, gibt es bislang nicht. Zwar thematisierte Schützeneder (2019) in seiner Studie den Zusammenhang zwischen Profitrainerinnen bzw. -trainern und Sportjournalismus, jedoch

stützen sich die Ergebnisse ausschließlich auf die Perspektive von Sportjournalisten und -journalistinnen.

Ziel der vorliegenden Studie war es zu evaluieren, wie Trainerinnen bzw. Trainer die Dopingberichterstattung wahrnehmen und diese bewerten. Außerdem sollte das Verhältnis zwischen Trainern bzw. Trainerinnen und Sportjournalisten bzw. -journalistinnen untersucht und erfasst werden, wie die erstgenannte Gruppe die Kompetenz der zweitgenannten beurteilt. Schließlich beschäftigte sich die Studie mit der Frage, wie Trainerinnen und Trainer den medialen Erfolgsdruck wahrnehmen und inwieweit die Trainingsarbeit durch Medienberichte beeinflusst wird.

2 Methoden

Bei der vorliegenden Querschnittstudie handelt es sich um ein Mixed-Methods-Studiendesign. Zunächst wurde eine quantitative Datenerhebung mittels einer Online-Befragung über die Fragebogensoftware *EFS Survey-Unipark* (Tivian XI GmbH, Hürth, Deutschland) durchgeführt. Über die Kontaktdatenbank der *Trainerakademie in Köln* und zusätzlichen von der Projektgruppe der TU München durchgeführten Kontaktrecherchen über die offiziellen Verbandswbseiten wurden N = 2.508 Trainerinnen und Trainer des deutschen Spitzensports in die Studie eingeschlossen und um eine Teilnahme gebeten. Für die Recherche der Kontaktdaten wurden auf der Bundes- und Landesebene alle über den Deutschen Olympischen Sportbund (DOSB) gelisteten Spitzensportverbände der olympischen Sportarten eingeschlossen. Einen essentiellen Bestandteil des deutschen Leistungssports stellen neben den Spitzenverbänden in einigen Sportarten darüber hinaus die Bundesligen dar. Besonders vor dem Hintergrund, dass das vorliegende Forschungsprojekt die mediale Berichterstattung thematisiert, wurde es als unerlässlich angesehen, die Cheftrainer und -trainerinnen der Bundesligen aufgrund ihrer umfänglichen Medienpräsenz ebenfalls im Rahmen der Online-Befragung zu adressieren. Demnach wurden die Trainerinnen bzw. Trainer der Herren- und Damen-Mannschaften, die zum Zeitpunkt der Recherche in den Profi-

Ligen organisiert waren, für folgende elf Sportarten ergänzend erfasst: Badminton, Basketball, Eishockey, Fußball, Gewichtheben, Handball, Hockey, Ringen, Tennis, Turnen und Volleyball.

Der Befragungszeitraum der Online-Umfrage startete am 08. Dezember 2020 mit dem Versand des Einladungsschreibens und endete am 26. März 2021. Dazwischen wurden zwei Reminder verschickt. Die Endversion des Fragebogens enthielt je nach Filterführung maximal 42 zu beantwortende Fragen, davon zwei offene Fragetypen, zehn Fragen mit der optionalen offenen Kategorie, drei Fragen mit der Möglichkeit für Mehrfachnennungen und insgesamt 137 Items. Aus Sukzessionsgründen wurden Fragen aus unterschiedlichen Themenbereichen an verschiedenen Stellen der Umfrage positioniert und thematisch brisante Fragen eher gegen Mitte bis Ende gestellt sowie in ihrer Abfolge teilweise getrennt. Mittels Likert-Skalen wurden die Trainerinnen und Trainer um ihre persönliche Einschätzung zu verschiedenen Statements gebeten. Pflichtfragen gab es keine, zudem wurde den Befragten die Möglichkeit gegeben, „keine Angabe“ zu klicken.

Die statistische Auswertung der quantitativen Datenerhebung erfolgte mit SPSS Statistics 25 (IBM, Chicago, Illinois). Nach der deskriptiven Ergebnisaufbereitung wurden weitere Berechnungen zur Untersuchung von Gruppenunterschieden und zentralen Tendenzen durchgeführt. Dazu wurde die Stichprobe nach folgenden Kategorien eingeteilt: Geschlecht, NADA-Risikogruppe¹, zuletzt abgeschlossene Trainer-Lizenz und Arbeitsverhältnis. Um Aussagen über Unterschiede zwischen den aufgeführten Kategoriegruppen treffen zu können, wurden in Abhängigkeit unterschiedlicher statistischer Voraussetzungen, wie dem Skalenniveau, der Homogenität, Gruppenanzahl und Verteilungsschemata, parametrische und nicht-parametrische Testverfahren angewendet. Ebenso wurden Rangkorrelationsanalysen zur Überprüfung von Zusammenhängen zwischen

1 Auf Basis der Verbandszugehörigkeit der Trainerinnen bzw. Trainer wurde eine Einteilung in Anlehnung an die NADA-Risikogruppen vorgenommen, die jeweilige Sportart konnte aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht erfasst werden. Im vorliegenden Projekt wurden die Verbände stets der Risikogruppe mit höherem Dopingrisiko zugeordnet.

einigen Items und den Ergebnissen zur Medienbeschäftigung und Interviewhäufigkeit durchgeführt. Für alle statistischen Analysen lag das Signifikanzniveau bei $p < 0,05$.

In einem zweiten Methodenschritt wurde die quantitative Befragung durch qualitative teilstandardisierte Interviews ergänzt, um die Auffassung von Trainerinnen und Trainern hinsichtlich der Dopingberichterstattung explorativ zu beleuchten. Inhaltlich orientierte sich der Leitfaden an den Themen der Online-Umfrage. Aufgrund der landesweiten Maßnahmen mit Beschränkung der sozialen Kontakte zur Eindämmung der Covid-19-Pandemie wurden anstelle eines persönlichen Interviews die Gespräche als Video-Konferenz abgehalten. Für die Leitfadengespräche wurden gezielt Spitzentrainer und -trainerinnen dopingintensiver Sportarten ausgewählt. Darüber hinaus wurde auch mindestens ein Cheftrainer bzw. eine -trainerin mit einer Tätigkeit in einem Bundesligaverein eingeschlossen, um eine gewisse Repräsentanz herstellen zu können. Schließlich konnten insgesamt fünf Leitfadengespräche mit Bundes- und Landestrainerinnen bzw. -trainern aus den Sportarten Gewichtheben, Turnen, Radsport, Handball und Schwimmen durchgeführt werden. Die Leitfadengespräche fanden im Zeitraum zwischen dem 13. April 2021 bis 25. Mai 2021 statt, wurden anschließend transkribiert und nach ihren Kernaspekten paraphrasiert (vgl. Schaffrath, 2006; Gläser & Laudel, 2010). Der Aufzeichnung der Interviews stimmten alle fünf Beteiligten zu. Allen Befragten wurde Anonymität zugesichert, weswegen auf namentliche Kennzeichnung der Gesprächspartnerinnen und -partner verzichtet wird. Innerhalb von Passagen, die Rückschlüsse zulassen könnten, wurden die Sportarten und Namen von Personen zum Teil zusätzlich anonymisiert.

3 Teilergebnisse

Im Rahmen der Online-Befragung wurde eine Vielzahl an unterschiedlichen Teilgebieten abgefragt. Die Präsentation der Ergebnisse fokussiert die Einschätzung der Kompetenz von Sportjournalistinnen und -journalisten sowie Wahrnehmungen und Meinungen der Trainer und Trainerinnen bezüglich der Dopingberichterstattung.

Insgesamt nahmen $N = 851$ Trainerinnen und Trainer (12,2 % weiblich, $46,9 \pm 11,8$ Jahre) der $N = 2.508$ kontaktierten Personen an der Online-Befragung teil, $N = 634$ davon füllten sie vollständig bis zum Ende aus. Die größte Gruppe machten Trainer und Trainerinnen im Bereich der Leichtathletik aus (vgl. Tab. 1). Vier der Befragten gaben an, im Deutschen Behindertensportverband tätig zu sein und weitere $N = 18$ Personen konnten keinem der aufgeführten Verbände zugeordnet werden.

Aus den Angaben zur zuletzt abgeschlossenen Trainerinnen- bzw. Trainer-Lizenz ging hervor, dass 85,0 % ($N = 544$) der Befragten in ihrer jeweiligen Spitzensportart entweder eine A-Lizenz besaßen oder den höchsten Ausbildungsabschluss als Diplomtrainer oder -trainerin beziehungsweise ein sportwissenschaftliches Studium absolviert haben. Im Durchschnitt betreuten die Trainerinnen und Trainer zum Zeitpunkt der Umfrage 24 ± 35 Aktive.

Um die Intensität von Kontakten zwischen Trainern bzw. Trainerinnen und den Medien einordnen zu können, wurde die mediale Beschäftigungsintensität erhoben. Im Mittel nutzten die Teilnehmenden ($N = 766$) $5,03 \pm 4,79$ Stunden pro Woche die Medien, um sich über das allgemeine Sportgeschehen zu informieren, und insgesamt $3,56 \pm 3,75$ Stunden verwendeten Trainerinnen bzw. Trainer ($N = 777$) darauf, um Informationen über das Geschehen in ihrer jeweiligen Sportart durch die Medien zu beziehen. Hinsichtlich der Interviewhäufigkeit legten die Ergebnisse dar, dass sie ($N = 754$) durchschnittlich $7,18 \pm 19,75$ Mal in den vergangenen 12 Monaten von Sportjournalisten bzw. -journalistinnen interviewt wurden. Nur 3,8 % der Interviews thematisierten davon den Bereich Doping. 86,5 % der Trainerinnen und Trainer wurden im vergangenen Jahr gar nicht zu Doping befragt.

3.1 Wahrnehmung der Dopingberichterstattung

Ermittelt wurde zunächst, inwieweit Trainerinnen und Trainer an der medialen Berichterstattung über Doping in ihrer jeweiligen Sportart interessiert sind. Aus den Antworten ging hervor, dass sich die Mehrheit (59,8 %) tendenziell stark oder sehr stark dafür interessierte.

Tab. 1: Verteilung der Stichprobe nach Risikogruppe und olympischem Spitzenverband (N = 630)

Risikogruppe A (N = 275)		Risikogruppe B (N = 233)		Risikogruppe C (N = 100)	
Bob / Schlitten	9	Baseball / Softball	1	Badminton	13
Eisschnelllauf	3	Boxen	6	Bergsport	0
Gewichtheben	9	Basketball	20	Curling	4
Kanu	12	Eishockey	16	Eiskunstlauf	10
Leichtathletik	99	Fechten	14	Golf	11
Radsport	16	Fußball	16	Moderner Fünfkampf	4
Rudern	23	Handball	24	Reitsport	4
Schwimmen	26	Hockey	24	Rollsport	1
Ski	47	Judo	24	Schießsport	23
Triathlon	9	Karate	5	Segeln	8
Turnen	22	Ringen	18	Snowboard	7
		Rugby	6	Taekwondo	14
		Tennis	19	Tanzsport	1
		Tischtennis	15	Wellenreiten	0
		Volleyball	25		

Zwischen den drei Risikogruppen zeigte der Kruskal-Wallis-Test statistisch signifikante Unterschiede ($H(2) = 22.619, p < 0,001$) (vgl. Abb. 1).

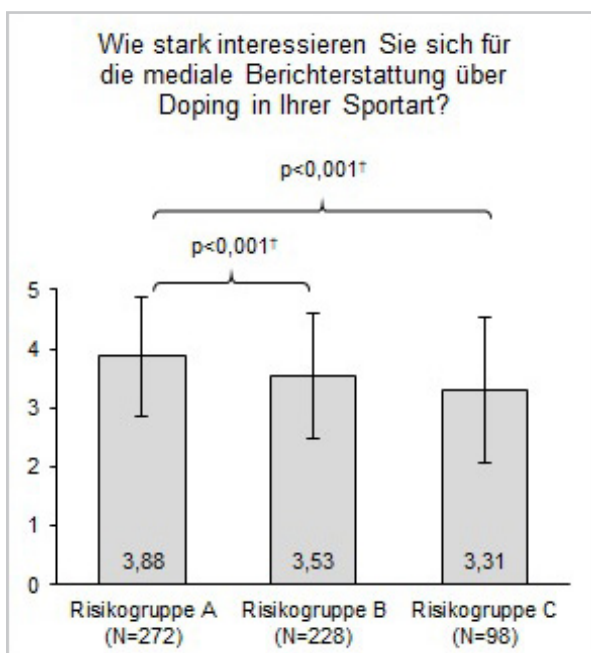


Abb. 1: Mittelwerte±Standardabweichung; 1 = „gar nicht“, 5 = „sehr stark“

Gegenüber den Trainern und Trainerinnen der Risikogruppen C ($z = 4.079, p < 0,001$) und B ($z = 3.710, p < 0,001$) interessierten sich diejenigen in den Sportarten mit einem hohen Dopingrisiko (Risikogruppe A) tendenziell stärker für die mediale Berichterstattung über Doping.

Die deutliche Mehrheit (79,8 %) der Trainerinnen und Trainer beurteilte den Einfluss der Medien auf den Spitzensport im Allgemeinen als hoch. In Hinsicht auf die Trainertätigkeit wurde der Einfluss der Medien von knapp der Hälfte (47,5 %) von ihnen als gering beurteilt, demgegenüber von 27,5 % als eher hoch empfunden. Die mediale Einwirkung auf Aktive bewerteten die Trainer und Trainerinnen tendenziell höher als noch in Bezug auf ihre eigene Trainertätigkeit. Insgesamt 38,1 % befanden den Einfluss als hoch, 29,2 % empfanden diesen als gering. Zwischen den Befragten der drei Risikogruppen gab es Unterschiede in der Beantwortung des Items hinsichtlich der Einschätzungen zum medialen Einfluss auf die Gruppe der Athletinnen und Athleten ($H(2) = 7.903, p = 0,019$). Im Vergleich zu Trainern und Trainerinnen der Sportarten mit einem hohen Dopingrisiko (Risikogruppe

A) empfanden Personen der Risikogruppe B den Einfluss der Medien auf die Sportlerinnen und Sportler als signifikant niedriger ($z = 2.571$, $p = 0,030$).

Hinsichtlich der Einflussrichtung gab eine deutliche Mehrheit (72,1 %) der Trainerinnen und Trainer an, dass mediale Berichterstattung über das Thema Doping sie nicht in ihrer Arbeit beeinflusse. Die zwei Pole in negative und positive Richtung waren hingegen ungleich besetzt. So war der größere Teil tendenziell der Meinung, dass Dopingberichterstattung sich eher positiv (20 %) als negativ (8 %) auf sie auswirke.

Dopingberichterstattung konzentriert sich nach Auffassung der befragten Trainer und Trainerinnen nur auf wenige Sportarten. Im Doping-Kontext wünschen sie sich, dass ihre Meinung öfter im Zusammenhang von Recherchen gehört wie auch von den Medien zitiert wird (vgl. Abb. 2). Generell wurde der Umfang der Dopingberichterstattung in Bezug auf die eigene Sportart von 78,6 % der Trainerinnen und Trainer für angemessen empfunden. Nach dem Kruskal-Wallis-Test ($H(2) = 32.292$, $p < 0,001$) und Prüfung auf Gruppenunterschiede empfanden die Risikogruppen B ($z = 4.609$, $p < 0,001$) und C ($z = 4.675$, $p < 0,001$), den Umfang der Dopingberichterstattung für tendenziell angemessener als diejeni-

gen aus Sportarten mit hohem Dopingrisiko (Risikogruppe A). Der von Medien aufgebaute Erfolgsdruck wurde außerdem von mehr als der Hälfte (58,9 %) der Trainer und Trainerinnen als verantwortlich für die Dopingproblematik im Spitzensport gesehen.

3.2 Kompetenzeinschätzungen gegenüber Sportjournalistinnen und -journalisten

Die Befragten wurden gebeten, auf einer fünfstufigen Likert-Skala, die sportfachliche Kompetenz von Sportjournalisten und -journalistinnen in drei Items zu bewerten (vgl. Tab. 2). Trainerinnen und Trainer hielten Sportjournalistinnen und -journalisten in Bezug auf deren sportfachliche Kenntnisse und die Dopingberichterstattung für nur teilweise kompetent. Hinsichtlich der Kenntnisse über die Trainertätigkeit erachteten die Befragten Sportjournalisten und -journalistinnen hingegen als eher nicht kompetent. Zudem konnten durch die Rangkorrelationsanalysen zwischen den Angaben zur Kompetenzeinschätzung und Interviewhäufigkeit signifikante Zusammenhänge dokumentiert werden (vgl. Tab. 2). Je höher die Anzahl an Interviews in den letzten zwölf Monaten war, desto weniger kompetent beurteilten Trainerinnen und Trainer die sportfachliche Kompetenz ($r_s = -0,073$; $p = 0,047$) sowie die Kompetenz bezüglich der Dopingberichterstattung von Sportjournalisten und -journalistinnen ($r_s = -0,132$; $p < 0,001$). In beiden Fällen handelte es sich nach Cohen (1988) um einen signifikanten aber schwachen Effekt.

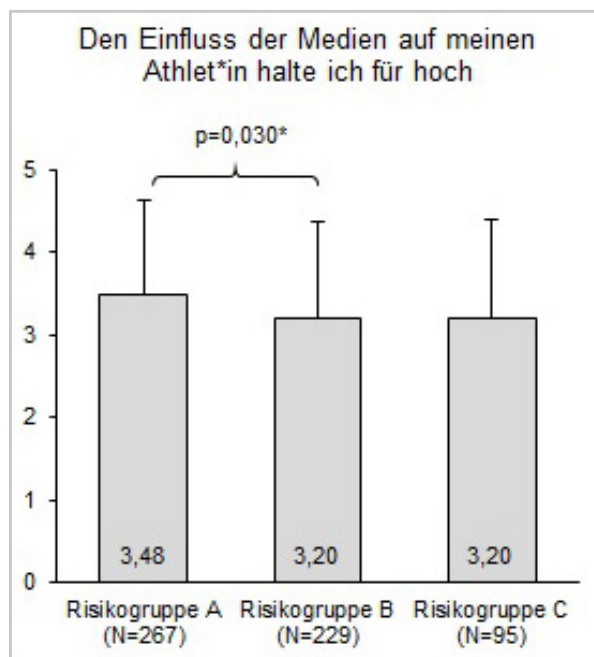


Abb. 2: Mittelwerte±Standardabweichung;
1 = „trifft gar nicht zu“, 5 = „trifft voll und ganz zu“

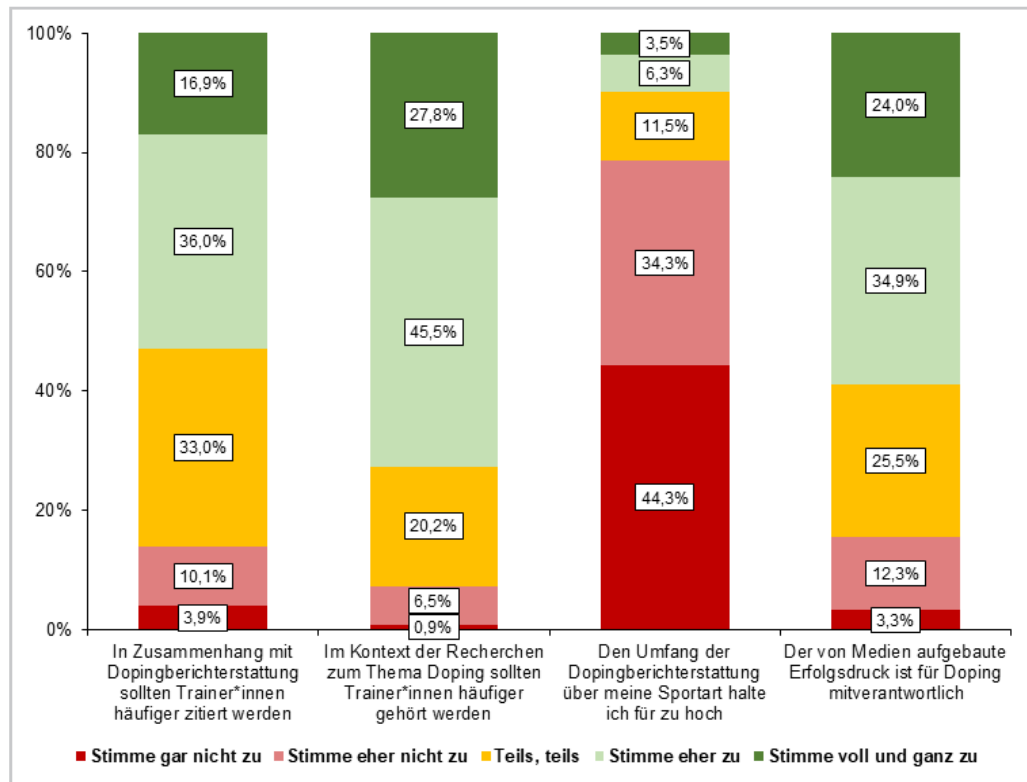


Abb. 3: Wahrnehmung der Dopingberichterstattung [Angaben auf eine Nachkommastelle gerundet]; N = 663-691

Tab. 2: Interviewhäufigkeit und Kompetenz [Mittelwerte±Standardabweichung]: Rangkorrelationsanalyse

Item	MW±SD	N	r _s	p-Wert
Wie beurteilen Sie die sportfachliche Kompetenz von Sportjournalistinnen und -journalisten, die über Ihre Sportart berichten?	2,97 ± 0,903	764	-0,073*	0,047
Wie beurteilen Sie die Kompetenz von Sportjournalistinnen und -journalisten im Hinblick auf deren Kenntnisse über Ihre Tätigkeit als Trainerin bzw. Trainer?	2,35 ± 0,826	749	0,024	0,518
Wie beurteilen Sie die Kompetenz von Sportjournalistinnen und -journalisten im Bereich der Dopingberichterstattung?	3,00 ± 0,893	717	-0,132 [†]	< 0,001

*p<0,05; †p<0,001

3.3 Ergebnisse der qualitativen Leitfadengespräche

Beim Blick auf die Kompetenz in der Berichterstattung über Doping verweisen die Traineeinnen und Trainer im Allgemeinen auf eine große Heterogenität zwischen Sportjournalisten und -journalistinnen. Es wurde angemerkt, dass es sich nur um einzelne Personen handelt, die qualitativ hochwertig über Dopingvergehen oder dopingbezogene Themen berichten. Aus den Leitfadengesprächen ging weiter hervor, dass die Trainer bzw. Trainerinnen größten-

teils mit Sportjournalisten bzw. -journalistinnen in Kontakt stehen, welche ihrer Meinung nach über ein sportfachliches Hintergrundwissen verfügen und demnach auch eine größere Kompetenz hinsichtlich der Kenntnisse über die Arbeit im Trainerbereich vorweisen können. Insbesondere das persönliche Verhältnis und Vertrauen durch langjährige Zusammenarbeit ist ausschlaggebend dafür, welche Informationen an die Medien weitergegeben werden. „Es gibt Personen, mit denen kann ich offen sprechen, wo ich weiß, ich kann mich darauf verlassen, dass Dinge, die intern bleiben müssen, nicht geschrie-

ben werden, aber trotzdem vielleicht für den Journalisten wichtig sind und das Gesamte, um die Zusammenhänge zu verstehen. (...) Auf der anderen Seite gibt es Personen, die von mir – um ehrlich zu sein – keine Informationen bekommen, außer das belanglose Gespräch, weil ich genau weiß, ich kann solche Informationen nicht weitergeben.“ Allerdings wurde die Frage, inwieweit sich Trainer und Trainerinnen kompetent von Sportjournalistinnen und -journalisten verstanden fühlen, auch „mit einem Nein und Ausrufezeichen dahinter“ beantwortet. Es wurde moniert, dass es Sportjournalisten bzw. -journalistinnen an einem vollumfänglichen Wissen hinsichtlich der Tätigkeit im Trainerbereich und verbandsbezogener Abläufe fehle, wonach sich Trainerinnen und Trainer nicht immer von den Medien verstanden fühlen.

An der Dopingberichterstattung waren die interviewten Trainerinnen und Trainer interessiert, betonten insbesondere, dass die Aufklärung über die Hintergründe wichtig sei. „Ich will natürlich auch als Trainer [...] auch am liebsten immer direkt irgendwelche Hintergrundinfos und im Prinzip alles, was man jetzt gerade weiß und worum es geht, haben. [...] Aber, ich glaube, in der Operation Aderlass war es ganz okay, weil aber auch vielleicht kein Deutscher involviert war, also nicht so direkt. Die deutschen Medien, finde ich, sind immer sehr ketzerisch [...]. Also, man wird in Deutschland von den Medien sehr schnell sehr hoch gefeiert und genauso schnell wird man aber auch zerstört, wenn es mal nicht so läuft.“

Eine indizienbasierte Berichterstattung wurde abgelehnt, denn nach Auffassung der Trainerinnen und Trainer müssen die von den Medien öffentlich ausgesprochenen Dopinganschuldigungen durch Beweise gestützt werden. Darüber hinaus wurde gefordert, dass von den Medien in Bezug auf Doping „nicht nur über die Negativfälle [berichtet werden soll], sondern [...] vielmehr Rolemodels [dargestellt werden sollen] [...] und [...] man diesen Athleten auch zugesteht, dass sie halt von Natur aus so hochbegabt sind und nicht da schon wieder unterschwellig sagt, solche Leistungen sind nur mit Doping zu erreichen. Und da muss, glaube ich, die Presse keine Verdachtsmomente aussprechen, wo keine sind, aber da müssen auch die Athleten untereinander gut miteinander umgehen und nicht dem anderen vielleicht unterstellen: Der war heute besser.“

Ähnlich wie in der quantitativen Befragung beanstandeten in den qualitativen Leitfadengesprächen die Trainer und Trainerinnen die Fokussierung der Sportberichterstattung auf einzelne Sportarten, insbesondere den Fußball, der dann aber in der Dopingberichterstattung nahezu keine Rolle spielt. „Also wir haben in den letzten Jahren so viele gute Deutsche [Sportart] gehabt, die dann halt bei weltklassebesetzten [Wettkämpfen] [...] Sechster, Siebter, Achter geworden sind. Da hat man in den Medien nichts von gelesen oder selbst in der Sportschau nichts davon gehört. In der Sportschau eben ist halt Fußball und dann kommt erst einmal nichts und das ist halt schade. Das ist im Prinzip so auf, ich sage mal, auf zwei, drei Sportarten in Deutschland einfach reduziert [...]“

4 Diskussion

Erstmalig wurden mit dieser Studie die Perspektiven und Wahrnehmungen von Trainerinnen und Trainern im deutschen Spitzensport auf die Dopingberichterstattung und die Kompetenzeinschätzung gegenüber den Medien wissenschaftlich untersucht und gleichzeitig analysiert, inwieweit sich mediale Berichterstattung auf die Trainingsarbeit auswirkt.

Das Interesse an der Dopingberichterstattung unter Trainern und Trainerinnen ist tendenziell hoch, besonders bei denen aus Sportarten mit hohem Dopingrisiko. Die von Schaffrath (2006) interviewten Aktiven im Spitzensport – hier vor allem Athletinnen – monierten, dass der mediale Fokus auf den Sieg sowie die Kritik bei weniger guten Leistungen Erwartungsdruck erzeuge. Entsprechend wurde die Hypothese abgeleitet, dass sich die mediale Präsenz auch auf die Trainertätigkeit auswirkt. Entgegen dieser Annahme wird nach Meinung der Trainerinnen und Trainer dieser Befragung die Trainerarbeit durch Sportberichterstattung jedoch nur wenig beeinflusst. Gleiches gilt auch für Berichterstattung zum Thema Doping, die auf die Arbeit im Trainerbereich weder positiv noch negativ einwirkt. In ihrer Untersuchung fand Bernhart (2009), dass sich die durch Medien erzeugten Erfolgserwartungen auf die sportliche Leistung von Athletinnen und Athleten auswirken und von ihnen sowohl als Druck, aber auch als zusätzli-

che Motivation wahrgenommen werden. Bestätigend dazu zeigt auch die vorliegende Studie, dass Sportberichterstattung nach Auffassung von Trainer und Trainerinnen einen hohen Erfolgsdruck auf den Spitzensport im Allgemeinen, wie auch auf seine zentralen Figuren, die Aktiven, ausübt. Besonders in den Sportarten mit hohem Dopingrisiko hielten die Trainerinnen und Trainer den Einfluss der Medien eher für zu groß, im Unterschied zu denen anderer Sportarten. Wie auch schon Bernhart (2009) zeigen konnte, kann die mediale Berichterstattung sowohl fordernd, aber auch motivierend auf die sportliche Leistung der Aktiven wirken.

Entscheidend dafür, wie Medienberichte von Akteuren und Akteurinnen, Sportlerinnen und Sportlern bzw. Trainern und Trainerinnen wahrgenommen werden, ist das Medium, der Inhalt der Botschaft sowie der verantwortliche Journalist bzw. die verantwortliche Journalistin (vgl. Bernhart, 2009; Schützeneder, 2019). Die vorliegende Studie liefert weitere Erkenntnisse zur Analyse des Verhältnisses zwischen Trainern und Trainerinnen bzw. Sportjournalistinnen und -journalisten. Zunächst fielen die Kompetenzeinschätzungen zwischen den einzelnen Trainern und Trainerinnen ambivalent aus, denn *„wie in jedem Beruf [gibt es] Unterschiede in der Qualität der Journalisten“*, wurde im Leitfadengespräch erklärt. Trotzdem geht aus den Ergebnissen klar hervor, dass Trainerinnen und Trainer die unzureichenden Kenntnisse der Journalisten und Journalistinnen über ihre Trainertätigkeit bemängeln. Ein kollegiales und wertschätzendes Verhältnis pflegen Trainer und Trainerinnen insbesondere mit Journalistinnen und Journalisten, die ein sportfachliches Experten- und Hintergrundwissen vorweisen und sportliche Leistungen unter Berücksichtigung des Gesamtkontextes beurteilen können. Beim heiklen Sujet Doping erwarten Trainerinnen und Trainer eine umfassende Recherche der Medien und lehnen eine auf Indizien gestützte Berichterstattung eindeutig ab. Dieser Auffassung waren die von Schaffrath et al. (2019) befragten Sportjournalisten bzw. -journalistinnen eher weniger und fanden es durchaus gerechtfertigt, im Rahmen der Berichterstattung manchen Athletinnen bzw. Athleten mit einer grundsätzlichen Skepsis gegenüberzutreten.

Übereinstimmender Meinung waren Trainerinnen bzw. Trainer und die von Schaffrath et al. (2019) befragten Sportjournalistinnen bzw. -journalisten, dass Dopingberichterstattung eine große Selektivität aufweise und sich nur auf wenige Sportarten fokussiere. Tatsächlich empfanden Trainerinnen und Trainer, unabhängig von ihrer Sportart, den Umfang an Dopingberichterstattung als eher gering. Für die Zukunft ist neben einer umfassenden Aufklärung über Doping-Hintergründe für die Trainer bzw. Trainerinnen auch wichtig, dass sie im Kontext von Doping-Recherchen häufiger gehört und zitiert werden. Die Kompetenz von Sportjournalisten bzw. -journalistinnen im Bereich der Dopingberichterstattung bewerteten Trainerinnen und Trainer als durchschnittlich. Interessanterweise fiel die Bewertung der Dopingberichterstattungskompetenz schlechter aus, je öfter Trainer bzw. Trainerinnen interviewt wurden. Bei den Sportjournalistinnen und -journalisten konnten in der Abfrage dopingbezogener Kenntnisse von Olson et al. (2021) subjektiv empfundene Kompetenzdefizite und objektivierbare Wissenslücken nachgewiesen werden. Aus Trainer-sicht spielt die Kompetenzeinschätzung zwar eine entscheidende Rolle, welche Inhalte an die Medien kommuniziert werden, jedoch wurde die Kompetenz im Bereich der Dopingberichterstattung als durchschnittlich bewertet.

Der von den Medien aufgebaute Erfolgsdruck ist aus Trainerperspektive in dieser Studie für die Dopingproblematik klar mitverantwortlich. Als Erklärungsansatz dienen auch die Aussagen in den qualitativen Leitfadengesprächen. Nach Auffassung der Trainerinnen und Trainer verfolgt der Großteil der Medien eine stets kritische und allein auf sportliche Erfolge ausgerichtete Berichterstattung, in der herausragende Leistungen von Athletinnen und Athleten nicht ausreichend gewürdigt würden. Der daraus resultierende Erwartungsdruck hat nach Ansicht der Trainer bzw. Trainerinnen auch zur Folge, die Verwendung unerlaubter Mittel und Methoden unter Sportlern und Sportlerinnen möglicherweise zu verstärken. Im Grunde bestätigen die Ergebnisse dieser Studie die von Bette und Schimank (2006) und Bette (2007, 2008) aufgestellte These, Medien müssten als Teil der „Doping-Konstellation“ angesehen und umlie-

gende Strukturen sowie das Umfeld der Agierenden zur Verantwortung gezogen werden. In zukünftigen Studien gilt es zu evaluieren, inwiefern die dem Doping-Phänomen zugrundeliegende Konstellation auch von anderen Agierenden aus dem Umfeld des Spitzensports wahrgenommen wird und welche Rolle dabei der medialen Berichterstattung zugeschrieben wird. Schließlich sollten weitere Untersuchungen durchgeführt werden, die die auf den Dopingkontext bezogenen Einflussfaktoren, wie Interessen oder Machtgefälle zwischen den einzelnen Akteuren bzw. Akteurinnen, identifizieren und diese als umspannendes Konstrukt darstellen.

5 Quellenangaben

- Bernhart, S. (2009). *Reziproke Effekte durch Sportberichterstattung: Eine empirische Untersuchung von Spitzensportlern*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Bette, K.-H. (2007). „Die Massenmedien haben sich noch nicht als Mitverursacher des Dopingproblems entdeckt“. Ein Interview mit dem Sportsoziologen Karl-Heinrich Bette. In R. H. Meutgens, *Doping im Radsport* (2. Auflage, S. 191-195). Delius Klasing Verlag.
- Bette, K.-H. (2008). Doping im Leistungssport – zwischen individueller Schuld und kollektiver Verantwortung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 59(1), 5-11.
- Bette, K.-H., & Schimank, U. (1995). *Doping im Hochleistungssport* (Erweiterte Neuauflage). Suhrkamp Verlag.
- Bette, K.-H., & Schimank, U. (2006). *Die Dopingfalle: Soziologische Betrachtungen*. transcript Verlag.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power analysis for the Behavioral Sciences*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Gläser, J., & Laudel, G. (2010). *Experteninterviews und Qualitative Inhaltsanalyse* (4. Auflage). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Ihle, H., & Nieland, J.-U. (2013). Dopingaufklärung in der Unterhaltungsfall? Überlegungen zum Umgang mit Doping im medialisierten Sport. In E. Meinberg & S. Körner (Hrsg.), *Doping: kulturwissenschaftlich betrachtet* (S. 155-171). Academia Verlag.
- Kautz, F. (2011). *Blickpunkt Doping eine explorative Studie zu Meinungen und Einstellungen von Sportjournalisten im Bezug auf Doping, die Berichterstattung darüber und mögliche Lösungen des Dopingproblems*. LIT.
- Meier, H. E., Rose, A., Woborschil, S., & Konjer, M. (2013). *Die Rezeptionsgeschichte des Dopings in Deutschland von 1950 bis 2009*. Münster: Universität Münster / Institut für Sportwissenschaft.
- NADA. (2021). *Nationaler Anti-Doping Code (2021)*. Meyer und Meyer Verlag.
- Olson, N., Schaffrath, M., Kautz, F., & Schulz, T. (2021). Wissen und Einstellungen zum Thema Doping unter Sportjournalistinnen und Sportjournalisten in Deutschland – Replikationsstudie. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft, *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2019/20* (S. 23-31).
- Schaffrath, M. (2006). *Spitzensport und Sportjournalismus: empirische Studie zum grundlegenden Verständnis der Beziehungen zwischen zwei Subsystemen und Akteurgruppen*. Mediensport-Verlag.
- Schaffrath, M., Kautz, F., & Schulz, T. (2016). Kompetenzprobleme wegen Komplexität: Wissensdefizite von Sportjournalisten beim Thema Doping. *Medien & Kommunikationswissenschaft*, 2(64), 219-243.
- Schaffrath, M., Schulz, T., Kautz, F., & Olson, N. (2019). *Wissen und Einstellungen zum Thema Doping unter Sportjournalistinnen und Sportjournalisten in Deutschland – Replikation* [Unveröffentlichter Abschlussbericht].
- Schauerte, T., & Schwier, J. (2015). Skandalöse Neuigkeiten: die Aufbereitung des Themas Doping in den Medien. In A. Dresen, L. Form, & R. Brand (Hrsg.), *Dopingforschung: Perspektiven und Themen* (S. 233-249). Hofmann (Verlag).
- Schützeneder, J. (2019). *Profitrainer zwischen Sportjournalismus und Sportkommunikation*. Springer VS.

Beteiligung und Mitbestimmung in der Dopingprävention¹

(AZ 080302/20-21)

Annika Steinmann^{1,2}, Marcel Scharf², Timo Ziegler² & Swen Körner (Projektleitung)²

¹Institut für Pädagogik und Philosophie, Abteilung Pädagogik

²Institut für Vermittlungskompetenz in den Sportarten, Abteilung Trainingspädagogik und Martial Research

1 Zusammenfassung

Ziel des Forschungsprojekts ist es, bestehende Partizipationsansätze bzw. -prozesse aktueller Dopingpräventionsprogramme im europäischen Raum theoriegeleitet zu analysieren, zu vergleichen und die Ergebnisse in eine systematische Handlungsempfehlung zur partizipatorischen Einbindung von Athletinnen und Athleten sowie deren Verbänden in die institutionelle Dopingpräventionsarbeit der NADA zu überführen.

Dopingprävention ist eine Sonderform von Kommunikation. Partizipation wird darin als Relevanzmarkierung von Menschen in Kommunikation (Luhmann, 1992) begriffen. Soziale Relevanz gewinnen Menschen, die im System Spitzensport als Aktive inkludiert sind, indem sie den Ausgangs- sowie Bezugspunkt von Kommunikation bilden und damit entweder als Mitteilende oder als relevante Adressaten von Mitteilungen in Erscheinung treten (Körner, 2017). Zielgerichtete und nachhaltige Partizipation räumt den Athleten und Athletinnen Teilhabe in den für sie betreffenden Handlungsfeldern ein. Dies kann etwa durch aktive Mitbestimmung und/oder durch Zuweisung von Entscheidungskompetenzen geschehen (Roger, 1992; Jacob & Niestroy, 2014). Partizipation als Methode dient dazu, Wissensbestände und Verfahren zu generieren, mit denen z. B. latente Widerstände seitens der Aktiven verringert und eine höhere Akzeptanz für den Bereich der Dopingprävention wahrscheinlicher gemacht werden kann.

Unser Projektziel war es, gemeinsam mit Athletinnen und Athleten (n = 10) sowie Entscheidern (n = 4) ein Best-Practice Modell für die nationale Anti-Doping-Arbeit zu entwickeln, das einerseits angesichts der weltweit komplexen Anforderungen an Dopingprävention übergreifende Gültigkeit besitzt und andererseits kontextspezifischer, im engeren Sinne nationaler Anpassungen bedarf. Das mit internationalen Entscheidern und Aktiven nach Coelen (2010) partizipativ entwickelte Best-Practice-Modell haben wir konzeptionell an Vorarbeiten von Körner & Staller (2020, 2021) angelehnt und nennen es Modell Professioneller Dopingprävention. Das Modell trägt der Komplexität von Abwägungs- und Entscheidungsprozessen einer auf Athletinnen und Athleten ausgerichteten Dopingprävention Rechnung und kann kontextspezifisch angepasst für die Konzeption, Durchführung und Evaluation professioneller nationaler Dopingprävention herangezogen werden. Die Ergebnisse der Arbeitsschritte sowie das Modell samt Handlungsempfehlungen werden im Folgenden vorgestellt.

2 Herangehensweise

Für die sowohl theoriegeleitete als auch empirisch gestützte Entwicklung dieses Modells samt Handlungsempfehlungen wurden die folgenden vier konsekutiven Arbeitsschritte/Arbeitspakete ausgeführt, die auf methodischer Ebene jeweils gegenstandsangepasste Zugriffe erforderten (vgl. Abb. 1):

¹ Dieser Artikel ist vorab erschienen in *Impulse* (2021), 2, S. 6-11.

- (1) Analyse bestehender originär deutsch- und englischsprachiger Präventionsstrategien (D, AUT, CH und GB). Die Analyse-Ergebnisse bildeten die Grundlage für
- (2) die Leitfadeninterviews mit Entscheidern, Athleten bzw. Athletinnen sowie deren Sprecher bzw. Sprecherinnen. Die Ergebnisse von (1) und der n = 14 geführten Interviews (2) wurden a) in einen
- (3) Ratingbogen überführt. Das Rating wurde im Gruppen-Delphi-Verfahren allen Befragten zur
- (4) Konsensbildung vorgelegt sowie in b) ein Best-Practice Modell, Modell Professioneller Dopingprävention, überführt. Das Modell wurde im vierten Arbeitsschritt den Expertinnen und Experten im pandemiebedingt online durchgeführten Gruppen-Delphi-Verfahren nach Niederberger & Renn (2018) zur Diskussion gestellt.

Die Ergebnisse aus (1)-(4) dienen der Formulierung konkreter Handlungsempfehlungen für die Anti-Doping-Arbeit in Deutschland. Es ging in unserem Forschungsprojekt zentral also darum, bestehende Partizipationsansätze bzw. -prozesse bestehender Dopingpräventionsprogramme im europäischen Raum theoriegeleitet zu analysieren, zu vergleichen und die Ergebnisse in eine systematische Handlungsempfehlung zur partizipatorischen Einbindung von Athletinnen und Athleten sowie deren Verbänden in die institutionelle Dopingpräventionsarbeit der NADA zu überführen.

(1) Analyse bestehender Dopingpräventionsprogramme

Ableitend von der theoretischen Rahmung wurde ein Kategoriensystem entlang der beschriebenen partizipativen Gesichtspunkte definiert und für eine qualitative Dokumentenanalyse ausgewählter Präventionsprogramme eingesetzt (Mayring, 2015, 2016). Daneben wurden verhaltens- und verhältnispräventive Aspekte mituntersucht. Aus n = 34 nationalen Präventionsprogrammen wurden n = 4 ausgewählt und analysiert.

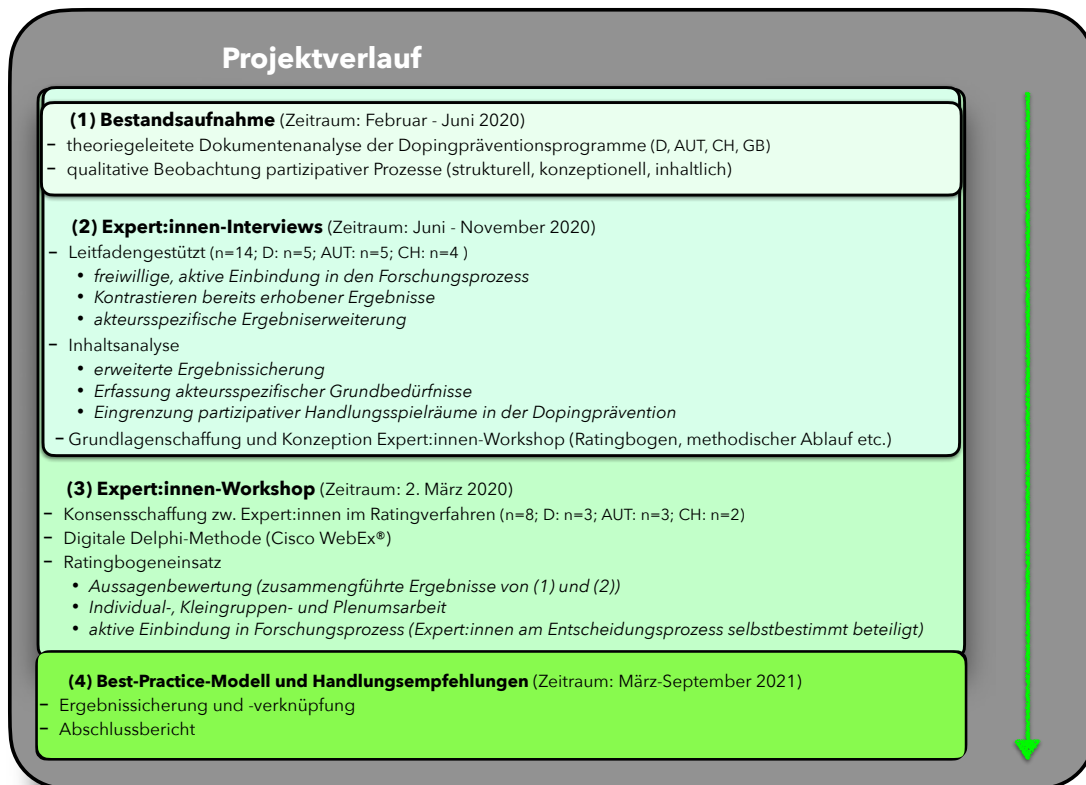


Abb. 1: Darstellung des Projektverlaufs

Die Sprache diente hierbei als Entscheidungs- und Vergleichsgrundlage, sodass die deutschsprachigen Länder (Deutschland, Österreich, Schweiz) sowie ein englischsprachiges Land (Großbritannien) ausgewählt wurden.

Die Ergebnisse der Dokumentenanalyse dienten als Ausgang zur Konzipierung individueller, den Akteursgruppen angepassten Interview-Leitfäden. Die Interviews wurden ausschließlich mit deutschsprachigen Akteuren durchgeführt.

Ergebnisauszug

Insgesamt lässt sich aus der Dokumentenanalyse festhalten, dass die untersuchten Präventionsprogramme über die drei partizipativen Ebenen (strukturell, konzeptionell, inhaltlich) überwiegend über Vorstufen der Partizipation verfügen. So werden Athleten und Athletinnen über *allgemeine* oder *zugewiesene Informationen* in die Dopingprävention eingebunden, seltener findet sich hingegen eine *Teilhabe* oder *Mitwirkung*. Da den Sportlerinnen und Sportlern nur begrenzt Kompetenzen zugesprochen werden, mit denen sie selbstständig und daher autonom Entscheidungen treffen können, findet kaum bis gar keine Partizipation durch die Präventionsprogramme statt. Immerhin Präsenzveranstaltungen ermöglichen, anders als unidirektionale digitale und ausgedruckte Angebote, den unmittelbaren persönlichen Austausch. Die Athleten bzw. Athletinnen werden dort durch konkrete Aufgaben, Meinungsabfragen oder Diskussionsprozesse aktiv beteiligt und befähigt, die jeweilige Veranstaltung in einem abgesteckten Rahmen mitgestalten zu können.

Grundlegend stellt sich dar, dass vor allem auf konzeptioneller Ebene eine Beteiligung der Aktiven über die unterschiedlichen Bereiche (digital, Printmedien, Präsenzveranstaltung) durchaus vorgesehen ist, aber nur begrenzt partizipative Ansätze vorliegen. Auf struktureller Ebene ist eine Beteiligung oder Mitbestimmung nicht vorhanden. Lediglich in Großbritannien zeigt sich, dass die Athletinnen und Athleten über die Strukturen der Präventionsarbeit informiert sind und zugewiesene Informationen erhalten. Abschließend lässt sich festhalten, dass eine internationale Vergleichbarkeit über alle unterschiedlichen Präventionsbereiche nur für den digitalen Bereich möglich war.

(2) Leitfadeninterviews

Auf Grundlage der Befunde aus der zuvor erfolgten Inhaltsanalyse wurden akteurspezifische Interview-Leitfäden für Expertinnen und Experten (Bogner et al., 2014) konzipiert, um Handlungs- und Deutungswissen der Entscheider (n = 4), Aktiven (n = 7) sowie deren Sprecherinnen und Sprecher (n = 3) zu explizieren. In n = 8 Pre-Testungen wurde der Leitfaden auf Praktikabilität, Durchführbarkeit, Stimmigkeiten in der Fragenstellung und -reihenfolge, Verständlichkeit sowie Vollständigkeit untersucht und daraufhin modifiziert (Bortz & Döring, 2016).

Die Themenbereiche der Leitfäden setzten sich zusammen aus:

- (1) Allgemeine Fragen zum Präventionsprogramm,
- (2) Zielsetzung sowie
- (3) Gestaltung und Umsetzung des jeweiligen nationalen Präventionsprogramms,
- (4) Zukunft der Dopingprävention und
- (5) Auswirkungen der Corona-Pandemie auf die Präventionsarbeit.

Die Fragenkategorien wurden entlang der Dokumentenanalyse, des theoretischen Zugangs der Selbstbestimmungstheorie (Deci & Ryan, 2000) und unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Akteursperspektiven entsprechend konzipiert.

Ergebnisauszug

Die Analyse der durchgeführten Interviews erfolgte entlang psychologischer Grundbedürfnisse (Deci & Ryan, 2000): *Kompetenz*, *soziale Eingebundenheit* und *Autonomie*. Sie offenbarte übereinstimmende Aspekte sowohl innerhalb als auch zwischen den jeweiligen Akteursgruppen. Zudem konnten die Ergebnisse der Dokumentenanalyse durch die Expertinnen bzw. Experten kontrastiert oder erweitert werden. Daneben konnten praxisnahe Rückschlüsse über partizipative Prozesse in der Dopingprävention allgemein und die konkrete Beteiligung von Athleten und Athletinnen innerhalb der nationalen Präventionsprogramme abgeleitet werden.

Insgesamt zeigt die Inhalts- und Dokumentenanalyse, dass Athletinnen und Athleten als Teilnehmende in die Präventionsprogramme eingebunden werden. Dies geschieht über verpflichtende Angebote, wie bspw. die Teilnahme an Workshops oder der Erlangung eines E-Zertifikats über das E-Learning-Angebot. Strukturell wird dies dadurch gewährleistet, dass die Teilnahme als Startberechtigung für Wettkämpfe vorausgesetzt wird. Es besteht für die Aktiven kein Recht auf Verzicht. Neben der Verpflichtung, Angebote nutzen zu müssen, bestehen innerhalb der Präventionsprogramme auch freiwillig anwählbare Maßnahmen und Angebote (z. B. Medikamentenabfrage, Einsicht in die Kölner Liste®). Allerdings zeigt sich, dass keiner der befragten Sportler und Sportlerinnen Präventionsangebote nutzt, die über den verbindlichen Pflichtteil hinausgehen.

Eine andere Form der Einbindung in das jeweilige Präventionsprogramm besteht über Feedback. Hier zeigen sich Unterschiede in der Konzeption des Feedbacks: Zwei der Befragten geben an, auf Schulungsveranstaltungen die Möglichkeit geboten bekommen zu haben, Feedback frei zu äußern. Eine Person sagt aus, bisher noch nie nach Feedback gefragt worden zu sein, während eine andere angibt, auf Schulungsveranstaltungen einen Feedbackbogen ausgefüllt haben zu müssen. Die aktive Einbindung der Athletinnen bzw. Athleten in die Mitgestaltung der Dopingprävention wird von $n = 6$ Personen befürwortet. Sie sehen sich in ihrer Rolle als Athletin oder Athlet als zentrale Bestandteile des Präventionsprogrammes und dazu in der Lage, das Präventionsprogramm inhaltlich und methodisch weiterzuentwickeln. Dieser Umstand wird auch von den Entscheidern der deutschsprachigen NADOs wahrgenommen. Die Athletinnen und Athleten werden als wichtigster Bestandteil der Präventionsprogramme gesehen und deshalb bereits gegenwärtig (D, CH) oder zukünftig (AUT) in die Weiterentwicklung dieser eingebunden. Ein Vertreter der NADA Deutschland geht so weit, zu behaupten, dass „40 % aller Weiterentwicklungen [in Deutschland] (...) auf Feedback von Athletinnen und Athleten geschehen ist“.

(3) Ratingbogen und

(4) Delphi-Verfahren

Ableitend aus den Ergebnissen der beiden vorangestellten Arbeitsschritte wurde zur Bestimmung inhaltlicher Validität eigener und fremder Beobachtung sowie der Schaffung von Objektivität (Bortz & Döring, 2006) ein Ratingbogen für den digitalen Expert:innen-Workshop entwickelt. Dieser wurde entlang eines online durchgeführten Delphi-Verfahrens mit $n = 8$ Teilnehmenden (Athletinnen bzw. Athleten, deren Sprecher bzw. Sprecherinnen, Entscheider) eingesetzt. Das eingesetzte Delphi-Verfahren wurde bewusst gewählt, da es als ein Demokratisierungs- und Partizipationsinstrument, direktes Kommunikationsmittel, Prognoseinstrument sowie Bewertungs- und Urteilsinstrument einsetzbar ist (Cuhls, 2019; Niederberger & Renn, 2018). Der Ratingbogen wurde zugleich als Validierungsinstrument für ein Best-Practice Model genutzt und dient zudem dazu, konkrete Handlungsempfehlungen abzuleiten. Dafür wurden ausgewählte Aussagen aus den vorangestellten Analyseergebnisse aufgegriffen, theoretisch vertortet und mit Blick auf das Best-Practice Model konzipiert.

Ergebnisauszug

Das entwickelte Best-Practice Model (vgl. Abb. 2) orientiert sich konzeptionell an bestehenden, bereits bewährten Modellen anderer Kontexte. Ableitend aus der Dokumenten- und Inhaltsanalyse und in Anlehnung an das validierte Model von Körner & Staller (2020, 2021) konnten sechs wiederkehrende und zueinander in Wechselwirkung stehende Aspekte bzw. Dimensionen herausgestellt werden, die zugleich Ausdruck von Präventionspraxis sind. Beteiligung von Athletinnen bzw. Athleten in der Dopingprävention bedeutet, Aktive (*Wer*) innerhalb einer Lernumgebung (*Wie*) durch ausgewählte Inhalte (*Was*) einbinden und befähigen zu können. Die Präventionspraxis steht dabei im komplexen Zusammenhang zu seiner Umwelt. Diese bildet sich einerseits durch die NADOs (Selbst) aus und andererseits durch kontextuale Gegebenheiten.

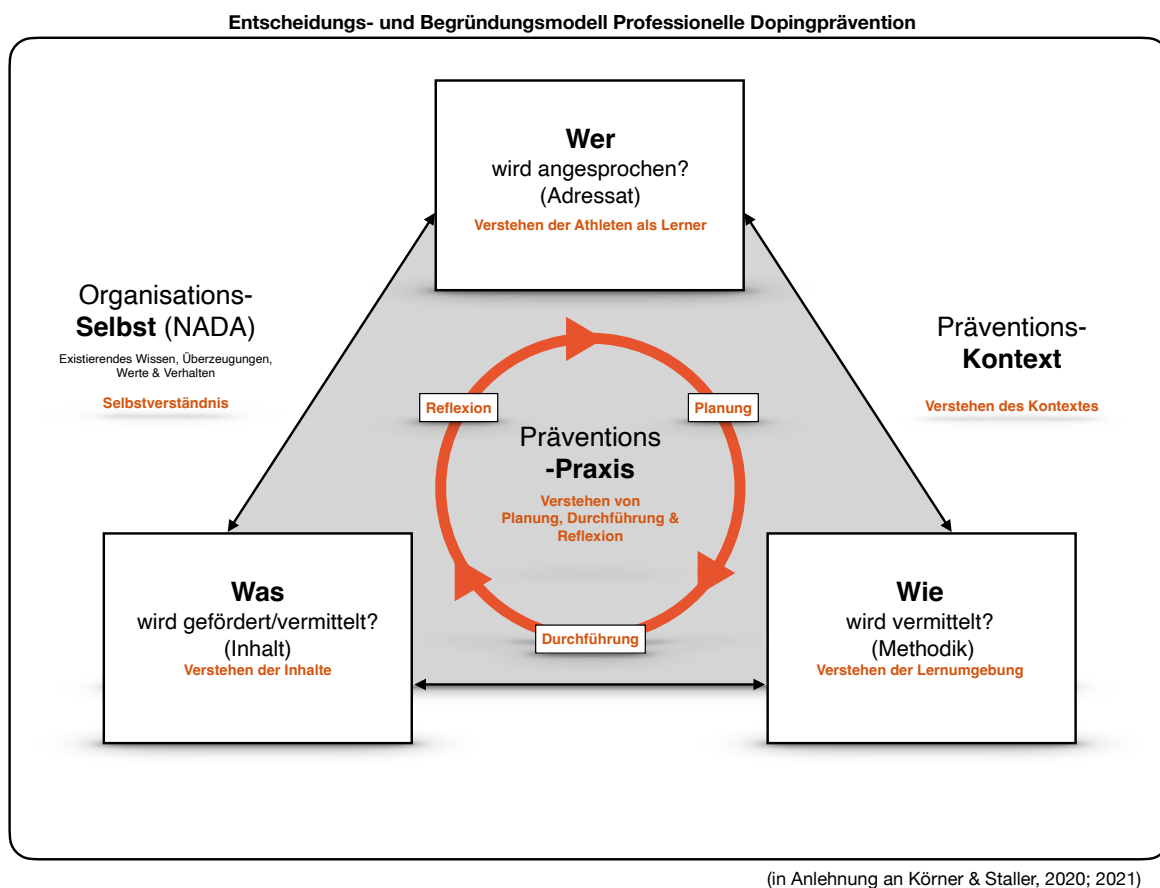


Abb. 2: Darstellung des Best-Practice-Modells

Vor diesem Hintergrund wird deutlich, dass die Präventionspraxis einen ständig wechselnden und vor allem komplexen Entscheidungs- und Begründungsprozess mit teilweise widersprüchlichen Anforderungen darstellt. Genau hier setzt das adaptierte Best-Practice-Modell, indem es bedarfs- und bedürfnisgerecht zur Orientierung und als Entscheidungsgrundlage für konkrete Arbeitsschritte (Planung, Durchführung, Evaluation) dienen kann. Die Präventionsprogramme der NADOs sind z. B. im Hinblick auf den International Standard of Education (ISE) der WADA zu prüfen.

3 Exemplarische Handlungsempfehlungen für Entscheider in der Dopingprävention

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass ausgeprägte *Individualisierung* und *Interaktivität* zwischen Lehrenden und Lernenden zu einer Akzeptanzsteigerung der Dopingprävention

beitragen könnte. Auch Elbe & Manges (2021) sprechen sich auf Basis ihrer bisherigen Untersuchungen in ihrem wertebasierten Projekt (No2Doping) für Interaktivität aus, d. h. ihrem Verständnis nach: Eingebundenheit über Diskussionen.

Für eine stärkere Individualisierung bedarf es u. E. einer Verschränkung von Dopingprävention und Befriedigung der o. g. Grundbedürfnisse der Athleten und Athletinnen (Deci & Ryan, 1985), indem die lebensweltlichen Bedingungen und Verhaltensmöglichkeiten dieser Gruppe den Ausgang präventiver Arbeit darstellen. Aus einer personenbezogenen Betrachtung heraus (Cantor, Mischel & Schwartz, 1982) soll zugleich das Empowerment, im Sinne eines selbstbestimmten Verhaltens, gestärkt werden (Harvey & Green, 2000). Die Athletinnen und Athleten können über Partizipation dadurch befähigt werden, individuell dopingbegünstigende Situationen innerhalb ihres Aktiven-Daseins zu erkennen, verstehen und damit umgehen zu können.

Bereits der Einbezug einfacher Unterscheidungen, wie Leistungsniveau, duale vs. singuläre Karriere, Lebensalter, Karrierestatus oder Sportart ermöglicht es, Dopingprävention methodisch-didaktisch individueller auf die jeweiligen Bedürfnisse abzustimmen (Körner et al., 2019); ein statisches Tool zur Dopingprävention, das bspw. sowohl Dressurreiterinnen bzw. -reiter im Seniorenbereich als auch Gewichtheberinnen und -heber im Juniorenbereich adressiert, ist hingegen ungeeignet – für beide Zielgruppen. Unsere Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass Akzeptanzsteigerung mittels individuell angewählter, interaktiv angelegter Schulungsveranstaltungen realisierbar ist. Die Athletinnen und Athleten können, in einem von Entscheidern und Kontext vorgegebenen Rahmen, selbstbestimmt Themengebiete anwählen und modulartig verbinden. Somit können sie die Veranstaltungen a) nach Vorwissen, Bedarf, biographischem Hintergrund und/oder Interesse belegen und diese b) interaktiv mitgestalten. Demgegenüber verlangt diese Mitgestaltung den Lehrenden eine Offenheit und Flexibilität ab, die sowohl den Input als auch den Output betreffen. Damit müssen zukünftige Präventionsveranstaltungen entgegengesetzt standardisiert-routinierter Abläufe konzipiert und personell entsprechend qualifiziert besetzt werden.

Für ein Gelingen bedarf es zudem dynamischer Anpassungen, die auf Grundlage einer kontinuierlichen und begleitenden Abfrage von Athleten und Athletinnen erfolgen können. Beständig sollten Informationen über die Athleten bzw. Athletinnen als Lernende selbst (WER-Ebene: Sportart, Lebensalter etc.), die von ihnen benötigten Inhalte (WAS-Ebene: Bedürfnisse, Wünsche und Erwartungen) und die präferierten Lernsettings (WIE-Ebene: Online, Präsenz, Zeitpunkt) für die Präventions-Praxis erhoben werden (vgl. Abb. 2). Unter Berücksichtigung der Datensparsamkeit, sollte der Einsatz digitaler Instrumente (z. B. B2C-Software, KI-Lösungen, Apps) für das Erfassen von Voraussetzungen, Bedürfnissen und Wünschen sowie als Feedback-Option geprüft werden. Es gilt, technische Möglichkeiten zur Individualisierung und Interaktivität gezielt einzusetzen, insbesondere auch, um primäre Prävention um sekundäre und tertiäre zu erweitern (Hurrelmann, 2014) sowie zeitsparend vorzugehen.

4 Literatur

- Bortz, J., & Döring, N. (2018). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Springer VS.
- Cantor, N., Mischel, W., & Schwartz, J. C. (1982). A prototype analysis of psychological situations. *Cognitive psychology*, 14(1), 45-77.
- Coelen, T. W. (2010). Partizipation und Demokratiebildung in pädagogischen Institutionen. *Zeitschrift für Pädagogik*, 56(1), 37-52.
- Cuhls, K. (2019) Die Delphi-Methode – eine Einführung. In M. Niederberger, O. Renn (Eds.), *Delphi-Verfahren in den Sozial- und Gesundheitswissenschaften* (3-31). Springer VS.
- Deci, E., L., & Ryan, R., M. (2000). Self-Determination Theory and the Facilitation of Intrinsic Motivation, Social Development, and Well-Being. *American Psychologist*, 55(1), 66-78.
- Elbe, A. M., & Manges, T. (2021) *Dopingpräventionsprojekt*. Zugriff am 27. Januar 2022 unter: <https://www.spowi.uni-leipzig.de/sportpsychologie/forschung/no2doping>
- Harvey, L., & Green, D. (2000). Qualität definieren. fünf unterschiedliche Ansätze. In *Qualität und Qualitätssicherung im Bildungsbereich; Schule, Sozialpädagogik, Hochschule* (pp. 17-39). Beltz.
- Jacob, K., Kannen, H. & Niestroy, I. (2014). Nachhaltigkeitsstrategien im internationalen Vergleich. Bertelsmann Stiftung. *Nachhaltigkeitsstrategien erfolgreich entwickeln*, 301-571.
- Hurrelmann, K. (2014). *Lehrbuch Prävention und Gesundheitsförderung*. Huber.
- Körner, S. (2017). Alles Inklusion oder was? Systemtheorie der Inklusion als sportwissenschaftlicher Reflexionsanlass. *Sport & Gesellschaft*, 14(1), 5-27. <https://doi.org/10.1515/sug-2017-0002>
- Körner, S., Ribel-Sencan, V., Scharf, M., Schneider, L., & Symanzik, T. (2019). *Evaluation des Präventionsprogramms „Gemeinsam gegen Doping“ der Stiftung Nationale Anti Doping Agentur Deutschland*. Hofmann.

- Körner, S., & Staller, M. S. (2020). Police Training Revisited – Meeting the Demands of Conflict Training on Police with an Alternative Pedagogical Approach. *Policing: Journal of Policy and Practice*, 1-12.
- Körner, S., & Staller, M. S. (2021). Mehr GeredE: Ein Plädoyer für die Ablösung des Deeskalierenden Einsatzmodells. *Die Polizei*, 112(2), 72–81.
- Luhmann, N. (1992). *Wissenschaft der Gesellschaft*. Suhrkamp.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Beltz.
- Mayring, P. (2016). *Einführung in die qualitative Sozialforschung*. Beltz.
- Niederberger, M., & Renn, O. (2018). *Das Gruppendelphi-Verfahren: Vom Konzept bis zur Anwendung*. Springer VS.
- Roger, H., A. (1992). *Children's Participation. From Tokenism to Citizenship, Unicef Innocent Essays No. 4*.
http://www.unicef-irc.org/publications/pdf/childrens_participation.pdf, Zugriff:19.06.2020.

Analyse des Stützpunktsystems zur Förderung des paralympischen Spitzen- und Nachwuchsleistungssports in Deutschland

(AZ 070402/18-20)

Sabine Radtke (Projektleitung) & M. Pia Freier

Universität Paderborn, Departement Sport und Gesundheit, Arbeitsbereich Inklusion im Sport

1 Problem

Deutschland tritt bei den Paralympischen Spielen seit jeher im Ländervergleich mit einer der größten Mannschaften an und gehört zu den erfolgreichsten Para-Nationen der Welt. Seit einigen Jahren ist international eine Professionalisierung des Para Sports auf internationaler Bühne zu beobachten. In vielen Ländern erfolgt eine zunehmende Gleichstellung von olympischem und paralympischem Sport, und Deutschland gerät unter Druck, der starken internationalen Konkurrenz weiterhin gleichermaßen standzuhalten. Bereits vor Jahren wurde sowohl im deutschen Para Sport als auch in der deutschen Sportwissenschaft resümiert, dass Deutschland gegenüber verschiedenen ausländischen Fördermodellen strukturelle Nachteile aufweist (Radtke & Doll-Tepper, 2010; Wegner, Brückner & Pochstein, 2009).

Als Gründe wurden u. a. benannt:

- die fehlende selbstverständliche Kooperation zwischen Behinderten- und Nichtbehindertensport,
- die im internationalen Vergleich mangelhafte Bereitstellung von finanziellen und personellen Ressourcen sowie
- das Fehlen von systematischen Verfahrensweisen der Talentsuche und -förderung (Radtke, 2013).

Um im Hinblick auf die im internationalen Raum zunehmend erkennbare Professionalisierung konkurrenzfähig zu bleiben, hat der DBS seit mehreren Jahren diverse Veränderungsprozesse im Hinblick auf seine Leistungssportförderung

angestoßen und seit 2009 ein Stützpunktsystem entwickelt. Als das zentrale Ziel des Stützpunktkonzepts unterstreicht der DBS (2018, S. 6) die „bestmögliche Unterstützung der Nationalmannschaften des DBS, der Bundeskader sowie der talentierten Nachwuchsathletinnen und -athleten der Landesverbände [...], um sportliche Höchstleistungen zu ermöglichen“. Dabei wird seitens des Verbands der Anspruch erhoben, Synergieeffekte zwischen paralympischem und olympischem Sport zu nutzen, indem Strukturelemente des olympischen Sommer- und Wintersports in das paralympische Stützpunktsystem unter Beachtung von behinderungsspezifischen Voraussetzungen ausdrücklich mit einbezogen werden. Dieses Konzept des DBS, das 2009 mit Paralympischen Stützpunkten (PTS) an drei Standorten eingeführt sowie 2013 und 2016 weiterentwickelt worden ist, ist bisher von wissenschaftlicher Seite nicht begleitet worden.

Im Erhebungszeitraum der vorliegenden Studie (04/2019 bis 10/2020) existieren 17 Stützpunkte an 14 Standorten. An den Paralympischen Stützpunkten werden sechs Mannschafts- und elf Individualsportarten, darunter eine Wintersportart, gefördert (vgl. Tab. 1, S. 2). Bundesweit ist zwischen drei verschiedenen Stützpunktmodellen zu unterscheiden: Acht der 17 Stützpunkte (Saarbrücken, Berlin, Freiburg, München, Düsseldorf, Heuchelheim, Marburg und Rostock) konzentrieren sich jeweils auf eine sogenannte Schwerpunktsportart. In der Sportart Rollstuhlbasketball gibt es die Besonderheit, dass jeweils zwei Stützpunkte miteinander kooperieren (Hamburg/Hannover und Frankfurt/Wetzlar). Lediglich an drei Stützpunkten werden mehrere Para-Sportarten gefördert (Hannover, Leverkusen und Brandenburg mit den Standor-

Tab. 1: Aufteilung der Paralympischen Stützpunkte in Individual- vs. Mannschaftssport sowie Sommer- vs. Wintersport (Stand: 01/2019)

Paralympische Trainingsstützpunkte in Deutschland (Stand: 01/2019)	
Individualsportarten	Sommer: N = 10 Para Badminton (Hannover) Para Leichtathletik (Cottbus) Para Leichtathletik (Leverkusen) Para Leichtathletik (Saarbrücken) Para Schwimmen (Berlin) Para Schwimmen (Leverkusen) Para Schwimmen (Potsdam) Para Radsport (Cottbus) Para Tischtennis (Düsseldorf) Para Tischtennis (Heuchelheim) Anerkennungszeitraum: bis 31.12.2020
	Winter: N = 1 Para Ski nordisch (Freiburg) Anerkennungszeitraum: bis 31.12.2022
Mannschaftssportarten	Sommer: N = 6 Goalball (Marburg) Goalball (Rostock) Rollstuhlbasketball (Hamburg/ Hannover) Rollstuhlbasketball (München) Rollstuhlbasketball (Frankfurt/Wetzlar) Sitzvolleyball (Leverkusen) Anerkennungszeitraum: bis 31.12.2020

ten Cottbus/Potsdam). Nur im letztgenannten Modell, nämlich im Falle der Förderung mehrerer Sportarten, ist ein Paralympischer Trainingsstützpunkt mit einer Stützpunktleitung ausgestattet. Andernfalls liegen die Leitungsaufgaben des Stützpunkts im Verantwortungsbereich der Trainerinnen und Trainer bzw. der Vertreter oder Vertreterinnen von kooperierenden Vereinen. Die Anzahl der Trainerstellen je Standort ist abhängig von der Anzahl an Kaderathletinnen/-athleten sowie weiteren Gegebenheiten vor Ort (Hallenkapazitäten und daraus folgend mögliche Trainingshäufigkeit etc). Gemäß Stützpunkt-konzept haben die Trainer und Trainerinnen das Training entsprechend der Konstellation und den daraus resultierenden Bedarfen ihrer jeweiligen Trainingsgruppe auszurichten. Je nach Zusammensetzung der jeweiligen Trainingsgruppe und je nachdem, inwieweit die Trainingsgruppe auf eine vorhandene Infrastruktur zurückgreifen kann, ergibt sich der Fokus entweder auf den Nachwuchsleistungssport oder auf den Spitzensport.

Ein zentrales Anliegen des DBS ist die Möglichkeit der Mitnutzung der Infrastruktur des olympischen Spitzensports für Para-Athletinnen und Athleten. Wesentliches Element des deutschen Leistungssportsystems sind die Olympiastützpunkte mit ihren Serviceleistungen, die mittlerweile gleichermaßen olympischen wie paralympischen Sportlerinnen und Sportlern entsprechend ihrer Kaderzugehörigkeit entweder in Form der Grund- oder der Spezialbetreuung zur Verfügung stehen. In Abhängigkeit von der Kaderzugehörigkeit können olympische und paralympische Aktive auf medizinische Versorgung, Leistungsdiagnostik, Physiotherapie, sportpsychologische Betreuung, Ernährungs- und Laufbahnberatung zugreifen. Weitere Strukturelemente des olympischen Spitzensports wie zum Beispiel Bundesleistungszentren, Eliteschulen des Sports, Partnerhochschulen des Spitzensports sowie Häuser der Athleten/Internate stehen gemäß Stützpunkt-konzept auch den Para-Athletinnen und Athleten zur Verfügung. Festzuhalten bleibt, dass mittlerweile in vielerlei Hinsicht enge Kooperationen zwischen Behin-

dernten- und Nichtbehindertenleistungssport bestehen, die vor rund zehn Jahren in Deutschland noch undenkbar schienen.

In Gesprächen mit Verantwortlichen des DBS wurde zum Ausdruck gebracht, dass die Erfolgskriterien der Stützpunkte aus Verbandssicht bislang nicht eindeutig identifiziert wurden. Auch ist bislang ungeklärt, inwiefern die 19 weiteren förderungswürdigen paralympischen Sportarten ohne einen anerkannten PTS im derzeitigen System aus Sicht der zuständigen Verantwortlichen, aber auch aus Sicht der Athletinnen und Athleten selbst ausreichend strukturelle Förderung erfahren. In der vorliegenden Studie gilt es u. a. zu untersuchen, ob für den paralympischen Sport eine zum olympischen Sport analoge Stützpunktlogik tatsächlich sinnvoll ist oder ob aufgrund der Besonderheiten des Behindertensports, u. a. die Altersstruktur und den Professionalisierungsgrad betreffend (vgl. Radtke, 2011), ein eigenständiges Stützpunktsystem wirkungsvoller ist. Das Forschungsvorhaben weist eine hohe Praxisrelevanz auf, indem es Auskunft gibt über Strukturen und Prozesse eines verhältnismäßig neu etablierten Systems im Bereich der Spitzensportförderung. Im Rahmen des Forschungsvorhabens gilt es demzufolge zu untersuchen, ob und inwieweit ein inklusives Vorgehen in der Spitzensportförderung, wie es in Ländern wie zum Beispiel Kanada und UK verstärkt gelebt wird (vgl. Radtke & Doll-Tepper, 2014), oder eher ein eigenständiges paralympisches System der Spitzensportförderung für Spitzen- und Nachwuchssportlerinnen und -sportler mit Behinderung von Nutzen ist.

Dabei ist es ein zentrales Anliegen der Studie, im Rahmen der Analyse die Perspektive unterschiedlicher Schlüsselfiguren zu berücksichtigen, nämlich der Verantwortlichen aus dem Bereich Stützpunktleitung, Training, OSP-Leitung, aber vor allem auch der Para-Sportlerinnen und Sportler selbst.

Im Ergebnisteil des Abschlussberichts ist deshalb insbesondere die Sichtweise der Kadersportlerinnen und -sportler in den Vordergrund gestellt. Es wird u. a. der Frage nachgegangen, inwiefern das Stützpunktsystem seitens der DBS-Kaderathletinnen und -athleten genutzt wird und inwiefern die bestehenden Strukturen und Prozesse aus Sicht verschiedener Schlüsselfiguren des Gesamtsystems als sinnvoll wahrgenommen wird. Ziel ist es, die Meinung der Befragten sowohl retrospektiv zur strukturellen Förderung während verschiedener Karrierestufen als auch zur Zukunft des Stützpunktsystems zu erfragen.

2 Methodisches Vorgehen

Ziel der *ersten Teilstudie* (12/2018 bis 02/2019) war es, mittels einer internetbasierten Dokumentenanalyse erste Informationen zu den Strukturmerkmalen aller zum Erhebungszeitraum bestehenden 17 PTS zu eruieren. Hierbei wurden vor allem die im Erhebungszeitraum gültigen Leistungssportkonzepte von DBS und DOSB, die Stützpunktkonzepte von DBS und DOSB sowie die Leistungssportkonzepte der Landesbehindertensportverbände mit einbezogen.

In der *zweiten Teilstudie* (03/2019 bis 03/2020) wurden Telefoninterviews mit 57 Expertinnen und Experten geführt (vgl. Tab. 2).

Tab. 2: Funktion und Anzahl der in Teilstudie 2 interviewten Expertinnen/Experten

Funktion der Expertinnen/Experten	Anzahl (N)
Stützpunktleiterinnen/-leiter PTS & weiteres Leitungspersonal PTS	7
Leitungspersonal von stützpunkttragenden Vereinen	4
OSP-Leitungspersonal	12
OSPs mit angebundenem PTS	(9)
OSPs ohne angebundenem PTS	(3)
Trainerinnen/Trainer	34
Stützpunkttrainerinnen/-trainer (PTS)	(12)
Bundes-/Cheftrainer*innen	(21)
TOTAL	57

Die dritte Teilstudie (07/2020 bis 10/2020) beinhaltete Telefoninterviews mit 35 Kaderathletinnen und -athleten (vom Landeskader bis zum Paralympics-Kader, vgl. Tab. 3). Es handelte sich um 12 weibliche und 23 männliche Personen (zur Erfassung der Geschlechtszuordnung der Stichprobe wurde sich an der offiziellen Zuordnung der Athletinnen und Athleten im Wettkampfgeschehen orientiert), und die Stichprobenangehörigen waren durchschnittlich 28,7 Jahre alt (Altersspanne von 18 bis 55 Jahre). In der Stichprobe sind 14 Sportarten vertreten, von denen sechs an einem PTS angebunden sind. Damit üben 23 der Befragten ihren Sport in einer Sportart mit mindestens einem PTS-Standort aus – gegenüber zwölf Befragten, deren Sportart keine offizielle Betreuung an einem PTS erfährt. Von den interviewten 35 Personen weisen 25 eine von Geburt an bestehende Beeinträchtigung auf, zehn haben eine erworbene Behinderung.

Tab. 3: Kaderzugehörigkeit der interviewten Athletinnen und Athleten

Kaderzugehörigkeit der Athletinnen und Athleten	Anzahl (N)
Paralympics-Kader (PAK)	12
Perspektivkader (PK)	10
Nachwuchskader 1 (NK 1)	3
Nachwuchskader 2 (NK 2)	3
Teamsportkader (TK)	6
Landeskader (LK)	1
TOTAL	35

3 Ergebnisse

In der Auswertung der insgesamt 92 Interviews ist deutlich geworden, dass die bestehenden Strukturen und Prozesse an den verschiedenen PTS-Standorten sich eher voneinander unterscheiden, als dass sie sich ähneln, so dass kaum allumfassende verallgemeinerbare Aussagen zu treffen sind. Der Aufbau der PTS-Standorte unterscheidet sich hinsichtlich der vorliegenden personellen, finanziellen und infrastrukturellen Ressourcen laut Auskunft der Befragten zum Teil erheblich.

3.1 Personelle Ressourcen

Die personellen Ressourcen an den Stützpunkten weisen eine große Spannweite auf. Während beispielsweise an einem Para Stützpunkt ein hauptamtlicher Stützpunkttrainer in Vollzeit sowie ein hauptamtlicher Leistungssportkoordinator tätig sind, verfügt ein anderer Stützpunkt über zwei Vollzeit-Stützpunkttrainer sowie zusätzlich drei Trainer auf Honorarbasis, über einen Landestrainer, der vorrangig an ebendiesem Stützpunkt tätig ist, sowie über einen Physiotherapeuten, der explizit dem PTS zugeordnet ist.

Für die Para-Athletinnen und Athleten ist es wichtig, von einer Trainerin/ einem Trainer betreut und gefördert zu werden, der/dem sie eine behindertensportspezifische Expertise zuschreiben und von der/dem sie daraus folgend erwarten, dass ihre Bedürfnisse, die sich je nach Behinderungsart unterscheiden, erkannt wer-

den und die Person in der Lage ist, Trainingsform und -inhalte daran anzupassen. Für die Befragten ist es kein Muss, dass ein behindertensportspezifisches Wissen von Vornherein vorliegt.

Erwartet wird jedoch, dass die Trainerin/der Trainer gewillt ist, sich Expertise in diesem Bereich anzueignen.

3.2 Finanzielle Ressourcen

Die finanziellen Ressourcen, auf die die Stützpunkte zurückgreifen können, sind ebenfalls vielfältig und u. a. von der Anzahl der Zuwendungsgeber vor Ort abhängig. Die Spanne reicht von maximal sieben Zuwendungsgebern für ein und demselben Stützpunkt gegenüber minimal zwei Zuwendungsgebern.

Mehrheitlich erhalten die Stützpunkte Zuwendungen vom (jeweiligen Behinderten-)Landessportverband und vom Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI). Einige Standorte können darüber hinaus auf einen eigenen Förderverein oder einen regionalen Sponsor zurückgreifen.

3.3 Infrastrukturelle Ressourcen

Auch die infrastrukturellen Ressourcen unterscheiden sich, wobei die meisten Befragten für ihren Standort eine aus ihrer Sicht gute bis sehr gute Infrastruktur angeben, die sich aus Perspektive der Kaderathletinnen und -athleten in folgenden Aspekten widerspiegelt: ausreichend vorhandene Trainingsflächen und -zeiten (Hallenkapazitäten etc.), barrierefreie Zugänge zu allen Räumlichkeiten am Para Stützpunkt sowie am OSP, ausreichend spezifisches Trainingsequipment, gute (auf gegenseitige Wertschätzung beruhende) Zusammenarbeit mit dem ansässigen Olympiastützpunkt (OSP), Möglichkeit zum barrierefreien Wohnen in Standortnähe (Wohnung oder Internat), kurze Wege vor Ort und Kooperationen mit Krankenhäusern und anderen Partnern wie Universitäten. Lediglich an einem untersuchten Standort wird die Infrastruktur als explizit mangelhaft beschrieben. So wird beispielsweise kritisiert, dass der aktuell erforderliche regelmäßige Wechsel zwischen verschiedenen Trainingsstandorten für viele Para-Athletinnen und Athleten mit großem Aufwand verbunden sei. Auffällig ist, dass nicht an allen Stützpunktstandorten seitens der jugendlichen Para-Athletinnen und Athleten die vorhandene Eliteschule des Sports genutzt wird. Als Gründe werden angegeben die fehlende Möglichkeit zur Internatsunterbringung sowie die mangelhafte Barrierefreiheit der Schule. Von fehlender Barrierefreiheit wird seitens der Befragten auch in Bezug auf einige Olympiastützpunkte gesprochen, was dazu führt, dass die Para Athletinnen und Athleten die dort verfügbaren Serviceleistungen, die ihnen aufgrund ihres Kaderstatus zustehen, nicht nutzen.

Insgesamt ziehen alle Interviewgruppen mehrheitlich ein positives Fazit im Hinblick auf die Verteilung von personellen, finanziellen und infrastrukturellen Ressourcen an ihrem PTS-Standort.

Ausdrücklich betont wird seitens der Expertinnen und Experten, dass der Auf- und Ausbau der Stützpunkte über mehrere Jahre hinweg allein auf das hohe Engagement des jeweiligen Leitungspersonals zurückzuführen sei und dass der Entwicklungsprozess hin zu einer dem Olympischen Sport gleichberechtigten Förderung noch keineswegs abgeschlossen sei. Als kritisch wird seitens der Stichprobe das zentrale Kriterium zur Anerkennung als Stützpunkt betrachtet: Nicht nur die Anzahl der am jeweiligen Stützpunkt trainierenden Bundeskaderathletinnen und -athleten dürfe für den Fortbestand des Stützpunktes ausschlaggebend sein; vielmehr sei die Nachwuchsarbeit – unabhängig vom Kaderstatus der Sportlerinnen und Sportler – ebenso zu würdigen. Für eine kontinuierliche Nachwuchsarbeit, die eine langfristige Perspektive bietet und aus der langfristig wiederum Bundeskader hervorgehen, sei es unabdingbar, langfristig gesicherte Strukturen aufzubauen. Wenn die Aufrechterhaltung ebensolcher Strukturen jedoch ausschließlich von der Anzahl an aktuellen Bundeskaderathletinnen und -athleten vor Ort abhängt, sei dies kontraproduktiv und in keiner Weise vorausschauend angelegt. Die Befragten sind sich einig, dass es eine gewisse Zeit braucht, einen derartigen Stützpunkt dahingehend zu entwickeln, bis er tatsächlich zugkräftig wirkt und eine hohe Athletenkonzentration erreicht werden kann.

Analoge Stützpunktlogik im olympischen versus paralympischen Sport?

Die befragten Para-Athletinnen und -athleten vertreten einhellig die Meinung, dass es parallel zur bestehenden OSP-Infrastruktur keinesfalls ein eigenständiges Stützpunktsystem für den paralympischen Sport geben sollte. Sie betonen nachdrücklich, dass durch gemeinsam genutzte Stützpunkte seitens des organisierten Sports eine wichtige Botschaft in Sachen Inklusion und gleichberechtigter Teilhabe ausgesendet werde. Vor allem ist es für die Befragten wichtig, dass ihnen durch den Zugang zur Infrastruktur des olympischen Sports signalisiert wird, dass sie gleichberechtigt als (Hoch-)Leistungssportlerinnen und -sportler anerkannt und wertgeschätzt sind.

Einigkeit besteht innerhalb der Stichprobe weiterhin darüber, dass der paralympische Leistungssport zwar keine parallele Stützpunktstruktur benötigt, dass die bestehende Infrastruktur jedoch konsequent(er) auf Barrierefreiheit geprüft werden muss. Ist diese Barrierefreiheit nicht gegeben, sei dies ein eindeutiges Ausschlusskriterium, was die gleichberechtigte Teilhabe von Para-Athletinnen und Athleten anbelangt.

3.4 Vergleich Sportarten ohne/mit PTS-Anbindung

Für Sportarten ohne einen zur Verfügung stehenden PTS bzw. für Athletinnen und Athleten, die aufgrund persönlicher Lebensumstände nicht an einen PTS-Standort umziehen können, ist offenkundig, dass viele Unterstützungsleistungen wegfallen und diese einen großen Aufwand betreiben, um die unterschiedlichen Bereiche ihres Lebenszusammenhangs und die damit zusammenhängenden Verpflichtungen aufeinander abzustimmen. Besonders herausfordernd gestaltet sich die Situation für Personen aus dem Mannschaftssport ohne PTS-Anbindung. Die Athletinnen und Athleten nehmen mitunter lange Fahrtwege (zum Beispiel einmal wöchentlich eine halbe Tagesreise per Bahn) auf sich, um mit einer Vereinsmannschaft auf anspruchsvollem Niveau trainieren zu können. Viele Kaderathletinnen und -athleten, die ausschließlich im Vereinssetting trainieren, bewegen sich in Trainingsgruppen, deren Mitglieder größtenteils nicht dem Niveau des Kaders entsprechen, so dass es keine für sie förderliche Leistungsdichte gibt, die sie wachsen lässt.

Die Beurteilung des aktuellen Trainingssettings spiegelt die Akzeptanz und Nutzung des Systems durch die Athletinnen und Athleten wider. Diese zeigt einerseits deutliche Unterschiede zwischen Kaderathletinnen und -athleten mit und ohne PTS-Anbindung, sowie andererseits zwischen Individual- und Mannschaftssportarten. Fast alle Aktiven, deren Sportart einem PTS zugeordnet ist und die in der Nähe des jeweiligen Stützpunktes wohnen, berichten Positives und geben sich als sehr überzeugt von den am PTS für sie gebotenen Gegebenheiten. Auffällig ist, dass vor allem diejenigen Befragten, deren Stützpunkt alteingesessen ist, das heißt, bereits seit Beginn

des Stützpunktsystems im Jahr 2009 besteht, in den höchsten Tönen von ihrer Trainingssituation sprechen. Aber auch vor allem jene, die vor ihrer Kadermitgliedschaft längere Zeit im Verein oder größtenteils selbstorganisiert im Fitnessstudio trainieren mussten, sind sich des professionellen Umfelds, das sie nun genießen, im Besonderen bewusst. Alle an einem Stützpunkt regelmäßig trainierenden Befragten betonen, es wertzuschätzen, auf diese Weise einer leistungs-sportorientierten Trainingsgruppe zugeordnet zu sein und von hauptamtlichen Trainerpersonal betreut zu werden.

Athletinnen und Athleten in Sportarten ohne eine PTS-Anbindung berichten hingegen von schlechteren Ausgangsbedingungen für Training und Wettkampf. Sie berichten auch deshalb von weit größeren zu bewältigenden Herausforderungen, da in ihren Sportarten finanzielle Zuschüsse stets unmittelbar von den zu liefernden Erfolgen (im Sinne der Medaillenausbeute bei internationalen Meisterschaften) abhängen und so langfristige Planungen kaum möglich seien. Das Gefühl, aufgrund fehlender PTS-Anbindung keinerlei Anleitung durch eine Trainerin oder einen Trainer zu erhalten, betrifft mehrere Befragte.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass Kaderathletathletinnen und -athleten aus Sportarten ohne PTS-Anbindung in ihrer täglichen Trainingssituation mit Herausforderungen konfrontiert sind, die nicht mit den an den PTS größtenteils guten Bedingungen zu vergleichen sind. Es wurde in den Interviews deutlich, dass eine regelmäßige Betreuung an einem Stützpunkt für diese Befragten eine klare Wunschvorstellung darstellt. Alle Befragten, die das Privileg aufweisen, dass erstens ihre Sportart einem PTS zugeordnet ist und dass zweitens ihr Wohnort es erlaubt, auf die Vorzüge des Stützpunktes tatsächlich täglich oder mehrmals wöchentlich zurückzugreifen, wissen von dem großen Gegensatz zu berichten, der sich aus Stützpunkttraining im Vergleich zum Vereinstraining ergibt. Die Tatsache, dass Kadermitglieder von den besagten Vorzügen zwar profitieren, der Nachwuchs, der sich erst zum Kader entwickeln muss, größtenteils von derartigen optimalen Bedingungen ausgeschlossen ist, wird wiederholt moniert.

3.5 Konkreter Handlungsbedarf

1. Als primärer Handlungsbedarf wird die Notwendigkeit einer hauptamtlichen Stützpunktleitung angegeben, um professionelle organisatorisch-administrative Prozesse am Stützpunkt gewährleisten zu können. Mehrfach wird in den Interviews thematisiert, dass ein PTS ohne Stützpunktleitung nur bis zu einer bestimmten Größe funktionsfähig sei. Die Weiterentwicklung von Standorten ohne Stützpunktleitung sei gehemmt bzw. nicht möglich, da die Stützpunkttrainerinnen und -trainer in dem Fall gezwungen seien, Zeit für koordinative Leitungsaufgaben des Stützpunkts aufzuwenden. Dies lenke sie von ihren Kernaufgaben, nämlich der Betreuung und Förderung der Aktiven, ab. Insgesamt wird die Vielzahl an Aufgaben, die den Stützpunkttrainerinnen und -trainern zugewiesen ist, als (zu) umfangreich wahrgenommen.
2. Eine Erhöhung der finanziellen Ressourcen zur Bezahlung weiterer hauptamtlicher Trainerstellen ist aus Sicht der Befragten vonnöten, um eine verstärkte Individualisierung des Trainings (z. B. individualisiertes Athletiktraining) sowie eine angemessene physiotherapeutische und medizinische Betreuung zu gewährleisten. Ein Trainerteam müsse aus mindestens zwei Personen bestehen, um sich gegenseitig vertreten zu können.
3. Als weitere verbesserungswürdige Aspekte werden zu erhöhende Hallenkapazitäten genannt, die auf mehr Trainingsfläche höhere Trainingsumfänge sowie mehr Flexibilität in den Trainingszeiten zulassen; denn es fällt auf, dass an mehreren Standorten den Para-Trainingsgruppen aktuell Trainingszeiten vorrangig am Tagesrand zugewiesen werden.

Darüber hinaus zeigt sich an manchen Standorten Nachbesserungsbedarf im Hinblick auf die Kooperation mit dem ortsansässigen OSP, wie zum Beispiel:

- › Laufbahn- und Ernährungsberatung
- › Verstärkte Berücksichtigung des Para Sports in den Eliteschulen des Sport

- › Kooperationen mit Universitäten und regionalen Arbeitgebern
- › Barrierefreier, finanzierbarer Wohnraum nahe dem Stützpunkt.

4 Diskussion

Kaderathletinnen und -athleten ohne die Möglichkeit, regelmäßig an einem PTS zu trainieren, müssen einen erheblichen Mehraufwand in der Trainings- und Wettkampfororganisation betreiben. Ihnen stehen weniger Trainingsstunden sowie kaum Betreuung durch hauptamtliches Trainerpersonal zur Verfügung.

In den Sportarten, die eine PTS-Anbindung aufweisen, greifen die Para-Athletinnen und Athleten auf unterschiedliche, nicht durchweg vergleichbare Ressourcen zurück. Es deutet sich an, dass der Erfolg eines Standorts in einem nicht unerheblichen Maße von folgenden Faktoren abhängig ist:

- › Gibt es am jeweiligen Standort bereits eine Tradition im Bereich des Behindertensports/des paralympischen Sports?
- › Gibt es am jeweiligen Standort eine hauptamtliche Struktur bezüglich des Trainerpersonals und weiteren betreuenden Personen?
- › Bringen die jeweiligen Akteurinnen und Akteure bereits eine jahrelange/mitunter jahrzehntelange Erfahrung mit und haben entsprechende Netzwerke aufbauen können?
- › Gab es eine derartige Tradition schon vor Etablierung des PTS?
- › Wie verhält sich die Unterstützung von Partnern aus der Region in Bezug auf das Thema Behindertensport/paralympischer Sport?
- › Ist die Unterstützung von Partnern aus der Region zukünftig gewährleistet?

- Inwiefern können die bestehende Infrastruktur und vorhandene Ressourcen aus dem olympischen Sport mitgenutzt werden?
- Wie verhält es sich mit der Offenheit der Akteurinnen und Akteure aus dem olympischen Sport gegenüber dem paralympischen Sport?

5 Literatur

Deutscher Behindertensportverband e. V. (2018). *Stützpunktkonzept DBS: 2. Fortschreibung 2017- 2022*, Stand April 2018. Abruf unter https://www.dbs-npc.de/tl_files/dateien/leistungssport/Kon-zepte/Fortschreibung_St%C3%BCtzpunktkonzept_2018_final.pdf

Radtke, S. (2011). Nachwuchsgewinnung und -förderung als Herausforderung im paralympischen Sport. *Leistungssport*, 41(3), 48-51.

Radtke, S. (2013). Zwischen Inklusion und Exklusion. Internationaler Vergleich von Systembedingungen für einen erfolgreichen Leistungssport – erste Ergebnisse eines Forschungsprojekts. In V. Anneken (Hrsg.), *Wissenschaftliche Schriftenreihe des Forschungsinstituts für Inklusion durch Bewegung und Sport: Bd. 2. Inklusion durch Sport – Forschung für Menschen mit Behinderungen* (1. Aufl., S. 43-63). Sportverlag Strauß.

Radtke, S., & Doll-Tepper, G. (2010). *Ist-Analyse von Talentsichtung und -förderung im Behindertensport in den deutschen Landesverbänden und im Ausland (Pilotstudie)*. BISp.

Radtke, S., & Doll-Tepper, G. (2014). Nachwuchsgewinnung und -förderung im paralympischen Sport: Ein internationaler Systemvergleich unter Berücksichtigung der Athleten-, Trainer- und Funktionärsperspektive (2013. Aufl.). *Schriftenreihe des Bundesinstituts für Sportwissenschaft: Bd. 2014,02*. Sportverl. Strauß.

Wegner, M., Brückner, J., & Pochstein, F. (2009). *Nachwuchsgewinnung und Nachwuchsförderung im Hochleistungssport der Menschen mit Behinderung*. Universität Kiel.

Injury and Illness Surveillance im paralympischen Leistungssport (ISSPA)

(AZ 070404/18-20)

Anja Hirschmüller (Projektleitung)^{1,2,3}, Aglaja Busch, Berit Bretthauer, Verena Meidl, Petra Dallmann, Rainer Leonhart, Johanna Kubosch & Nina Wrobel

¹Universitätsklinikum Freiburg, Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie,

²ALTIUS Swiss Sportmed Center Rheinfelden

³Leitende Ärztin Leistungssport sowie leitende Sportärztin Paracycling, Deutscher Behindertensportverband

1 Problem

Zur Analyse typischer Erkrankungs- und Verletzungsmuster sowie zur Implementierung von Präventionsprogrammen wurden in den letzten Jahren im professionellen Sport standardisierte Krankheits- und Verletzungserhebungen eingeführt (Clarsen et al., 2015; Ekegren et al., 2016). In der Zwischenzeit existieren diverse „Injury and Illness surveillance“ Systeme, welche standardmäßig bei internationalen Großveranstaltungen wie olympischen Spielen, Weltmeisterschaften (Fußball, Leichtathletik, Schwimmen, Skifahren, u. a.) oder der UEFA Champions League zum Einsatz kommen (Ekman et al., 2015). Darüber hinaus werden in einigen Nationen für bestimmte Sportarten spezifische nationale Dokumentationssysteme verwendet, z. B. der „Australian Football League annual injury survey“ (Orchard, Seward & Orchard, 2013), der „Cricket Australia injury survey“ (Orchard, James & Portus, 2006; Orchard et al., 2005), das „Norwegian professional football league injury reporting system“ (Bjorneboe et al., 2011) und das „England Professional Rugby Injury Surveillance Project“ (Brooks et al., 2005a; 2005b)

Da die Zahl der medizinischen Probleme deutlich unterschätzt wird, wenn das Monitoring nur im Rahmen der Hauptwettkämpfe durchgeführt und typische Beschwerden der Off-season nicht erfasst werden, ist ein kontinuierliches Monitoring zu präferieren. Darüber hinaus bietet sich im Leistungssportbereich ein System an, das neben dem kontinuierlichen Monitoring der Aktiven auch eine prompte Interaktion mit den Athleten bzw. Athletinnen und frühzeitige

Interventionen bei Auffälligkeiten ermöglicht. Vor diesem Hintergrund wurde ein einfacher Fragebogen entwickelt, der es möglich macht, gesundheitliche Probleme von Aktiven frühzeitig und valide zu erfassen (Clarsen et al., 2014). Wir übersetzten diesen international etablierten Fragebogen ins Deutsche und validierten ihn an einem Kollektiv paralympischer Topathleten (deutsche Paracycling Nationalmannschaft) (Hirschmüller et al., 2017). In einem Pilotprojekt 2016 verwendeten wir den Fragebogen während der Vorbereitungsperiode der paralympischen Sommerspiele und während der Paralympischen Spiele, um die nominierten Athleten zu monitorieren. Die Auswertung zeigte unter anderem eine sehr gute Compliance und eine extrem hohe Akzeptanz und Zufriedenheit der teilnehmenden Athleten. Ein Optimierungsvorschlag der teilnehmenden Athleten beinhaltete einerseits die Ausweitung des Monitorings auf psychische Probleme sowie andererseits eine erleichterte Eingabemodalität – insbesondere bei schlechter Verfügbarkeit eines Internetzuges.

Hauptziele des aktuellen Forschungsprojektes waren daher

- die Handhabung und die Auswertung des Fragebogens über eine Smartphone-Applikation zu optimieren
- ein Monitoring der mentalen Gesundheit in die wöchentliche Abfrage zu integrieren um a) Daten über die Epidemiologie psychischer Probleme in dieser

Athletenpopulation zu erheben und b) den teilnehmenden Athleten einen erleichterten Zugang zu psychiatrischer Unterstützung zu ermöglichen, sollte dies benötigt werden

- das Monitoring auf eine größere Athletengruppe auszuweiten, um die Surveillance Datenlage über Erkrankungen und Verletzungen in den paralympischen Sportarten zu verbessern.

2 Methode

2.1. Entwicklung und Optimierung einer Smartphone Applikation zur Erfassung der physischen und psychischen Verfassung

Im ersten Schritt wurde ein Kooperationspartner gesucht, um eine gut funktionierende Smartphoneapplikation zu entwickeln. Hierfür wurde der Markt gescreent und die Hauptanbieter von Athletenmonitoringprogrammen evaluiert. Aufgrund des bereits fortgeschrittenen Entwicklungsstatus und der Teilnahme internationaler Kooperationspartner sowie der Verfügbarkeit von weiteren optionalen Features, die von den Athleten genutzt werden können, fiel die Wahl auf die Applikation „Athletenmonitoring“ der Firma Fistats. In enger Kooperation mit Fistats wurde der OSTRC-Fragebogen in der deutschen Form in die Smartphone-Applikation („App“) integriert. Darüber hinaus wurde nach einer umfangreichen Literaturrecherche zu möglichen reliablen und validen Fragebogens-Tools zur Erfassung der mentalen Gesundheit, der PHQ4 sowie eine visuelle Analogskala, welche den Stresslevel der Athleten erfasst, in die App integriert. Auch eine Abfrage der Stimmung und des Trainingsumfangs wurden hinzugefügt. Projektteilnehmende der ersten Phase waren 78 Nationalkaderathleten, die sich auf paralympische Sommer- und Winterspiele vorbereiteten. Es erfolgte eine wöchentliche Erhebung von Depressions- und Angstsymptomen mit dem PHQ-4 sowie von Stresslevel und Stimmung zur

Berechnung der Konstruktvalidität des PHQ-4 in dieser Population. Außerdem wurde die Häufigkeit positiver PHQ-4-Screens ermittelt.

2.2. Kontinuierliches wöchentliches Monitoring der physischen und psychischen Verfassung der Eliteathleten des deutschen Behindertensportverbandes

Nach mehrwöchigem Test der Plattform innerhalb des Projektteams wurden alle Kaderathleten des deutschen Behindertensportverbandes im April 2019 eingeladen, am Monitoring teilzunehmen. Dies erfolgte aus Datenschutzgründen durch Geschäftsstellenmitarbeiter des Verbandes. Sobald die Athleten ihre Zustimmung zur Teilnahme und Weitergabe ihrer Kontaktdaten gaben, wurde das Projektteam informiert. Parallel besuchten Mitarbeiter des Projektteams zahlreiche Lehrgangsmaßnahmen, um Athleten und Betreuer verschiedenster Sportarten über das Projekt zu informieren, zur Teilnahme einzuladen und die Stammdaten zu erheben.

Die beteiligten Betreuungspersonen wurden definierten Berufsgruppen zugeordnet, die auf der Plattform Athletenmonitoring unterschiedliche Rechte eingeräumt bekamen. So kann der Trainer nur sehen, dass ein Athlet verletzt/erkrankt ist, Diagnosen oder andere medizinische Details sind nicht einsehbar. Physiotherapeuten und Mannschaftsärzte können die angegebenen medizinischen Probleme einsehen und ggf. bearbeiten, wenn sie die Betreuung der Athleten selbst übernehmen. Erläuterung: Bei einigen Sportarten wurde die wöchentliche Analyse der eingetragenen Daten und die entsprechende Kommunikation mit den Athleten von den Verbandsärzten selbst übernommen (z. B. Rollstuhlbasketball), wohingegen viele Verbandsärzte favorisierten, nur bei schlimmeren Problemen kontaktiert zu werden. Die termingenaue Aufforderung zum Ausfüllen der Fragebogen (jeweils Sonntagabend) erfolgte wahlweise als E-Mail oder Push Nachricht. 2 Tage später wurden Reminder versendet, wenn noch kein Fragebogen eingegangen war.

Der gesamte longitudinale Erhebungszeitraum erstreckte sich über 124 Wochen von Mai 2019 bis September 2021.

3 Ergebnisse

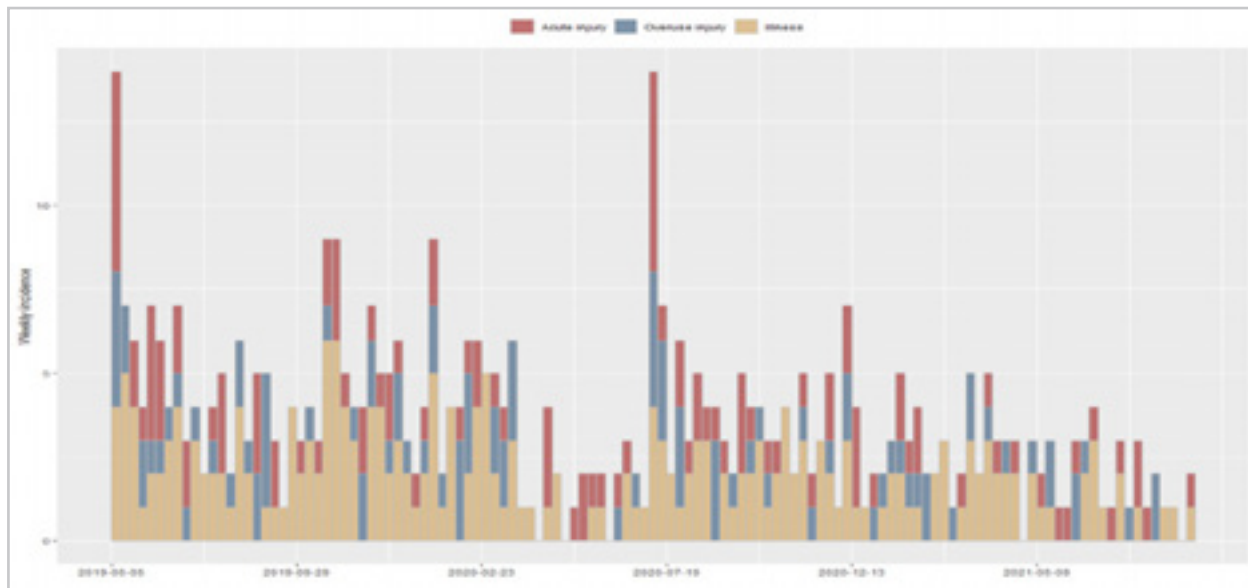
3.1 Validierung des PHQ-4 (Patient Health Questionnaire) für das Monitoring der mentalen Gesundheit

Bei einer durchschnittlichen wöchentlichen Rücklaufquote von 83 % wurden insgesamt 2149 PHQ-4-, 2159 Stresslevel- und 2153 Stimmungsangaben erfasst. Der mittlere PHQ-4-Wert aller teilnehmenden Sportler lag bei 1,2 (CI95 % [1,1-1,3]). Die einzelnen wöchentlichen Werte reichten von null bis 12 und zeigten signifikante Bodeneffekte, wobei 54 % der Werte null waren. Die PHQ-4-Werte waren bei weiblichen Sportlerinnen und Mannschaftssportlern signifikant höher ($p < .001$). Die interne Konsistenz des PHQ-4 war mit einem Cronbachs-Wert von 0,839 zufriedenstellend. Es gab signifikante Korrelationen zwischen dem PHQ-4 und dem Stresslevel (= 0,537) sowie den Stimmungswerten (= 0,491) ($p < .001$). 39,7 % aller Athleten ($n = 31$) hatten mindestens einen positiven Screen für Depressionen oder Angstzuständen.

Der PHQ-4 erwies sich somit als valides Instrument zum kontinuierlichen Monitoring der psychischen Gesundheit von Para-Elitesportlern. Die Konstruktvalidität war gegeben, da signifikante Korrelationen zwischen dem PHQ-4 und dem Stresslevel sowie der Stimmung nachgewiesen werden konnten. Hohe wöchentliche Rücklaufquoten deuteten auf eine gute Akzeptanz bei den Para-Sportlern hin. Die wöchentliche Beobachtung ermöglichte die Identifizierung individueller Schwankungen und von Athleten mit einem Risiko für psychische Probleme, wenn sie mit einer klinischen Nachuntersuchung kombiniert wurde.

3.2 Ergebnisse des somatischen Monitorings (Kontinuierliche wöchentliche Surveillance über 124 Wochen bis zu den paralympischen Sommerspielen Tokio 2021)

- Kollektiv: 122 der ca. 300 Kaderathleten nahmen am Projekt teil – in unterschiedlich langer Dauer. 62,5 % ($n = 64$) waren männlich, 47,5 % ($n = 58$) weiblich
- Im Durchschnitt wurden der Fragebogen von einem Athleten über 63 Wochen ausgefüllt (Range: 3-124 Wochen). Insgesamt 53.739 Athletentage wurden erfasst.
- Die Gesamtexpositionszeit (Trainings- oder Wettkampfstunden aller Athleten) betrug 89.698 Stunden, bei im Durchschnitt 12 (± 7.7) Stunden pro Athlet und Woche
- Die häufigsten Behinderungsarten der teilnehmenden Athleten waren:
 - 42 Querschnittslähmung/Rückenmarksläsionen (34.4 %)
 - 23 Einschränkung der Muskelleistung (18.9 %)
 - 17 Extremitätenbehinderungen/Amputationen (13.9 %)
 - 16 Neurologische Schäden (13.1 %)
 - 15 Sehbehinderung (12.3 %)
 - 6 Cerebralparese (4.9 %)
- Sportarten:
 - 113 Sommersport (92.6 %), 9 Wintersportarten (7.4 %)
 - 62 Sportausübung stehend/gehend (50.8 %)
 - 60 Sportausübung im Rollstuhl (49.2 %)
 Hauptsportarten Rollstuhlbasketball, Paracycling, Para Athletics, Para Table Tennis, Wheelchair Rugby, Goalball Nordic Skiing

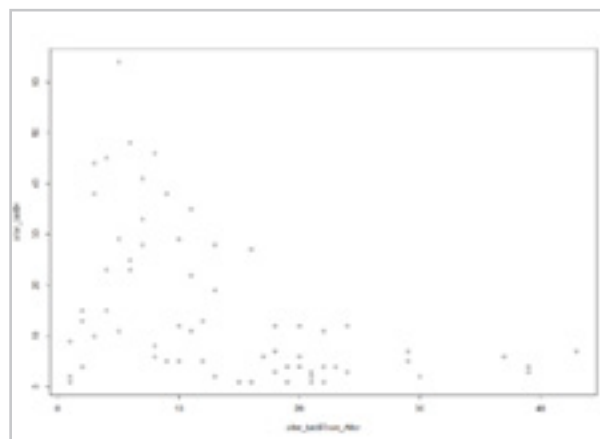


Häufigkeit von Erkrankungen und Verletzungen

Über den Untersuchungszeitraum von 124 Wochen wurden insgesamt 438 Gesundheitsprobleme gemeldet. Davon waren 224 Erkrankungen (51.1 %) und 214 Verletzungen (48.9 %), welche sich nochmals unterteilen lassen in 115 akute Verletzungen und 99 Überlastungsverletzungen. Eine zeitliche Einordnung der gemeldeten Gesundheitsprobleme ist in obiger Abbildung „Wöchentliche Inzidenzen von Gesundheitsproblemen über den Untersuchungszeitraum von Mai 2019 bis September 2021“ ersichtlich.

Dabei zeigte sich, dass 2/3 der gemeldeten Gesundheitsprobleme eine substantielle Auswirkung auf die Sportler hatte und diese nicht im vollen Masse an Trainings oder Wettkämpfen teilnehmen konnten.

Die Tabelle (S. 5) zeigt die Verletzungen unterteilt nach Körperregionen jeweils mit der Inzidenz, dem Zeitverlust und dem sog. „Burden“ (= Zeitverlust pro Athlet pro Jahr). Wie schon in anderen Studien erkennt man eine Dominanz von Verletzungen der oberen Extremitäten (v. a. Schulter und Hand aber auch Ellenbogen und Handgelenk).

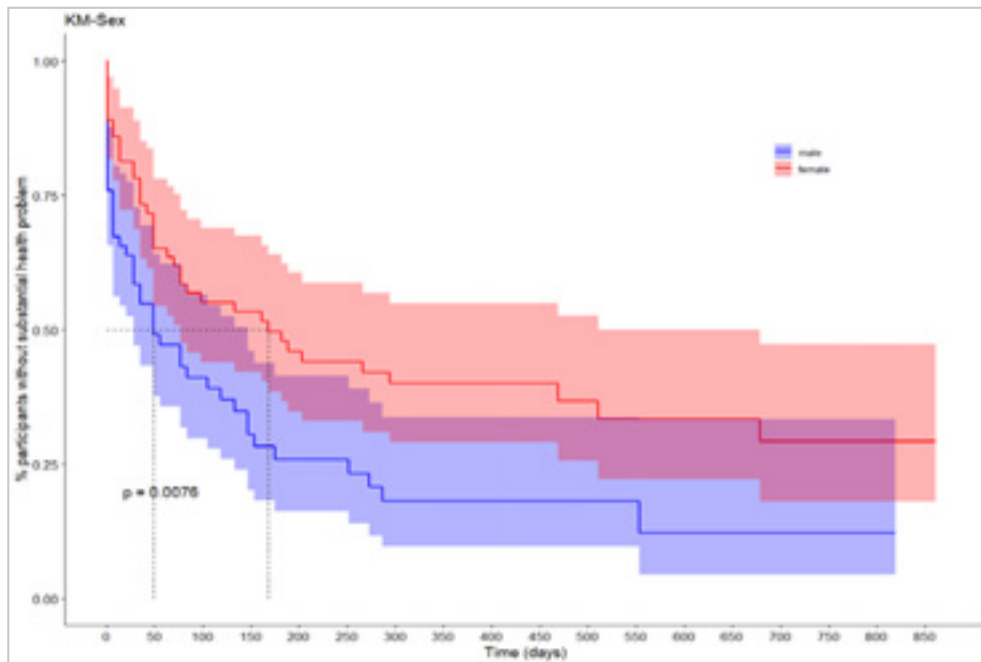


Das Trainingsalter, welches im Durchschnitt 9,5 ($\pm 7,5$) Jahre betrug, war negativ korreliert mit der Verletzungshäufigkeit ($r_s = -0,48$; $p < 0,00001$). Das bedeutet, dass erfahrene Athleten weniger häufig Gesundheitsprobleme aufwiesen als unerfahrene Sportler, die den Leistungssport noch nicht so lange ausüben.

Zur Veranschaulichung der Relevanz von Gesundheitsproblemen wurden sog. „Survival-Analysen“ durchgeführt. Analog zu Kaplan-Meier-Überlebenskurven zeigen diese den Zeitpunkt des ersten Auftretens eines substantiellen Gesundheitsproblems.

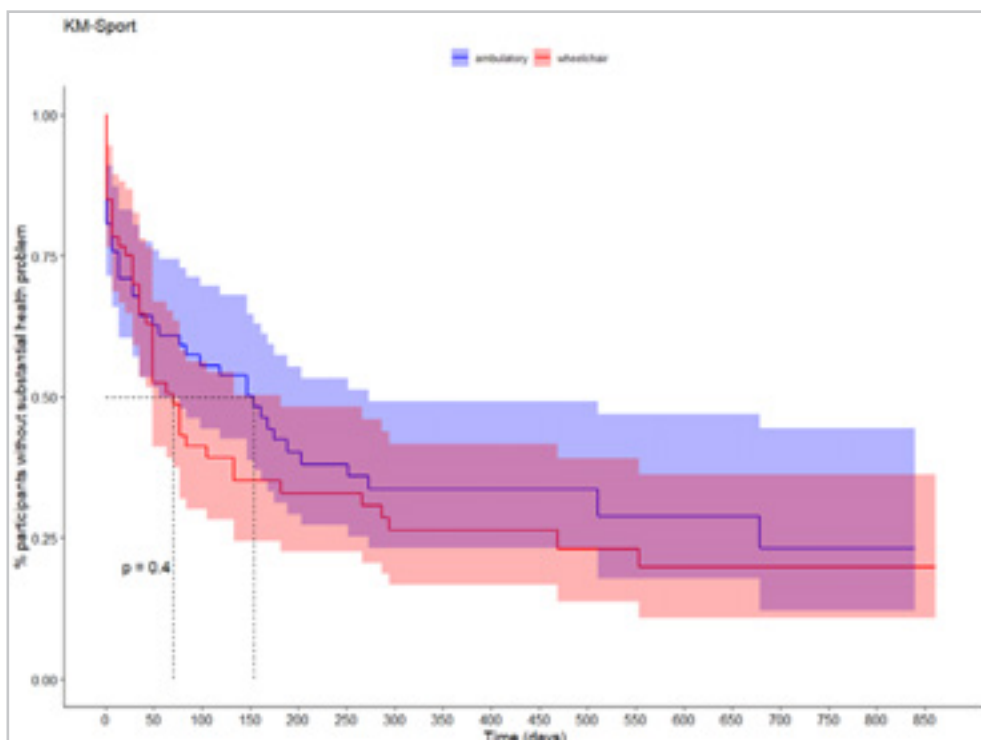
Die Zeitspanne bis zu diesem ersten Auftreten eines substantiellen Gesundheitsproblems betrug in unserer Kohorte im Median 84 Tage (95 % KI 49-168 Tage)(s. Abb. S. 6).

Region	Fälle (N)	Summe Zahlfälle (Pages)	MW Zahlfälle/50 Jahresfälle	MW Zahlfälle/100 Jahresfälle	MW Zahlfälle/1000 Jahresfälle	MW Zahlfälle/10000 Jahresfälle	MW Zahlfälle/100000 Jahresfälle	MW Zahlfälle/1000000 Jahresfälle	Incidenz Obere 95% KI	Incidenz Untere 95% KI	Incidenz pro Jahr	Incidenz pro 1000	Incidenz pro 10000	Incidenz pro 100000	Incidenz pro 1000000	Bunden (Zufälle/1000 in Tagen pro Arbeiter pro Jahr)	Bunden Untere 95% KI	Bunden Obere 95% KI
Kopf	18	121	6.72	4.13	4.83	8.67	0.12	0.08	0.129	0.69	0.83	0.83	0.69	0.83	0.83	0.69	0.83	0.83
Andere Zahnverletzungen	7	51	7.29	1.80	6	8.43	0.05	0.02	0.05	0.26	0.35	0.35	0.26	0.35	0.35	0.26	0.35	0.35
Gehörschützung/Commotion	3	8	2.67	1.33	1	4	0.02	0.01	0.02	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Nahten	15	54	3.6	8.79	0.867	8.4	0.11	0.06	0.06	0.37	0.37	0.37	0.28	0.48	0.48	0.28	0.48	0.48
Subkutane Muskelverletzung	4	0	0	0.00	0	0	0.03	0.01	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trapezius-Tripunkture	3	7	2.33	2.08	0	2.33	0	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Zervikales Facetensyndrom	4	5	1.25	0.96	0.5	2	0.03	0.01	0.03	0.03	0.03	0.03	0.01	0.07	0.07	0.01	0.07	0.07
Schulter	35	454	13	33.43	4.6	25.3	0.24	0.17	0.17	0.33	0.33	0.33	0.11	2.82	2.82	0.11	2.82	2.82
Andere Schulterverletzungen	11	144	13.1	18.02	3.82	34	0.08	0.04	0.08	0.13	0.13	0.13	0.08	1.15	1.15	0.08	1.15	1.15
Entzündung des Lungen Kopf der Bispaspine	11	14	1.27	2.61	0	2.91	0.08	0.04	0.08	0.11	0.11	0.11	0.05	0.16	0.16	0.05	0.16	0.16
Oberarm	3	0	0	0.00	0	0	0.02	0.01	0.02	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ellenbogen	11	68	6.18	9.82	1.27	12.5	0.08	0.04	0.08	0.13	0.13	0.13	0.06	0.36	0.36	0.06	0.36	0.36
Lentale Epithelypothese (Tennisarm)	3	28	9.33	13.58	1	25	0.02	0.01	0.02	0.05	0.05	0.05	0.01	0.27	0.27	0.01	0.27	0.27
Unterarm	4	12	3	3.56	0	6	0.03	0.01	0.03	0.06	0.06	0.06	0.04	0.54	0.54	0.04	0.54	0.54
Handgelenk	13	76	5.85	8.68	1.85	10.8	0.09	0.05	0.09	0.15	0.15	0.15	0.04	0.85	0.85	0.04	0.85	0.85
Andere Handgelenkverletzungen	4	1	0.25	0.30	0	0.75	0.03	0.01	0.03	0.06	0.06	0.06	0	0.25	0.25	0	0.25	0.25
Hand	25	153	6.32	8.68	3.32	9.72	0.17	0.11	0.17	0.25	0.25	0.25	0.04	1.22	1.22	0.04	1.22	1.22
Andere Handverletzungen	5	19	3.8	3.49	1.2	6.4	0.03	0.01	0.03	0.07	0.07	0.07	0.08	0.2	0.2	0.08	0.2	0.2
Prellung der Hand	3	35	11.7	16.86	0	31	0.02	0.01	0.02	0.05	0.05	0.05	0.17	0.33	0.33	0.17	0.33	0.33
proximale Interphalangealknaukel der Finger	3	23	7.67	6.81	0	13	0.02	0.01	0.02	0.05	0.05	0.05	0.1	0.25	0.25	0.1	0.25	0.25
Schneidverletzung der Handgelenksbeuge	4	10	2.5	3.00	0	5	0.03	0.01	0.03	0.06	0.06	0.06	0.04	0.12	0.12	0.04	0.12	0.12
Oberarm	12	135	11.2	29.49	1.25	29	0.08	0.04	0.08	0.14	0.14	0.14	0.05	1.05	1.05	0.05	1.05	1.05
costoverbrale Blockade	4	14	3.5	5.74	0	9	0.03	0.01	0.03	0.06	0.06	0.06	0.05	0.16	0.16	0.05	0.16	0.16
Bauch	3	8	2.67	3.79	0	7	0.02	0.01	0.02	0.05	0.05	0.05	0.03	0.11	0.11	0.03	0.11	0.11
Unterer Rücken	10	52	5.2	12.29	0.7	13.2	0.07	0.04	0.07	0.12	0.12	0.12	0.05	0.85	0.85	0.05	0.85	0.85
Facetensyndrom	3	3	1	1.73	0	3	0.02	0.01	0.02	0.05	0.05	0.05	0.01	0.05	0.05	0.01	0.05	0.05
Lumbaler Bandscheibenfall	3	42	14	21.54	0	40	0.03	0.01	0.03	0.05	0.05	0.05	0.21	0.38	0.38	0.21	0.38	0.38
Becken	9	202	22.4	35.33	1.44	44.6	0.06	0.03	0.06	0.11	0.11	0.11	0.1	1.38	1.38	0.1	1.38	1.38
Andere Verletzungen des Lumbenbereichs	3	6	2	1.73	0	3	0.02	0.01	0.02	0.05	0.05	0.05	0.02	0.08	0.08	0.02	0.08	0.08
Isolierte Blockade/ISS Blockade/ISS Syndrom	4	44	11	20.69	0	31.5	0.03	0.01	0.03	0.06	0.06	0.06	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4
Hüfte	11	147	13.4	26.15	2	30.6	0.08	0.04	0.08	0.13	0.13	0.13	0.04	1.17	1.17	0.04	1.17	1.17
Andere Hüft-Verletzungen	6	12	2	2.76	0.167	4	0.04	0.02	0.04	0.08	0.08	0.08	0.04	0.54	0.54	0.04	0.54	0.54
Hüftgelenksverletzung/Impingement	3	175	58.3	38.55	21	98	0.02	0.01	0.02	0.05	0.05	0.05	0.19	1.38	1.38	0.19	1.38	1.38
Oberarm	15	55	3.67	4.17	1.8	5.87	0.11	0.06	0.11	0.16	0.16	0.16	0.08	0.48	0.48	0.08	0.48	0.48
Quadriceps Zermung	3	11	3.67	5.51	0	10	0.02	0.01	0.02	0.05	0.05	0.05	0.04	0.19	0.19	0.04	0.19	0.19
Knie	9	31	3.44	3.84	1.33	6	0.06	0.03	0.06	0.11	0.11	0.11	0.15	0.3	0.3	0.15	0.3	0.3
Andere Knieverletzungen	3	14	4.67	4.73	1	10	0.02	0.01	0.02	0.05	0.05	0.05	0.11	0.05	0.11	0.05	0.11	0.05
Unterarm	5	33	6.6	9.04	0.4	14.6	0.03	0.01	0.03	0.07	0.07	0.07	0.05	0.31	0.31	0.05	0.31	0.31
Unterarm	4	38	4.5	6.40	0.5	11	0.03	0.01	0.03	0.06	0.06	0.06	0.12	0.08	0.12	0.06	0.08	0.12
Handgelenk	7	27	3.86	4.30	1.04	7	0.03	0.02	0.03	0.05	0.05	0.05	0.18	0.11	0.18	0.11	0.18	0.11
Handgelenk	9	72	8	10.43	2.11	14.6	0.06	0.03	0.06	0.11	0.11	0.11	0.1	0.52	0.52	0.1	0.52	0.52
Andere Fuß-Verletzungen	5	45	9	12.04	0.8	19.6	0.03	0.01	0.03	0.06	0.06	0.06	0.1	0.23	0.23	0.1	0.23	0.23



Dabei wurde ein signifikanter Unterschied zwischen Männern und Frauen gefunden ($p = 0,0076$). Männer hatten eine mediane Zeit von 168 Tagen (95 % KI 77-679 Tage) im Gegensatz zu Frauen mit 49 Tagen (95 % KI 28-147 Tage). Damit haben Männer zu jedem möglichen Zeitpunkt ein halb so hohes Risiko ein substantielles Gesundheitsproblem zu erleiden (Hazard Ratio = 0,55; 0,35-0,85 95 % KI).

Außerdem gab es einen Unterschied zwischen Fußgängersportarten (mediane Zeit bis zum Auftreten eines substantiellen Gesundheitsproblem 154 Tage (95 % KI 56-273 Tage) und Rollstuhlsportarten (Median 70 Tage 95 % KI 49-182 Tage) der jedoch keine statistische Signifikanz erreichte. Rollstuhlsportarten hatten hingegen nur ein leicht erhöhtes Risiko, ein substantielles Gesundheitsproblem zu erleiden (HR = 1,2; 0,77-1,85 95 % KI).



Zwischen verschiedenen Behindertengruppen wurde kein Unterschied gefunden. Athleten mit einer muskuloskelettalen Behinderung berichteten im Median nach 154 Tagen (39-553 Tage 95 % KI) ein substanzielles Gesundheitsproblem. Athleten mit einer neurologischen Behinderung zeigten bereits nach 77 Tagen (28-NA 95 % KI) ein Gesundheitsproblem. Die Aufteilung in die unterschiedlichen Behinderungsgruppen und damit Verkleinerung der Gruppenanzahl hat zur Folge, dass manche Aussagen nur explorativ erbracht werden können und lediglich eine Tendenz zeigen. Eine größere Stichprobe würde aussagekräftigere Ergebnisse bringen.

Zur Analyse der reziproken Effekte von physischer und psychischer Gesundheit wurden die PHQ-4 Werte und der Stresslevel von den Athleten mit und ohne Verletzungen/Erkrankungen verglichen. Generell lagen die PHQ-4 Mittelwerte ohne Gesundheitsprobleme genauso wie mit Gesundheitsproblemen unter unserem gesetzten Cut-off-Wert, der eine erhöhte psychische Belastung anzeigt. Dennoch gab es individuell erhöhte Werte, die eine psychotherapeutische Intervention erforderlich machten. Auffällig war auch, dass der Mittelwert des PHQ-4 bei den Athleten ohne Gesundheitsprobleme bei 1,1 (0,75-1,4 95 % KI) lag, der Wert bei substanziellen Gesundheitsproblemen jedoch mit 2,8 deutlich höher (2,2-3,4 95 % KI). Eine ähnliche Erhöhung konnte auch beim Stresslevel gesehen werden, der ohne Gesundheitsprobleme im Mittel 3,4 betrug (2,9-3,8 95 % KI) und bei substanziellen Gesundheitsproblemen im Schnitt mit 4,5 angegeben wurde (4-5 95 % KI). Eine gegenseitige Beeinflussung von physischer und mentaler Gesundheit lässt sich somit konstatieren. Darüber hinaus geben die Daten Hinweise darauf, dass substanzielle Erkrankungen einen größeren Negativeffekt auf die psychische Gesundheit haben als Verletzungen. Bei substanziellen Erkrankungen wurden die höchsten Mittelwerte des PHQ-4 (3,1; 95 % KI 2,6.-3,6) und des Stresslevels (5,0; 95 % KI 4,6-5,4) gemessen.

Darüber hinaus wurden bereits in den 2 Wochen vor dem Auftreten eines Gesundheitsproblems erhöhte Stresslevel-Werte registriert. Hierbei ergaben wieder die substanziellen Erkrankungen den höchsten Wert mit 4,2 (3,8-4,6 95 % KI),

wobei auch Verletzungen Mittelwerte um 4,0 erreichten. Die PHQ-4-Werte zeigten hingegen keine auffälligen Veränderungen.

Eine Korrelation zwischen den psychischen Gesundheitsparametern von PHQ-4 und Stresslevel und dem Zeitverlust und Schweregrad von Gesundheitsproblemen weist auf einen positiven Zusammenhang von PHQ-4-Werten und Schwere des Gesundheitsproblems ($r_s = 0,21$, $p < 0,0001$), sowie dem Zeitverlust ($r_s = 0,11$, $p < 0,0001$) hin. Dieser Trend wurde bei der Subanalyse der Schwere des Problems bei akuten Verletzungen ($r_s = 0,21$, $p < 0,0001$) und den Erkrankungen ($r_s = 0,19$, $p < 0,0001$) bestätigt. Korrelationen zwischen Stresslevel und Zeitverlust oder Schweregrad von Gesundheitsproblemen wurden als sehr schwach interpretiert.

3.3 Auswirkung der Corona Pandemie auf die teilnehmenden paralympischen Athleten

Der Ausbruch der Covid-19 Pandemie Im Frühjahr 2020 veränderte die gesamte Welt und den Sport nachhaltig. Der gesamte organisierte Sport kam vorübergehend gänzlich zum Erliegen. Anfangs versuchten die Athleten im Rahmen der Möglichkeiten so optimal wie möglich weiter auf ihren Saisonhöhepunkt – die Paralympics in Tokio – zu trainieren, bis diese dann letztendlich auf das Folgejahr verschoben wurden. Auch wenn erfreulicherweise keiner der teilnehmenden Athleten schwer erkrankte, entschieden wir uns frühzeitig, die Athleten über einen zusätzlichen Fragebogen zu den Auswirkungen der Pandemie auf den Sport und viele weitere Bereiche ihres Lebens zu befragen. Dieser Fragebogen wurde nicht nur an die aktuellen Projektteilnehmenden geschickt, sondern erneut an die gesamten Kaderathleten des Behindertensportverbandes. In diesem Zuge konnten weitere Athleten für das Gesamtprojekt rekrutiert werden. Über die Veröffentlichung erster Daten aus unserem Projekt bekamen wir Kontakt zur Arbeitsgruppe von Herrn Prof. Dr. Andreas Ströhle (Charité Berlin), welche in einer breit angelegten Quer- und Längsschnittsstudie die psychischen Auswirkungen der COVID-19-Pandemie in der Allgemeinbevölkerung untersucht. Über das Matching der PHQ-4 Daten unserer beider Arbeitsgruppen konnten die Ergebnisse

der paralympischen Spitzensportler mit der Allgemeinbevölkerung verglichen werden. Zu einem späteren Zeitpunkt (Ende des Jahres 2020) wurde der initiale Fragebogen wiederholt, um der neuen Situation und den Veränderungen Rechnung zu tragen und auch das Thema Impfung aufzugreifen.

Aus diesen 3 Subprojekten sind 2 Publikationen entstanden:

- › Kubosch et al. 2021 „Impact of the COVID-19 Pandemic on German Paralympic Athletes“ Sports Orthopedics and Traumatology
- › Busch et al. 2022 „Mental health in German Paralympic athletes during the first year of the COVID-19 pandemic compared to a general population sample“ Frontiers in Sports and Active living.

Aus Kubosch et al 2021 “Impact of the COVID-19 Pandemic on German Paralympic Athletes“

Hintergrund: Ziel der Studie war es, Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf den paralympischen Leistungssport sowie die mentale Gesundheit deutscher paralympischer Athleten zu untersuchen. *Material und Methoden:* Alle potentiell an den paralympischen Sommerspielen in Tokyo teilnehmenden deutschen Athleten wurden eingeladen, Fragen zur Teilnahme an Training und Wettkampf, physischer und mentaler Gesundheit und persönlichen wie auch beruflichen Auswirkungen der COVID-19-Pandemie zu beantworten.

Ergebnisse: Insgesamt füllten 109 Athleten (52 Männer, 57 Frauen, Durchschnittsalter 29,2 (+-10,4) Jahre) zwischen dem 17. Mai und dem 30. August 2020 den Fragebogen aus. 70 % der Athleten gaben an, dass die Organisation ihres Trainings deutlich erschwert war, zwei Drittel der Athleten trainierten weniger als zuvor. Die Hälfte der Teilnehmer sorgte sich um ihre eigene Gesundheit, ein Viertel um ihre Karriere und 8 % um ihre Finanzen.

Schlussfolgerungen: Die COVID-19-Pandemie hat deutliche Auswirkungen auf den Sport paralympischer Athleten. Viele Athleten machten sich Sorgen um die sozialen Auswirkungen und die Hälfte der Teilnehmer waren der Meinung, dass

Menschen mit Behinderung besonders von den Auswirkungen der COVID-19-Pandemie betroffen sind.

Aus Busch et al. 2022: “Mental health in German Paralympic athletes during the first year of the COVID-19 pandemic compared to a general population sample”

Einleitung: Die COVID-19-Pandemie hat enorme Auswirkungen auf das tägliche Leben und ist nicht nur mit körperlichen, sondern auch mit erheblichen psychischen Auswirkungen verbunden. Psychische Gesundheitsprobleme und Störungen der psychischen Gesundheit treten häufig bei paralympischen Spitzensportlern auf. Durch die Pandemiesituation können neue Stressoren (z. B. Verlust von Routine, finanzielle Unsicherheit) auf die Athleten einwirken. Daher ist die Bewertung der psychischen Gesundheit von Athleten während der COVID-19-Pandemie wichtig, um die Prävalenz psychischer Probleme zu ermitteln und Gegenmaßnahmen vorzuschlagen.

Methoden: Die psychische Gesundheit der deutschen paralympischen Athleten wurde im Rahmen einer Längsschnittuntersuchung (beginnend im Mai 2019) untersucht. Die Athleten füllten den Patient Health Questionnaire 4 (PHQ-4) wöchentlich aus und berichteten über ihr Stressniveau, ihre Trainingsstunden und ihre Trainingsbelastung. Unter der Pandemie wurden 8 Messzeitpunkte (März 2020 bis April 2021) gewählt, um den psychischen Gesundheitszustand der Athleten abzubilden. Parallel dazu wurde eine Zufallsstichprobe der Allgemeinbevölkerung zu ihrer psychischen Belastung befragt, unter anderem mit dem PHQ-4. Um in die Analyse einbezogen zu werden, mussten die Teilnehmer beider Gruppen mindestens 4 Messzeitpunkte absolviert haben. Der Abgleich zwischen den Para-Sportlern und der Allgemeinbevölkerungsstichprobe wurde vorrangig nach dem Abschluss derselben Messzeitpunkte, dem Messzeitpunkte, Geschlecht und Alter.

Ergebnisse: 78 paralympische Athleten (40 Frauen, 38 Männer, Alter: 29,8 ± 11,4 Jahre) erfüllten die Einschlusskriterien. 78 gematchte Paare aus der Allgemeinbevölkerung (40 Frauen; 38 Männer; Alter: 30,5 ± 10,9 Jahre) wurden ermittelt. Die Para-Sportler hatten signifikant ($p < 0,0001$; $0,39 < r < 0,48$) niedrigere PHQ-4-Werte zu jedem Messzeitpunkt als die Kontrollgruppe. Keine signifikanten Alters- oder Geschlechtsunterschiede in Bezug auf

die Symptombelastung waren festzustellen. Bei den Para-Sportlern zeigte sich keine signifikante und eine schwach positive Korrelation zwischen verringerter Trainingsbelastung und PHQ-4-Werten bzw. dem Stresslevel. Geringere körperliche Aktivität war signifikant ($p < 0,0001$) mit höheren PHQ-4-Werten in der Allgemeinbevölkerungsstichprobe verbunden.

Diskussion: Die Para-Sportler wiesen niedrigere PHQ-4-Werte auf als die Allgemeinbevölkerung. Bei der Interpretation der Daten muss jedoch der geringe Stichprobenumfang berücksichtigt werden. Nichtsdestotrotz sollten Personen mit psychopathologischen Symptomen eine angemessene Unterstützung bekommen, Para-Sportler ebenso wie für die Allgemeinbevölkerung.

3.4 Inanspruchnahme medizinischer Hilfe für mentale Probleme

Da bei vielen Athleten eine besondere Hürde besteht, bei psychischen Beschwerden Unterstützung in Anspruch zu nehmen, erhalten die Athleten darüber hinaus die Möglichkeit, am Ende des Fragebogens professionelle psychiatrische Mitbetreuung zu erbitten. Wenn dies gewünscht wurde, wurden die Athleten innerhalb von 3 Tagen kontaktiert und Hilfe angeboten. Wir screeneten darüber hinaus jede Woche die angegebenen PHQ-4 Werte und kontaktierten die Athleten bei 2-maligem Überschreiten des auf 4 gesetzten Cut-off Wert im PHQ 4 Fragebogen. Alle Kontaktaufnahmen bei Hilfebedarf wurden von der Sportpsychiaterin Dr. Petra Dallmann durchgeführt. Sie dokumentierte Grund der Inanspruchnahme, Symptomatik und eingeleitete Massnahmen. Wir analysierten diese Daten für das erste Jahr (05/19-04/20, vor Beginn der Covid-19 Pandemie), um den Einfluss der Pandemie auszuschließen. Die Ergebnisse sind auf einem wissenschaftlichen Poster zusammengefasst, welches von Frau Dr. Petra Dallmann im Rahmen der IOC Conference on Prevention of Injuries and Illnesses in Sports in Monaco 2021 präsentiert wurde. Das Abstract findet sich ebenfalls nachstehend. Bereits nach dem Start des Projekts im April 2019 zeichnete sich eine regelmäßige Nachfrage für eine psychiatrische und psychotherapeutische Beratung ab, die im Verlauf der Studie konstant anhielt.

Insgesamt erhielten 17 % aller teilnehmenden Athleten eine ausführliche fachärztliche Beratung und in vielen Fällen Hilfe bei der Suche nach einem geeigneten Sportpsychiater bzw. Sportpsychotherapeuten in der Umgebung. Es handelte sich in den meisten Fällen um Beschwerden im Zusammenhang mit Depressionen oder Angsterkrankungen. Auch akute Belastungsfaktoren spielten in vielen Fällen eine Rolle wie Stress durch die Ausbildung, gesundheitliche Beschwerden, Mannschaft, Betreuer und Leistungsdruck. Die Zufriedenheit mit dem Angebot war unter den Sportlern hoch.

4 Diskussion und Transfer

4.1. Transfer in die Wissenschaft

Die im Rahmen des Forschungsprojektes entwickelte und etablierte Smartphone-Applikation kann in der Zukunft von den Athleten des deutschen Behindertensportverbandes aber auch von anderen Forschergruppen aus dem deutschen Sprachraum genutzt werden. So kann der Wissensstand bezüglich typischer Erkrankung-/Verletzungsmuster sowie deren saisonale Verteilung in anderen Sportarten optimiert und die wissenschaftliche Begleitung des Leistungssportes vereinfacht werden. Auch internationales Datenpooling könnte einen deutlichen Erkenntnisgewinn bringen vor dem Hintergrund der teils kleinen Stichproben im paralympischen Spitzensport.

4.2. Transfer in die Praxis

Die optimierte medizinische Betreuung der Athleten im Rahmen des Forschungsprojektes kommt den beteiligten Athleten in der täglichen Praxis unmittelbar zugute.

Über individuelle Analysen einzelner Athleten können individuelle Risikoprofile/-faktoren identifiziert werden (z. B. zu hoher oder zu geringer Trainingsumfang, mögliche Prodromi der Infekte oder Überlastungsbeschwerden, Ungleichgewicht von Trainingsinhalten, Auslandsaufenthalt, Wechsel des Sportgerätes, die dann als Risikosignale den Athleten in Zukunft warnen).

Die Trainer können die gewonnenen Daten darüber hinaus zur Optimierung ihrer Saisonplanung einsetzen (beispielsweise um zu analysieren, ob während und nach einem Höhentrainingslager die Krankheitsrate ansteigt). Auch die Nutzung von Schnittstellen zu Trainingsdatensystemen könnte eine vielversprechende Transfermöglichkeit darstellen.

5 Literatur

- Bjorneboe, J., Florenes, T. W., Bahr R., & Andersen, T. E. (2011). Injury surveillance in male professional football; is medical staff reporting complete and accurate? *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21, 713-720.
- Brooks, J. H., Fuller, C. W., Kemp, S. P., & Reddin, D. B. (2005a). Epidemiology of injuries in English professional rugby union: part 2 training Injuries. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 767-775.
- Brooks, J. H., Fuller, C. W., Kemp, S. P., & Reddin, D. B. (2005b). A prospective study of injuries and training amongst the England 2003 Rugby World Cup squad. *British Journal of Sports Medicine*, 39, 288-293.
- Clarsen, B., Bahr, R., Heymans, M. W., Engedahl, M., Midtsundstad, G., Rosenlund, L., Thorsen, G., & Myklebust, G. (2015). The prevalence and impact of overuse injuries in five Norwegian sports: Application of a new surveillance method. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25, 323-330.
- Clarsen, B., Ronsen, O., Myklebust, G., Florenes, T. W., & Bahr, R. (2014). The Oslo Sports Trauma Research Center questionnaire on health problems: a new approach to prospective monitoring of illness and injury in elite athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 48, 754-760.
- Clarsen, B., Steffen, K., Berge, H. M., Bendiksen, F., Fossan, B., Fredriksen, H., Gjelsvik, H., Haugvad, L., Kjelsberg, M., Ronsen, O., Torgalsen, T., Walloe, A., & Bahr, R. (2021). Methods, challenges and benefits of a health monitoring programme for Norwegian Olympic and Paralympic athletes: the road from London 2012 to Tokyo 2020. *British Journal of Sports Medicine*, 55, 1342-1349.
- Derman, W., Schweltnus, M., & Jordaan, E. (2014). Clinical characteristics of 385 illnesses of athletes with impairment reported on the WEB-IISS system during the London 2012 Paralympic Games. *PM & R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*, 6, S23-30.
- Derman, W., Schweltnus, M., Jordaan, E., Blauwet, C. A., Emery, C., Pit-Grosheide, P., Marques, N. A., Martinez-Ferrer, O., Stomphorst, J., Van de Vliet, P., Webborn, N., & Willick, S. E. (2013). Illness and injury in athletes during the competition period at the London 2012 Paralympic Games: development and implementation of a web-based surveillance system (WEB-IISS) for team medical staff. *British Journal of Sports Medicine*, 47, 420-425.
- Ekegren, C. L., Gabbe, B. J., & Finch, C. F. (2016). Sports Injury Surveillance Systems: A Review of Methods and Data Quality. *Sports Medicine*, 46, 49-65.
- Ekman, E., Frohm, A., Ek, P., Hagberg, J., Wiren, C., & Heijne, A. (2015). Swedish translation and validation of a web-based questionnaire for registration of overuse problems. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25, 104-109.
- Hirschmüller, A., Kosel, J., Hübner, E. J., Kaiser, R., Küper, R., Michel-Leutheuser, P., Schmieder-von Welck, U., Schultz, W., Vater, H., Völpel, J., & Südkamp, N. P. (2014). Verletzungen und Überlastungsbeschwerden der deutschen paralympischen Athleten bei den Sommerspielen 2012 in London. *Sport-Orthopädie – Sport-Traumatologie – Sports Orthopaedics and Traumatology*, 30, 41-46.

- Hirschmuller, A., Steffen, K., Fassbender, K., Clarsen, B., Leonhard, R., Konstantinidis, L., Sudkamp, N. P., & Kubosch, E. J. (2017). German translation and content validation of the OSTRC Questionnaire on overuse injuries and health problems. *British Journal of Sports Medicine*, *51*, 260-263.
- Jorgensen, J. E., Rathleff, C. R., Rathleff, M. S., & Andreasen, J. (2015). Danish translation and validation of the Oslo Sports Trauma Research Centre questionnaires on overuse injuries and health problems. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*.
- Orchard, J. W., James, T., & Portus, M. R. (2006). Injuries to elite male cricketers in Australia over a 10-year period. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *9*, 459-467.
- Orchard, J. W., Newman, D., Stretch, R., Frost, W., Mansingh, A., & Leipus, A. (2005). Methods for injury surveillance in international cricket. *British Journal of Sports Medicine*, *39*, e22.
- Orchard, J. W., Seward, H., & Orchard, J. J. (2013). Results of 2 decades of injury surveillance and public release of data in the Australian Football League. *American Journal of Sports Medicine*, *41*, 734-741.
- Schwellnus, M., Derman, W., Jordaan, E., Blauwet, C. A., Emery, C., Pit-Grosheide, P., Patino Marques, N. A., Martinez-Ferrer, O., Stomphorst, J., Van de Vliet, P., Webborn, N., & Willick, S. E. (2013). Factors associated with illness in athletes participating in the London 2012 Paralympic Games: a prospective cohort study involving 49,910 athlete-days. *British Journal of Sports Medicine*, *47*, 433-440.
- Webborn, N., Cushman, D., Blauwet, C. A., Emery, C., Derman, W., Schwellnus, M., Stomphorst, J., Van de Vliet, P., & Willick, S. E. (2015). The epidemiology of injuries in football at the London 2012 Paralympic Games. *PM & R: The Journal of Injury, Function, and Rehabilitation*.
- Willick, S. E., Cushman, D. M., Blauwet, C. A., Emery, C., Webborn, N., Derman, W., Schwellnus, M., Stomphorst, J., & Van de Vliet, P. (2015). The epidemiology of injuries in powerlifting at the London 2012 Paralympic Games: An analysis of 1411 athlete-days. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*.
- Willick, S. E., Webborn, N., Emery, C., Blauwet, C. A., Pit-Grosheide, P., Stomphorst, J., Van de Vliet, P., Patino Marques, N. A., Martinez-Ferrer, J. O., Jordaan, E., Derman, W., & Schwellnus, M. (2013). The epidemiology of injuries at the London 2012 Paralympic Games. *British Journal of Sports Medicine*, *47*, 426-432.

Verlässliche Klassifizierung im Sehbehindertensport (vKISS)

(AZ 070403/19-20)

C. Z. Duval & S. P. Heinrich (Projektleitung)

Klinik für Augenheilkunde, Universitätsklinikum Freiburg, Medizinische Fakultät,
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

1 Problem

Eine korrekte Klassifizierung der teilnehmenden Personen ist im Behindertensport eine wichtige Voraussetzung für einen fairen Wettkampf. Bei Sehbehinderten ist insbesondere die Sehschärfe, neben Art und Ausmaß eventueller Gesichtsfeldausfälle, das wesentliche Kriterium für die Klassifizierung (IBSA, 2012).

Ein zu gut sehender Athlet bzw. eine zu gut sehende Athletin hätte gegenüber korrekt klassifizierten Sportlerinnen und Sportlern innerhalb einer Klasse enorme Vorteile. Die Situation wäre ähnlich wie bei einem Aktiven, der sich durch Doping einen Leistungsvorteil verschafft. Bei den üblichen Sehschärfetests handelt es sich um sogenannte „subjektive“ Tests, d. h. der Prüfling muss selbst mitteilen, was für ein Zeichen er jeweils zu erkennen glaubt. Dies erfordert naturgemäß die Kooperation des Prüflings, und es ist grundsätzlich ein Leichtes, durch absichtlich falsche Antworten eine sehr niedrige Sehschärfe vorzuspielen, also zu simulieren bzw. zu aggravierem („misrepresentation“). Dieses Problem wird in Fachkreisen als sehr gravierend eingestuft (Ravensbergen et al., 2016).

Es gibt verschiedene Ansätze, subjektive Tests resistent gegen Simulations- und Aggravationsversuche zu machen, oder einen solchen Versuch zumindest zu detektieren. Dabei macht man es sich beispielsweise zunutze, dass die Statistik der Antworten von der erwarteten abweicht (Ravensbergen et al., 2018; Roland et al., 2010), oder dass ein Testreiz einen Überraschungseffekt auslöst (messbar z. B. durch die Reaktionszeit), obwohl der Prüfling vorgibt, den Reiz nicht richtig erkennen zu können (Graf & Roesen, 2002)

„Objektive“ Sehtests erfordern wesentlich weniger Kooperation des Prüflings. Er muss nicht mitteilen, was er gesehen hat. Es wird vielmehr ein physiologisches Signal unter verschiedenen Messbedingungen gemessen, um daraus auf die Sehschärfe zu schließen. Ein Beispiel ist die Sehschärfeschätzung mittels visuell evozierter Potentiale (VEPs) (Hamilton et al., 2021). Hier werden Sehreize unterschiedlicher Feinheit präsentiert und die EEG-Antwort auf den Reiz betrachtet. Ist die Sehschärfe nicht ausreichend, um ein Muster einer bestimmten Feinheit aufzulösen, so ruft dieses Muster keine EEG-Antwort mehr hervor. So lässt sich die Grenze zwischen „auflösbar“ und „nicht auflösbar“ finden, die in einen Sehschärfewert umgerechnet werden kann.

Objektive Sehtests, in gewissem Umfang auch spezielle subjektive Tests, sind prädestiniert dazu, die Klassifikation sehbehinderter Sportler und Sportlerinnen unabhängiger von deren Mitwirkung zu machen. Der tatsächlichen Anwendung steht jedoch entgegen, dass die Verfahren nicht für alle Krankheitsbilder validiert sind und zum Teil noch für die speziellen Anforderungen des Klassifizierungsprozesses optimiert werden sollten.

2 Methoden

Im Rahmen des Projekts haben wir objektive und subjektive Verfahren weiterentwickelt, die zum Ziel haben, auch bei versuchter Täuschung eine korrekte Sehschärfe zu ermitteln oder zumindest den Täuschungsversuch anzuzeigen.

Objektive Verfahren nutzen physiologische Parameter statt der Antwort des Prüflings, insbesondere die bereits erwähnten visuell evo-

zierten Potentiale (VEPs) (Hamilton et al., 2021) und ereigniskorrelierte Potentiale (EKPs, basierend auf der P300-Kurve) (Heinrich et al., 2015, 2010), beides Teil der Hirnströme (EEG). Hier mussten wir insbesondere den in früheren Studien untersuchten Sehschärfebereich zu deutlich niedrigeren Sehschärfen hin erweitern. Das P300-basierte Verfahren hat den wichtigen Vorteil, dass das Ergebnis aussagekräftiger für die tatsächliche Wahrnehmung ist, da es das Sehen mindestens bis zur Bewusstwerdung des Sehreizes prüft (Rutiku et al., 2015). Für manche Erkrankungen ist bekannt, dass das VEP keine zuverlässige Sehschärfeschätzung erlaubt (Beusterien & Heinrich, 2018; Wenner et al., 2014). Demgegenüber gilt das VEP als robuster gegenüber kognitiven Manipulationsversuchen (z. B. Ablenkung der Aufmerksamkeit).

Subjektive Verfahren beruhen auf der Antwort des Prüflings. Sie haben den Vorteil, dass sie die – letztlich entscheidende – Wahrnehmung der Prüflinge direkt messen. Ausgehend von dem Stand der Literatur haben wir geprüft, ob statistische Unterschiede in den richtigen und falschen Antworten des Prüflings als Indikator für einen Täuschungsversuch ausreichend zuverlässig sind. Desweiteren haben wir untersucht, ob sich aus der Reaktionszeit ein Hinweis auf Täuschung ableiten lässt, wenn überraschend ein nicht entscheidbares Sehzeichen gezeigt wird. Als Sehzeichen wurde der Landoltring (Ring mit einer zu erkennenden Lücke) verwendet, die Ergebnisse lassen sich jedoch auf andere Sehzeichen übertragen.

Der geplante Studienverlauf bestand insbesondere aus

- › der Entwicklung einer Testbatterie, für die die Testkonzepte, welche in ihren Grundzügen größtenteils bereits in der Literatur beschrieben waren, an die speziellen Anforderungen der Klassifizierung angepasst wurden. Dies betraf insbesondere die besonders hohen Anforderungen an die Täuschungsresistenz, jedoch auch den relevanten Sehschärfebereich.

- › der Erhebung eines umfangreichen Normdatensatzes sowie der Prüfung der praktischen Umsetzbarkeit
- › der Entwicklung statistischer Werkzeuge für die Anwendung im Klassifizierungsalltag.

Diese Planung musste aufgrund der COVID-Pandemie angepasst werden, da die Normdatenerhebung nicht im geplanten Umfang erfolgen konnte. Zudem zeigte sich, dass die in der Literatur vorgeschlagenen Testkonzepte in der angezielten Personengruppe nicht immer zuverlässig funktionieren. Aus diesen Gründen nahm die Weiterentwicklung der Methoden einen größeren Raum ein. Insgesamt bestand die Studie somit aus zahlreichen Einzelversuchen, für die im Rahmen dieses Beitrags nur die Grundideen der verschiedenen Methoden dargestellt werden können (Abb. 1–3).

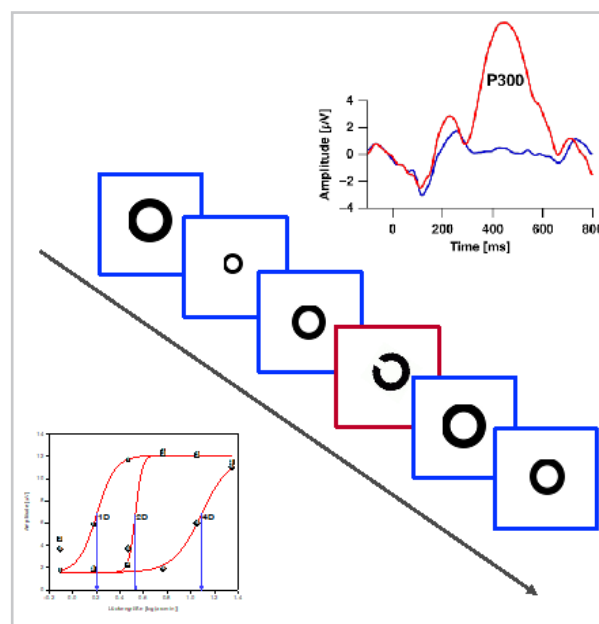


Abb. 1: Schematische Darstellung des Konzepts für die P300. Die häufigen Reize (geschlossene Ringe) und die seltenen Reize werden in einer schneller Abfolge (alle 1000 ms wird ein neuer Reiz für 500 ms gezeigt) nacheinander auf dem Bildschirm abgebildet. Der Landoltring als seltener Reiz (roter Rahmen) wird als anders wahrgenommen wenn die Öffnung gesehen wird. (Die blauen und roten Rahmen sind hier nur zur Verdeutlichung dargestellt und im eigentlichen Experiment nicht zu sehen.)

Abb. 1 (Forts.): Diese Veränderung löst eine mittels EEG messbare P300 aus. Ob die Öffnung gesehen wird, hängt von der Sehschärfe der Testperson sowie der Sehwinkelgröße des Ringes ab. Im Umkehrschluss kann durch eine messbare P300 oder das Ausbleiben dieser, die Sehschärfe ermittelt werden. Der Graph links unten zeigt für drei Sehschärfebedingungen die P300-Amplitude in Abhängigkeit von der Sehzeichengröße sowie die sich daraus ergebende Sehschärfeschätzung.

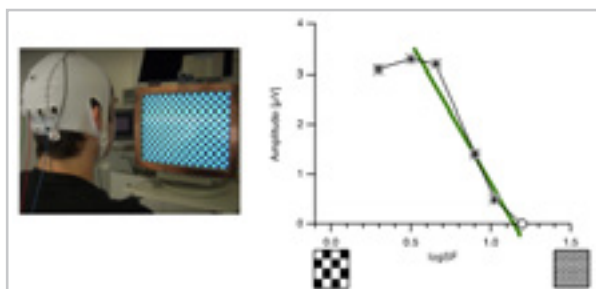


Abb. 2: Bei der Sehschärfeschätzung auf Basis von visuell evozierten Potentialen (VEPs) werden dem Prüfling Schachbrettmuster mit unterschiedlicher Feinheit gezeigt. Wird das Muster vom Sehsystem aufgelöst, so ist eine Antwort im VEP messbar. Reicht bei zunehmend kleineren Karos das Auflösungsvermögen nicht mehr aus, so ist für diese Person die Sehschärfegrenze erreicht.

3 Ergebnisse

3.1 Antwortstatistik

Dieser Testansatz hat sich zumindest in der einfachen Form als nicht Täuschungsresistent erwiesen. Die Testpersonen waren in der Lage, die von der ehrlichen Mitarbeit bekannte Antwortstatistik auch im Täuschungsfall gut zu reproduzieren.

3.2 Reaktionszeiten

Hier konnten Täuschungsversuche prinzipiell erkannt werden, jedoch nicht in jedem Einzelfall. Die Bewertung mit Hilfe einer Receiver Operator Characteristic ergibt eine Unterschiedskriterium von 14 Millisekunden für eine Spezifität von 80 % und eine Sensitivität von 77 %.

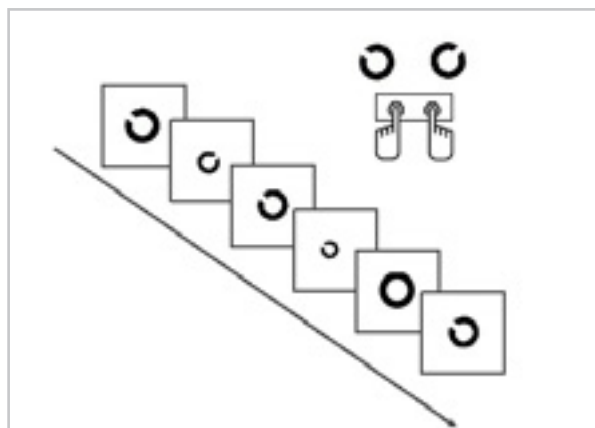


Abb. 3: Schematische Darstellung des Konzepts für die Reaktionszeiten. Landoltringe in zwei möglichen Ausrichtungen (oben rechts und oben links) werden in schneller Abfolge auf dem Bildschirm gezeigt. Die Testpersonen sollen durch Tastendruck die gesehene Ausrichtung angeben.

Das Konzept geht davon aus, dass auch bei mehrmaligem (gelegentlichem) Zeigen eines geschlossenen Rings eine auffällige Reaktionszeit auftritt, wenn der Ring als geschlossen erkannt wird. Aus der Reaktionszeitdifferenz zwischen offenen und geschlossenen Ringen, bzw. dem Fehlen einer Differenz, kann dann unmittelbar die Sehschärfe abgeschätzt werden.

3.3 Sehschärfe-VEP

Bei Personen mit stark ausgeprägten Sehstörungen und entsprechend herabgesetzter Sehschärfe war das Ergebnis des Sehschärfe-VEPs durchweg zumindest qualitativ passend oder das VEP war nicht zuverlässig messbar. Beides ist ein Hinweis auf tatsächlich niedrige Sehschärfe.

3.4 Sehschärfeschätzung mittels ereigniskorrelierter Potentiale (speziell P300)

Dieser Ansatz hat prinzipiell gut funktioniert. Versuchspersonen mit sehr niedriger Sehschärfe, insbesondere wenn auch Gesichtsfeldausfälle vorlagen, hatten jedoch Probleme, bei dem notwendigerweise sehr großen Sehzeichen ohne längeres Suchen das relevante Merkmal sofort zu identifizieren.

Dies wäre jedoch für die Extraktion der Reizantwort aus der Hirnstrommessung sehr wichtig, da es hier auf exaktes Timing ankommt. Ein grundsätzlich bekannter Nachteil der P300-Messungen ist der große Zeitaufwand, der sich auch in unseren Messungen zeigte.

4 Diskussion

4.1 Antwortstatistik

Das Ergebnis lässt vermuten, dass die Probanden in der Lage waren,

- (a) die absolute Größe der Sehzeichen richtig zuzuordnen, und
- (b) ausreichend gut nachzuvollziehen, wie häufig sie für eine gegebene Größe bereits richtig beziehungsweise falsch geantwortet haben.

An diesen beiden Punkten lässt sich für die weitere Verbesserung ansetzen. So kann z. B. eine irreführende Größenreferenz dargeboten werden oder in zufälliger Weise andere Größen in die Testsequenz eingefügt werden, die sowohl die Merkfähigkeit beeinträchtigen als auch das Größenerkennungskriterium verschieben.

4.2 Reaktionszeiten

Das Unterschiedskriterium, dass sich aus der Receiver Operator Characteristic ergibt, erscheint sehr klein. Trotz der vielversprechenden Ergebnisse sollte deshalb die Übertragbarkeit auf andere Personengruppen kritisch validiert werden.

4.3 Sehschärfe-VEP

Das VEP erscheint zumindest qualitativ in der Lage zu sein, eine tatsächlich niedrige Sehschärfe zu bestätigen. Die quantitative Übereinstimmung mit der gewöhnlichen Sehschärfemessung scheint nicht genauso gut gegeben wie bei besseren Sehschärfen. Hier wäre es hilfreich gewesen, wenn die Normdatenerhebung im geplanten Umfang hätte stattfinden können, da dann eine Abhängigkeit von der konkreten Art der Sehstörung (z. B. Typ der Erkrankung) systematischer hätte untersucht werden können.

4.4 Ereigniskorrelierte Potentiale (P300)

Da die Ergebnisse grundsätzlich vielversprechend waren, lohnt es sich unseres Erachtens, an weiteren methodischen Verbesserungen zu arbeiten. Dem Problem, dass große Sehzeichen bei niedriger Sehschärfe nicht sofort erkannt werden, konnten wir mit einem neu entwickelten Sehzeichen begegnen, dass sich in einer Reihe von Validierungsuntersuchungen bewährt hat, allerdings noch nicht in der eigentlichen Zielgruppe geprüft werden konnte. Der Zeitaufwand für die P300-Messung lässt sich teilweise durch schnellere Reizsequenzen und angepasste Auswertungsstrategien reduzieren, dies konnten wir ebenfalls in einem Zusatzexperiment zeigen. Eine wirklich drastische Verbesserung hinsichtlich der Messdauer ergäbe sich aus einer optimierten Teststrategie, für die nur eine einzelne, aussagekräftige, Reizgröße getestet wird.

5 Fazit und Ausblick

Aus dem Projekt ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- › Liegt stark beeinträchtigtes Sehen vor, so spiegelt sich dies in der Regel in der VEP-basierten Sehschärfeschätzung wider, obgleich manchmal lediglich in Form eines nicht messbaren VEPs. Quantitative Abweichungen sind möglich.
- › Die EKP-basierte Sehschärfeschätzung (P300) mit dem neuen Sehzeichen ist ein vielversprechender Ansatz, um auch bei Gesichtsfeldausfällen eine objektive Methode zur Verfügung zu haben, die sehr nahe an der subjektiven Sehschärfeprüfung ist.
- › Die Ergebnisse zu subjektiven Verfahren, welche Täuschungsversuche erkennen lassen, sind gemischt. Weitere Verbesserungsmöglichkeiten konnten jedoch identifiziert und teilweise implementiert werden.

- › Verschiedene methodische Verbesserungen konnten insbesondere für die objektiven Verfahren die praktische Nutzbarkeit verbessern.

Bereits in ihrer jetzigen Form stellen die Projektergebnisse eine wichtige Erkenntnisgrundlage dar, um Befunde zuverlässiger interpretieren zu können. Insbesondere VEPs werden für die Klassifizierung schon jetzt in Zweifelsfällen angefordert, so dass hier ein unmittelbarer Nutzen entsteht. Aufgrund äußerer Umstände (COVID) und da sich nicht alle in der Literatur beschriebenen Ansätze vollumfänglich als unmittelbar anwendungstauglich darstellten, konnten jedoch nicht alle der ursprünglichen Projektziele erreicht werden. Allerdings waren die verbliebenen und neuen offenen Fragen des hier beschriebenen Projekts eine wichtige Begründung für ein Anschlussprojekt, dass wir zwischenzeitlich begonnen haben.

Danksagung

Wir danken allen Mitwirkenden, die im vorliegenden Kurzbericht (im Gegensatz zu den geplanten bzw. bereits veröffentlichten Artikeln in Fachzeitschriften) nicht als Autoren erwähnt werden. Desweiteren danken wir allen Versuchsteilnehmern.

6 Literatur

- Beusterien, M. L., & Heinrich, S. P. (2018). P300-based acuity estimation in imitated amblyopia. *Documenta Ophthalmologica*, *136*, 69-74. <https://doi.org/10.1007/s10633-017-9617-7>
- Graf, M. H., & Roesen, J. (2002). Ocular malingering: a surprising visual acuity test. *Archives of Ophthalmology*, *120*, 756-760. <https://doi.org/10.1001/archoph.120.6.756>
- Hamilton, R., Bach, M., Heinrich, S. P., Hoffmann, M. B., Odom, J. V., McCulloch, D. L., & Thompson, D. A. (2021). VEP estimation of visual acuity: a systematic review. *Documenta Ophthalmologica*, *142*, 25-74. <https://doi.org/10.1007/s10633-020-09770-3>
- Heinrich, S. P., Lüth, I., & Bach, M. (2015). Event-related potentials allow for optotype-based objective acuity estimation. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *56*, 2184-2191. <https://doi.org/10.1167/iovs.14-16228>
- Heinrich, S. P., Marhöfer, D., & Bach, M. (2010). "Cognitive" visual acuity estimation based on the event-related potential P300 component. *Clinical Neurophysiology*, *121*, 1464-1472. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2010.03.030>
- IBSA (2012). *Classification Rules and Procedures (Second Revision)*.
- Ravensbergen, H. J. C. R., Mann, D. L., & Kamper, S. J. (2016). Expert consensus statement to guide the evidence-based classification of Paralympic athletes with vision impairment: a Delphi study. *British Journal of Sports Medicine* *50*, 386-391. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-095434>
- Ravensbergen, H. R. J. C., van Bree, B. I. N. A., Broekens, D. M., & Mann, D. L. (2018). Detecting Cheating when Testing Vision: Variability in Acuity Measures Reveals Misrepresentation. *Optometry and Vision Science*, *95*, 536-544. <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001227>
- Roland, J., Hirsch, U., Heinrich, S.P., Bach, M., & Gräf, M. (2010). Ein stochastischer Test zur Validitätskontrolle von Visusangaben. *Ophthalmologie* *107*, 47-54. <https://doi.org/10.1007/s00347-009-1928-y>
- Rutiku, R., Martin, M., Bachmann, T., & Aru, J. (2015). Does the P300 reflect conscious perception or its consequences? *Neuroscience*, *298*, 180-189. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2015.04.029>
- Wenner, Y., Heinrich, S. P., Beisse, C., Fuchs, A., & Bach, M. (2014). Visual evoked potential-based acuity assessment: overestimation in amblyopia. *Documenta Ophthalmologica*, *128*, 191-200. <https://doi.org/10.1007/s10633-014-9432-3>

Rollstuhlbasketball vermitteln und Talente in der Schule spielend finden (RoBaTaS)

(AZ 070402/19-22)

Jessica Süßenbach (Projektleitung), Stephan Schiemann & Steffen Greve

Leuphana Universität Lüneburg, Institut für Bewegung, Sport und Gesundheit

1 Problem

Rollstuhlbasketball ist die weltweit am weitesten verbreitete paralympische Sportart und durch die Besonderheit gekennzeichnet, dass auch Menschen ohne Behinderung teilnehmen können. Die Nationalmannschaften des Deutschen Rollstuhl-Sportverbands (DRS) sind international erfolgreich und z. B. im Zuge der Paralympics in den Medien präsent. Seit mehreren Jahren versucht der DRS durch verschiedene Projekte, Rollstuhlsport in Schulen bekannter zu machen und bestehende Berührungspunkte abzubauen, da Rollstuhlsportarten in Regelschulen aufgrund verschiedener Rahmenbedingungen unterrepräsentiert sind und der Rollstuhl nicht als mögliches Sportgerät wahrgenommen wird. Neben den meist nicht vorhandenen Rollstühlen fehlt es zudem vielen Lehrkräften an Fachwissen bzgl. der Vermittlung und Gestaltung von Rollstuhlsport im Allgemeinen sowie von Rollstuhlbasketball im Speziellen. Hier sind neue sportdidaktische Zugänge und Konzepte erforderlich, denn die aktuelle Entwicklung des deutschen Schulsystems hin zu einer inklusiven Schule stellt Sportlehrkräfte immer häufiger vor die Aufgabe, Lernende im Rollstuhl in den Unterricht einzubinden und somit einer sehr heterogenen Lerngruppe ein freudvolles und zugleich förderndes und forderndes Lernsetting anzubieten.

Die übergeordneten Ziele des Projekts waren die Entwicklung und Evaluation eines Vermittlungskonzepts für das Sportspiel Rollstuhlbasketball im Schulsport in Regel- und Förderschule, welches den Anforderungen eines inklusiven Lernsettings entspricht und die soziale Partizipation aller Schülerinnen und Schüler ermöglicht, sowie die Entwicklung eines Testverfahrens, welches zur Talentsuche und -iden-

tifikation für das Sportspiel Rollstuhlbasketball im Kontext des Schulsports in Regel- und Förderschule praktikabel ist.

Erweiterung des Forschungszugangs während der Corona-Pandemie

Aufgrund der Pandemie-Situation in den Jahren 2020 und 2021 mussten mehrere Feldzugänge in den Schulen verschoben werden. Daraufhin wurde eine neue Forschungsperspektive im Feld der Talentakquise und -förderung in den Blick genommen: Die Karriereverläufe von Leistungssportlerinnen und -sportlern mit Behinderung. Interessant ist hierbei, dass sich das Sportspiel Rollstuhlbasketball durch das seltene Merkmal auszeichnet, dass Sportler und Sportlerinnen mit und ohne Behinderung, sowie Männer und Frauen auf Vereinsebene in Deutschland, zusammenspielen, während in den Nationalteams nach Geschlechtern getrennt gespielt wird.

2 Methode

2.1 Methodischer Zugang zur Entwicklung des Vermittlungskonzeptes

In einem partizipativen Forschungsansatz wurde gemeinsam mit den Trainern vom DRS, den Lehrkräften von Regel- und Förderschulen und den Sportwissenschaftlerinnen vor und während der Feldzugänge an dem Vermittlungskonzept gearbeitet, um ein transferfähiges Unterrichtskonzept (6 Wochen) für die unterschiedlichen Zielgruppen zu erstellen. Ziel war es, dass alle Übungen und Formate des Spiels Möglichkeiten für Läuferinnen bzw. Läufer und Menschen im Rollstuhl bieten, gemeinsam zu spielen und zu üben.

Bei der Entwicklung des Konzepts wurde davon ausgegangen, dass vor allem in Regelschulen nur wenige Rollstühle zur Verfügung stehen und die Läufer bzw. Läuferinnen während des Unterrichts für eine begrenzte Zeit in den Rollstühlen sitzen würden. Das Konzept umfasst sechs Unterrichtsstunden à 45 Minuten und ist für Jugendliche im Alter von 13-16 Jahren konzipiert. Das Konzept wurde insgesamt in vier Lerngruppen an Förderschulen und drei Lerngruppen an Regelschulen durchgeführt.

Über einen qualitativen Zugang (Leitfadeninterviews) wurde das subjektive Erleben der Schülerinnen und Lehrkräfte rekonstruiert und analysiert. Insgesamt wurden neun Lehrkräfte und Therapeuten sowie 77 Schüler interviewt. Die Leitfäden thematisierten u. a. das Erleben der Schüler bzgl. der Rollstuhlbasketballstunden.

2.2 Methodischer Zugang zur Erfassung der sportartspezifischen Leistungsfähigkeit

Die motorischen Tests orientierten sich an dem Anforderungsprofil der Sportart Rollstuhlbasketball, die charakterisiert ist durch vielfältige ein- und beidarmige Würfe und Pässe sowie wiederholte sehr intensive Belastungen, insbesondere kurze Sprints/ Sprintantritte, Beschleunigungen, abruptes Abbremsen, Finten, Drehungen und schnelle Richtungswechsel (Yanci et al., 2015) - „*about 240 stops, and restarts in 30 minutes of activity*“, „*approximately 65% of the time is spent in high-intensity zones*“ (Seron et al., 2019).

Die sportartspezifische Leistungsfähigkeit der teilnehmenden Jugendlichen, die sich aus Regel- (RS) und Förderschülern (FS; Förderschwerpunkt körperlich-motorische Entwicklung) zusammensetzten, wurde vor (PRE) und nach (POST) der sechswöchigen Intervention jeweils im Sportrollstuhl in drei Items überprüft: mittels elektronischer Zeitmessung wurde (A) die Antritts- bzw. Sprintleistung über 8 m und (B) sportspielspezifische Richtungswechsel (modifizierter „*Illinois Shuttle Run*“) gemessen. In einem weiteren Test wurden (C) sportartspezifische Würfe quantitativ über die Anzahl der erfolgreichen Versuche innerhalb einer Minute erfasst.

Die Daten von 27 Teilnehmenden aus Förderschulen und 55 Teilnehmenden aus Regelschulen, jeweils im Alter von 13 bis 16 Jahren (8- bis 10. Klassenstufe), lagen vollständig vor und gingen in die statistische Auswertung mittels Zweifaktorieller Varianzanalyse mit Messwiederholung ein.

2.3 Methodischer Zugang Biographieforschung

Ziel war es, das Zusammenspiel der Differenzkategorien Geschlecht und Behinderung in diesem leistungssportorientierten Sportsetting zu analysieren. Dazu wurden mit 12 Spielerinnen der Rollstuhlbasketball-Bundesliga (Rollstuhlfahrer und Fußgängerinnen, wie im Rollstuhlbasketball Menschen genannt werden, die im Alltag nicht auf einen Rollstuhl angewiesen sind) autobiographisch-narrative Interviews (Schütze, 1983) geführt und mithilfe der Kodierverfahren der „*Grounded Theory*“ ausgewertet (Strauss & Corbin, 1996). Das Erkenntnisinteresse richtete sich auf die zentralen Entwicklungslinien einer gelingenden leistungsorientierten Rollstuhlbasketballkarriere.

3 Ergebnisse

3.1 Vermittlungskonzept

Es wird ein spielgemäßer Zugang vorgeschlagen, der zum einen aufgrund der Besonderheiten der Sportart verschiedene Übungsformen zur Schulung und Vertiefung von spezifischen Techniken und Taktiken berücksichtigen muss (z. B. das Aufnehmen des Balles bei voller Fahrt). Zum anderen ist das Fahren im Rollstuhl für den größten Teil der Lernenden eine neue Erfahrung, die es zu üben und zu trainieren gilt. Das übergeordnete Ziel ist das gemeinsame Spiel von Menschen mit und ohne Rollstuhl, wofür das Spielen z. B. in Zonenvarianten besonders geeignet ist. Dies begründet sich auch damit, dass die Anschaffung einer großen Zahl von Rollstühlen für Regelschulen unrealistisch erscheint, sodass mit dem kostengünstigeren Erwerb von drei bis vier Rollstühlen derartige Varianten zielführend sein können.

Auf diesem Wege können alle Lernenden der jeweiligen Klasse mit dem Sportspiel Rollstuhlbasketball bzw. mit den spezifischen Bewegungsformen, Techniken und Taktiken in Kontakt kommen und entsprechende Erfahrungen sammeln. Ein Start für die Etablierung von Rollstuhlsport im Unterricht kann mithilfe eines Schulprojekts des DRS gelingen.

3.2 Ergebnisse zur sportartspezifischen Leistungsfähigkeit

Der Vergleich der beiden Gruppen (RS und FS) zeigte hinsichtlich der motorischen Leistungsfähigkeit in den erfassten Tests in der Querschnittsstudie keine signifikanten Unterschiede (8-m-Sprint (A) – $p=0,961$ n.s.; sportspielspezifische Richtungswechsel (B) – $p=0,268$ n.s.; Würfe (C) $p=0,332$ n.s.).

Im Längsschnitt wurde der Einfluss des sechswöchigen Vermittlungskonzepts auf die sportartspezifische Leistungsfähigkeit überprüft und die Effekte zwischen Regel- (RS) und Förderschüler (FS) verglichen. Die PRE-POST-Vergleiche zeigten in der Gruppe FS die folgenden Effekte: (A) +2,4% ($p=0,013^*$), (B) +5,4% ($p=0,096$, n.s.) und (C) +20,8% ($p=0,005^*$) und für die Gruppe RS die nachstehenden: (A) +11,2% ($p<0,001^*$), (B) +14,0% ($p<0,001^*$) und (C) +19,7% ($p<0,001^*$). Der Gruppenvergleich zeigte bezüglich der PRE-POST-Differenzen für (A) und (B) jeweils einen signifikanten Unterschied zugunsten von RS (Abb. 1 und 2) sowie für (C) keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen (Abb. 3).

3.3 Ergebnisse Biographieforschung

Alle verunfallten Spielerinnen kamen während Rehabilitationsmaßnahmen mit Rollstuhlsport in Kontakt. Nach dem extremen Einschnitt, den ein Unfall mit entsprechenden Folgen mit sich bringt, fanden die Interviewten im (Leistungs-)Sport eine Herausforderung, die augenscheinlich auf ihre Bedürfnisse abgestimmt war und ist. Sport war nach dem Unfall zuerst eine Option, um überhaupt körperlich wieder mobil zu werden. Diese klar beschriebene therapeutische Funktion des Sports transformiert sich im Lebenslauf der verunfallten Sportler offensichtlich. Interessant ist dabei, dass sämtliche Interviewten vor dem Unfall keine Leistungssportkarriere angestrebt hatten. Nicht verunfallte Spieler, die meist von Geburt an auf den Rollstuhl auch im Alltag angewiesen waren, sind meist im Teenageralter im Schulsport mit Rollstuhlbasketball in Kontakt gekommen und haben mit Unterstützung engagierter Eltern oder Sportlehrerinnen den Weg in den Verein gefunden. Die Eltern bleiben oft auch im Erwachsenenalter wichtige Begleiter, nicht zuletzt um den hohen organisatorischen und finanziellen Aufwand, den das Leistungssportengagement mit sich bringt, zu unterstützen.

Interessant scheint die Situation für die Spielerinnen in den Teams zu sein. In der Bundesliga agieren die Teams geschlechtergemischt, in den Nationalteams nicht.

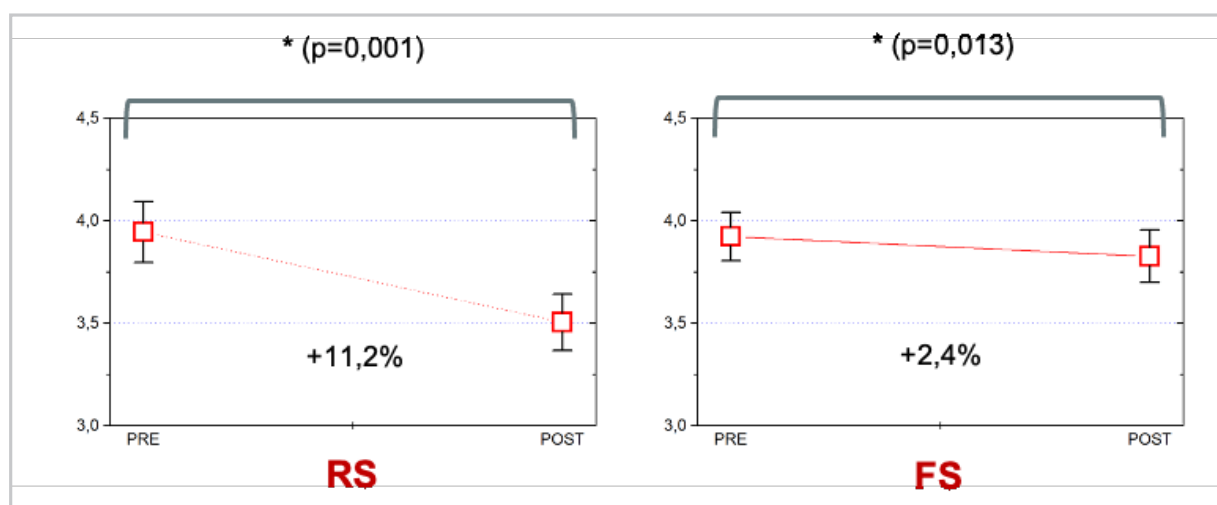


Abb. 1: Ergebnisse 8-m-Sprint: Vergleich der PRE-POST-Differenzen der Gruppen RS und FS. Der Gruppenvergleich der PRE-POST Differenzen ergab $p=0,001$; $d=0,38$.

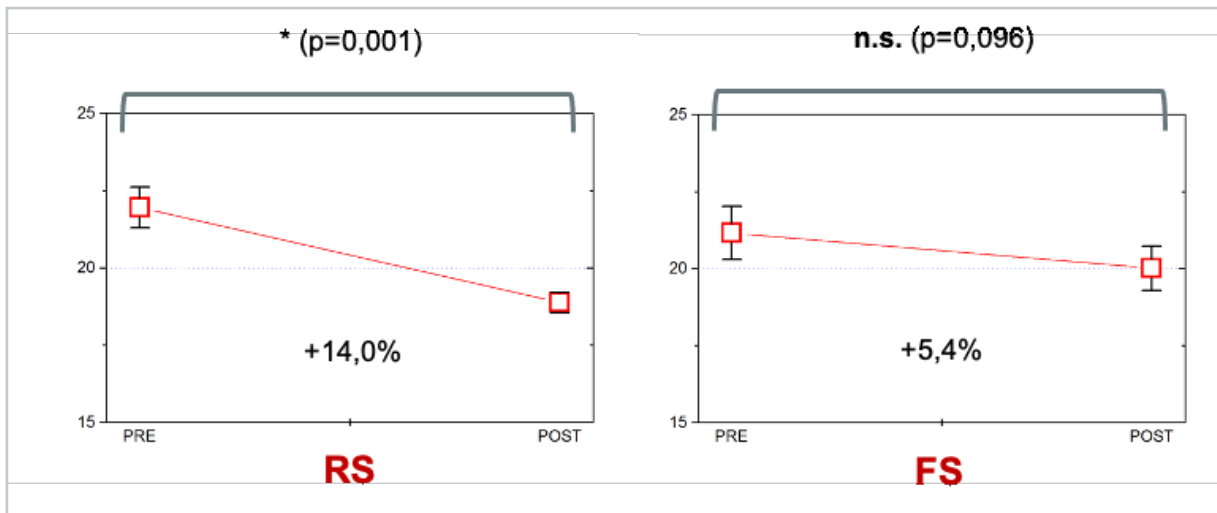


Abb. 2: Ergebnisse sportspielspezifische Richtungswechsel: Vergleich der PRE-POST-Differenzen der Gruppen RS und FS. Der Gruppenvergleich der PRE-POST Differenzen ergab $p=0,005$; $d=3,63$.

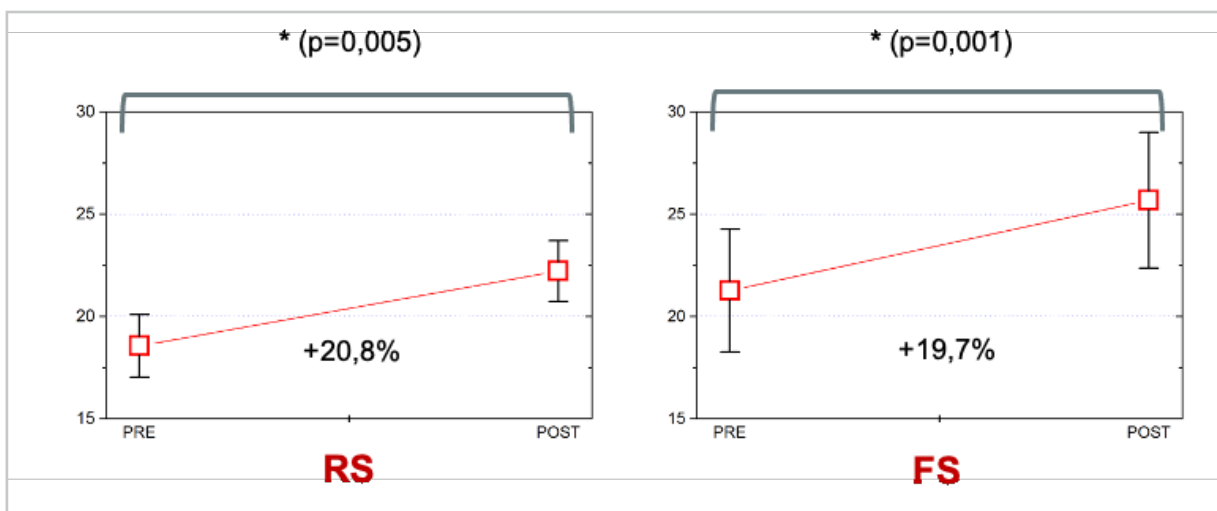


Abb. 3: Ergebnisse Würfe: Vergleich der PRE-POST-Differenzen der Gruppen RS und FS. Der Gruppenvergleich der PRE-POST Differenzen ergab $p=0,757$; $d=7,69$.

Bei der Analyse des Wettkampfsettings wird eine deutliche Reproduktion einer traditionellen Geschlechterstruktur sichtbar (Greve & Süßenbach, 2022). Die Verfestigung von machthierarchischen Geschlechterverhältnissen in den gegebenen Strukturen des Sports wird von den Spielerinnen als selbstverständlich akzeptiert und beeinflusst ihre Identitätsbildung.

4 Diskussion

Die Ergebnisse der Interviews zeigen, dass die Schülerinnen bzw. Schüler der Regelschule viele positive Eindrücke vom Rollstuhlbasketballspiel berichten.

Rollstuhlbasketball ist hier ein guter Weg, Inklusion im Sportunterricht umzusetzen. Die Lernenden gewinnen (aus ihrer Sicht) ein besseres Verständnis für Menschen im Rollstuhl. Das Spielen im Rollstuhl kann eine gemeinsame sportliche Aktivität bieten, die einen chancengleichen Wettbewerb ermöglicht. Die Frage bleibt jedoch, ob sich über den Sport hinaus geeignete Lernmöglichkeiten eröffnen, zum Beispiel in Bezug auf Akzeptanz und Toleranz. Die Ergebnisse der Biographieforschung zeigen u. a. die Schwierigkeiten beim Übergang in den Vereinssport. Hier ist ein großes Engagement der Eltern notwendig, um dies zu ermöglichen.

Die motorischen Tests zur Erfassung der sportartspezifischen Leistungsfähigkeit haben sich zum einen als praktikabel im Kontext des Schulsports erwiesen, und zum anderen sind sie sensitiv genug, um Gruppenunterschiede und Effekte der Intervention bzw. des Vermittlungskonzepts nachweisen zu können. Die tendenziell bis signifikant geringeren Effekte in der Gruppe FS, kann mit der größeren Vorerfahrung der FS im (Sport) Rollstuhl erklärt werden, da die meisten bereits vor Projektbeginn im Rahmen des Schulsports Rollstuhlsport betrieben hatten. In weiteren Schritten ist zu überprüfen, ob sie vom Verband zur Talentidentifikation im Schulkontext eingesetzt werden können.

5 Literatur

- Böhring, S., Kowalewski, S., & Greve, S. (2021). Rollstuhlbasketball im Sportunterricht der Förderschule. *Sportpraxis*, 62(6), 70-74.
- Greve, S., Kowalewski, S., & Böhring, S. (2021). Rollstuhlbasketball vermitteln und Talente in der Schule spielend finden – Teil 2. *Sport + Mobilität mit Rollstuhl*, 40(2), 28-29.
- Greve, S., Schiemann, S. Süßenbach, J., & Weber, K. E. (2020). RoBaTaS – Rollstuhlbasketball vermitteln und Talente in der Schule spielend finden – Teil 1. *Sport + Mobilität mit Rollstuhl*, 39(12), 16-17.
- Greve, S., & Süßenbach, J. (2022). 'Save the Queen' – Female national wheelchair basketball players in gender-homogeneous and gender-heterogeneous competitive sport. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 52, 666-672.
<https://doi.org/10.1007/s12662-021-00791-x>
- Greve, S., & Süßenbach, J. (2022). Students' perspectives on wheelchair basketball in mainstream and special schools. *Frontiers in Education*, 7, 963593.
<https://doi.org/10.3389/educ.2022.963593>
- Kowalewski, S., Böhring, S., & Greve, S. (2020). Eine Klasse ins Rollen bringen – Rollstuhlbasketball in der Sekundarstufe 1. *Sport und Spiel*, 20(2), 19-23.
- Schütze, F. (1983). Biographieforschung und narratives Interview. *Neue Praxis*, 13(3), 283-293.
- Seron, B. B., de Carvalho, E. M. O., & Greguol, M. (2019). Analysis of physiological and kinematic demands of wheelchair basketball games – A review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(5), 1453-1462.
- Strauss, A. L., & Corbin, J. M. (1996). *Grounded theory. Grundlagen qualitativer Sozialforschung*. Beltz.
- Süßenbach, J., & Greve, S. (2022). Paralympischer Sport: Eine Analyse von Leistungssportkarrieren im Rollstuhlbasketball. In G. Sobiech & E. Gramespacher (Hrsg.), *Wir und die Anderen. Differenzkonstruktionen in Sport und Schulsport* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 295, S. 87-96). Feldhaus, Edition Czwalina.
- Yanci, J., Granados, C., Otero, M., Badiola, A., Olasagasti, J., Bidaurrezaga-Letona, I., Iturricastillo, A., & Gil, S. M. (2015). Sprint, agility, strength and endurance capacity in wheelchair basketball players. *Biology of Sport*, 32(1), 71-78.

Das Projekt wurde in einem **Kurzfilm** beschrieben, welcher im YouTube Channel des BISp abrufbar ist: <https://www.youtube.com/watch?v=PdOIJbPf8Sg&list=PLVInS6o5FrMyHto5MYTyIfFiIph7gu3ZW&index=10>

Eine Übersicht sowie Ansprechpartner für Schulprojekte finden sich unter <https://drs.org/schulprojekte/>

Motorische Profile im Sportspiel

(AZ 070503/21-22)

Lukas Reichert, Marie-Therese Fleddermann, Björn Wieland & Karen Zentgraf (Projektleiterin)

Goethe Universität Frankfurt, FB05, Trainings- und Bewegungswissenschaft

1 Problem

Seitigkeitsaspekte spielen in Sportspielen eine zentrale Rolle. Sportliche Handlungen werden von Spielenden spezifisch auf oder mit einer bestimmten Seite durchgeführt. Auffällig ist, dass Sportlerinnen und Sportler in Sportspielen bei diesen sportspezifischen Handlungen häufig motorische Präferenzen (z. B. Schrittgestaltung, Oberkörperausrichtung) oder eine bessere Leistung auf einer bestimmten Seite aufweisen (Verbeek et al., 2017). Die Ursachen für solche Seitendifferenzen sind bislang nicht vollends geklärt. Studien liefern Hinweise dafür, dass Lateralisierungsmuster bereits vor der Geburt zu erkennen sind (Ocklenburg et al., 2017). Zudem scheint jahrelange sportartspezifisch einseitige Belastung die Entwicklung von Seitenunterschieden, insbesondere was leistungsvoraussetzende Parameter betrifft, zu begünstigen (Hart et al., 2016). Zusätzlich wurde der Einfluss von hohen Unterschieden auf die sportliche Leistungsfähigkeit sowie auf das Verletzungsrisiko untersucht, mit dem Ergebnis, dass sich hohe Seitenunterschiede negativ sowohl auf die Leistungsfähigkeit (Bishop et al., 2017; Maloney, 2019) als auch das Verletzungsrisiko auswirken scheinen (Guan et al., 2022). Insgesamt wäre demnach eine gleichmäßige Leistungsverteilung auf beiden Seiten meist erwünscht. Um solche Aspekte zu erfassen, wäre das Einbauen von Tests, in denen Unterschiede in den Körperseiten bei Kraft- und Schnelligkeitsleistungen oder in denen die bevorzugte Nutzung einer Körperseite deutlich wird, notwendig. Hierdurch könnten mögliche Stärken oder Schwächen durch ein Training an mehreren Ansatzstellen (Krafttraining, Technikumstellung, taktische Aufstellung, etc.) ggf. zielführender adressiert werden. Dies ist allerdings in der Leistungssteuerung durch leistungsdiagnostische Daten der einzelnen Domänen erschwert.

Durch die Rückmeldung individueller Ergebnisse jeder Sportlerin oder jedes Sportlers stehen die Trainerinnen bzw. Trainer typischerweise vor dem Problem, im Falle eines 20-köpfigen Teams auch 20 Test- Einzelinformationen zu erhalten, um daraus 20 verschiedene trainingspraktische Konsequenzen z. B. für das Kraft- und Schnelligkeitstraining abzuleiten. Weitergehende Übertragungen und Konsequenzen für das technische und taktische Verhalten auf dem Spielfeld werden meistens nicht systematisch durchgeführt (Zentgraf, Heppe, & Fleddermann, 2017, für einen Überblick zum Transfer von Trainingsinterventionen). Eine Möglichkeit, solche individuellen Aspekte dennoch im Teamsetting zu berücksichtigen, könnte ein gruppenbasiertes Training darstellen. Spielende mit ähnlichen Aspekten könnten hierfür gruppiert werden und ein ähnliches Trainingsprogramm durchführen. Ein solcher gruppenbasierter Ansatz wäre insbesondere dann denkbar, wenn individualisiertes Training nicht möglich ist. Als Grundlage, um Sportler und Sportlerinnen in Sportspielen anhand von Seitigkeitsaspekten zu gruppieren, wäre jedoch das Vorwissen nötig, ob sich diese Personengruppe anhand solcher Aspekte profilieren oder gruppieren lässt. Daher sollten innerhalb dieses Projekts Leistungssportspieler und -spielerinnen aus den Sportspielen (Basketball, (Beach)Volleyball, Fußball, (Beach)Handball, Eishockey, Wasserball) beiderlei Geschlechter auf Basis von verschiedenen Messungen und Tests in „Motorische Profile“ klassifiziert werden. Zusätzlich war Ziel des Projekts, Bewegungspräferenzen sowohl subjektiv mittels Fragebogenerhebung oder auch mittels des PATHoops- und MOTORLAT-Tests objektiv zu erfassen. Im Rahmen des Projekts wurden zusätzlich die Druckkraftmessung in einem Ganzkörpersetup sowie die motorische Inhibition tiefergehend analysiert.

2 Methode

2.1 Untersuchungsablauf

Das Projekt wurde in einem querschnittlichen Untersuchungsdesign durchgeführt. Die Messungen fanden am Institut für Sportwissenschaften der Goethe Universität Frankfurt statt. Es wurden sowohl subjektive als auch objektive motorische Präferenzen erhoben. Zusätzlich wurden Leistungstests durchgeführt, in denen Seitenunterschiede in der Leistung zwischen der linken und rechten Seite detektiert werden können.

2.2 Probanden

Für das Projekt wurden insgesamt 130 professionelle Sportspielerinnen und Sportspieler (männlich = 79; weiblich = 51) aus den Sportspielen Volleyball (n = 36), 3x3 Basketball (n = 29), Basketball (n = 25), Eishockey (n = 19), Handball (n = 17), American Football (n = 2) und Fußball (n = 2) gemessen (Alter: 22.82 ± 5.19 Jahre). Inkludiert wurden lediglich Spielende, die Teil des Nationalkader (NK, PK, OK) waren und/oder in den obersten beiden deutschen Ligen spielten. Die Untersuchungen wurden durch die lokale Ethikkommission der Goethe Universität genehmigt.

2.3 Erfassung der motorischen Präferenzen

Die motorischen Präferenzen wurden sowohl subjektiv als auch objektiv ermittelt. Die subjektiven Präferenzen wurden mittels Fragebogenerhebung erfasst. Hierfür wurden das Edinburgh Handedness Inventory (EHI, Veale, 2013), der Waterloo-Footedness-Questionnaire (WFQ, van Melick, 2013) sowie das Lateralitäts-Präferenz-Inventar (LPI, Büsch et al., 2009) ausgefüllt. Zusätzlich wurden Bewegungspräferenzen mittels PATHoops- und MOTORLAT-Test objektiv erhoben (Castaner et al., 2018).

2.4 Erfassung leistungsbezogener Seitenunterschiede

Zur Ermittlung leistungsbezogener Seitenunterschiede wurden verschiedene Stationen aus den Bereichen Schnelligkeit (z. B. Sprint, Rich-

tungswechsel), (Schnell-)Kraft (z. B. Sprünge, Beinstreckkraft, Druckkraft, Würfe), Händigkeit (z. B. Purdue Pegboard), posturale Kontrolle (z. B. Y-Balance Test), Reaktions- und Frequenzschnelligkeit (z. B. motorische Inhibition oder Tapping) durchgeführt. Alle Stationen wurden im Seitenvergleich durchgeführt.

2.5 Statistische Verfahren

Alle Analysen wurden mittels SPSS (IBM SPSS Statistics, Version 26) durchgeführt. Die Clusteranalyse wurde getrennt für Männer und Frauen gerechnet. Zur clusteranalytischen Bestimmung der motorischen Profile ging die prozentuale Differenz des Countermovement Jumps, des Drop Jumps, der Beinstreckkraft, der Druckkraft, des Medizinballwurfs, des Y-Balance Tests sowie der Griffkraft ein. Zunächst wurden mittels Single-Linkage Verfahrens Ausreißer und mittels Ward-Verfahren und quadriertem euklidischem Distanzmaß eine optimale Anzahl an Clustern/Profilen identifiziert, welche dann mittels k-Means Clustering optimiert wurden. Zur Validierung und Charakterisierung der Profile wurden dann einfaktorielle Varianzanalysen (ANOVA) zwischen den Profilen durchgeführt. Zur Auswertung des PATHoops- und MOTORLAT-Tests wurden die (prozentualen) Häufigkeiten berechnet und berichtet. Zusätzlich sollten die Druckkraft in einem Ganzkörper-Setup als leistungsvoraussetzender Parameter validiert und Normwerte zur weiteren individualisierten Trainingssteuerung generiert werden. Hierfür wurde in einem ersten Schritt das Expertise-Kriterium („Bessere Spieler zeigen höhere Druckkraftwerte“) und in einem zweiten Schritt die Druckkraft in unterschiedlichen (Verlagerungs-) Positionen auf Plausibilität geprüft. Hierfür wurde die Stichprobe mittels eines Median-split anhand des Alters in zwei Gruppen geteilt. Anschließend wurde eine 3x3 ANOVA mit Messwiederholung mit den Faktoren Position und Verlagerung durchgeführt. Zur tiefergehenden Auswertung der motorischen Inhibition und herauszufinden, ob der Expertise-Grad auch zwischen professionellen Sportspielerinnen und -spielern differenziert, wurde der Einfluss des Expertise-Grads auf die motorische Inhibitionsleistung (Hände und Füße) mit Hilfe einer Regression geprüft.

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der subjektiven Fragebögen

Im EHI gaben 81 % der Spielenden an, Rechtshänderinnen bzw. Rechtshänder zu sein. Dagegen gaben im WFQ jedoch nur 48 % an, ebenfalls das rechte Bein sowohl für Manipulations- als auch für Stabilisationsaufgaben zu präferieren. 43 % gaben eine gemischte Präferenz bei der Füßigkeit an. Im LPI gaben die Mehrheit der Spielenden eine gemischte Präferenz bei der Ohrigkeit und Füßigkeit und überwiegend eine Rechtspräferenz für die Äugigkeit sowie die Händigkeit an.

3.2 Ergebnisse der Clusteranalyse

Vor dem Hintergrund der zur Verfügung stehenden Entscheidungskriterien und einer guten inhaltlichen Interpretierbarkeit wurde für Sportspielerinnen eine 4- und für Sportspieler eine 3-Clusterlösung bevorzugt. Für **Sportspieler** lassen sich folgende Profile klassifizieren:

1. Die Rechtsspringer (n = 26):

Spieler dieses Profils zeigen eine bessere Sprungleistung mit dem rechten im Vergleich zum linken Bein.

Dies konnte sich sowohl für den einbeinigen CMJ als auch für den einbeinigen DJ zeigen. Im einbeinigen DJ zeigen sie vor allem in der Sprunghöhe mit dem linken Bein noch deutliches Verbesserungspotential.

2. Die Rechtsverlagerer (n = 16):

Spieler dieses Profils lassen sich durch eine bessere Druckkraftleistung, wenn sie nach rechts verlagert stehen, charakterisieren. Zusätzlich weisen sie eine ausgeglichene Sprungleistung mit beiden Seiten als auch in der Schnellkraft des Oberkörpers auf.

3. Die Linksspringer (n = 18):

Die Linksspringer lassen sich insbesondere durch eine bessere Leistung mit dem linken Bein in Sprungaufgaben (CMJ & DJ) charakterisieren. Zusätzlich zeichnen sie sich durch eine bessere Druckkraftleistung bei einer Verlagerung nach links.

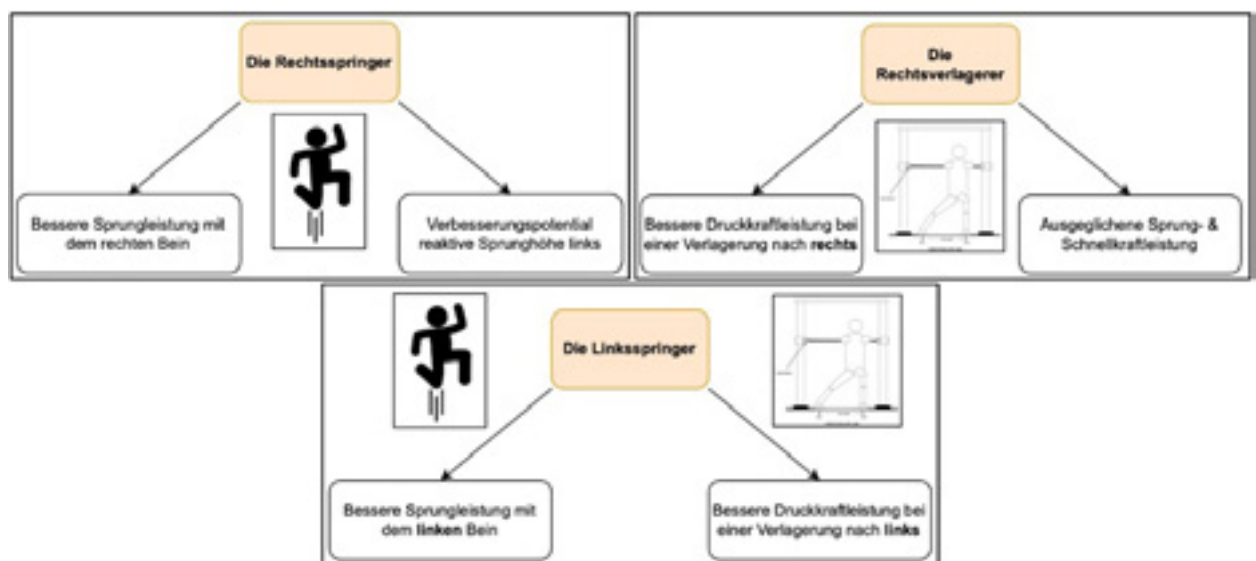


Abb. 1: Motorische Profile der Männer

Für **Sportspielerinnen** lassen sich folgende vier Cluster charakterisieren:

1. Die Unausgeglichene (n = 7):

Die Unausgeglichene lassen sich durch hohe Seitenunterschiede klassifizieren. Dies konnte sich insbesondere in der Maximalkraftleistung der unteren Extremitäten (hier: deutlich bessere Leistung mit dem rechten Bein) als auch in der Druckkraftleistung (hier: deutlich bessere Leistung bei einer Verlagerung zur linken Seite) zeigen.

2. Die Linkskräftigen (n = 18): Die Linkskräftigen lassen sich durch eine bessere Maximalkraftleistung der unteren Extremitäten auf der linken Seite charakterisieren.

3. Die Gemischten (n = 10): Die Gemischten lassen sich durch ein gemischtes Seitigkeitsprofil charakterisieren.

Die Spielerinnen dieses Profils zeigen eine bessere Sprungleistung mit dem linken Bein. Dies zeigte sich sowohl im einbeinigen CMJ als auch im einbeinigen DJ. Außerdem lassen sie sich durch eine bessere Druckkraftleistung bei einer Verlagerung auf die rechte Seite charakterisieren.

4. Die Rechtsdominanten (n = 10): Spielerinnen dieses Profils zeichnen sich durch eine bessere (Schnell-)Kraftleistung des Oberkörpers auf/mit der rechten Seite aus. Dies zeigte sich sowohl in der Handkraft- als auch in der Medizinballwurfleistung.

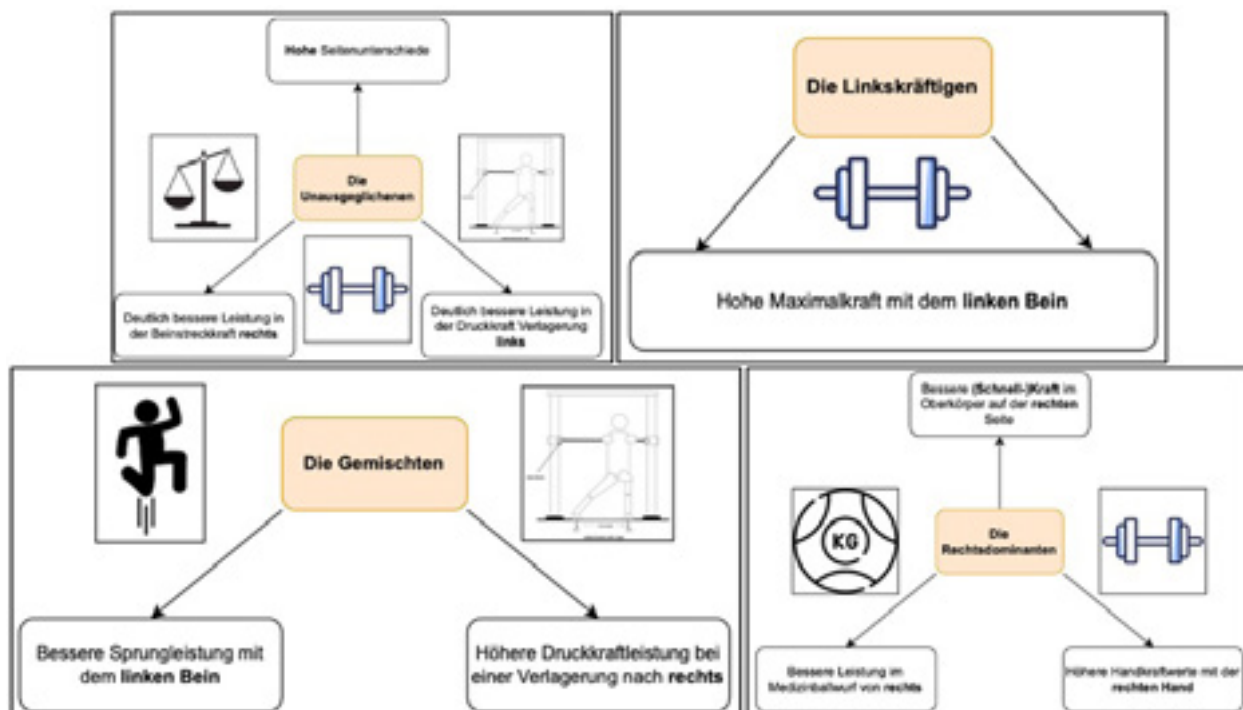


Abb. 2: Motorische Profile der Frauen

3.3 Ergebnisse des PATHoops- und MOTORLAT-Tests

Insgesamt zeigen die Mehrheit der Spielenden von beiden Startseiten aus keine klare Fortbewegungspräferenz („Other“; narrow: 61 %; wide: 52 %). Ein Muster, was hierbei häufig zu erkennen war, ist, dass Sportspielerinnen und -spieler sich häufig für den direkten Weg nach vorne entschieden haben und entweder (a) anschließend die linke und rechte Seite durchlaufen sind oder (b) währenddessen mit großen Schritten jeweils die linken und rechten Reifen mitgenommen haben. Bei einem Start von der „wide-side“ weisen jedoch mehr Spielende eine Präferenz zur Fortbewegung zur kontralateralen („opposite-way“: 35 %) im Vergleich zur ipsilateralen Seite („same-way“: 13 %) auf. Bei einem Start von der „narrow side“ hingegen war kein Unterschied zu erkennen („same-way“: 20 %; „opposite-way“: 19 %).

Im MOTORLAT-Test ließen sich folgende Bewegungspräferenzen beobachten: Zur Körperstabilisation („Stelle dich auf ein Bein“) sowie bei der Drehrichtung („Drehe dich einmal um dich selbst“) zeigten die Spielenden eine gemischte Präferenz (links: 50 %, rechts: 50 %). Bei Manipulationsaufgaben zeigten sie sowohl mit dem Fuß („Kicke einen Ball nach vorne“; links: 16.9 %, rechts: 83.1 %) als auch mit der Hand („Bitte berühre den Ball“; links: 24.6 %; rechts: 75.4 %) eine Rechtspräferenz. Bei kombinierten Bewegungen („Sprinte nach vorne los, springe auf einem Bein ab und berühre den Ball mit einer Hand“; gemischt: 66.1 %) konnte überwiegend

eine gemischte Präferenz beobachtet werden. Ein häufig beobachtetes Muster hierbei war der Absprung mit dem linken Bein und dem Berühren des Balles mit der rechten Hand, sodass die Mehrheit der Spielenden ihren Körper nach links ausgerichtet haben.

3.4 Ergebnisse der Druckkraft

In allen Positionen zeigen Spielende mit höherer Expertise leicht höhere Druckkraftwerte als diejenigen mit geringerer Expertise. Die 3x3 ANOVA zeigte einen signifikanten Interaktionseffekt für die Faktoren Position und Gewichtsverlagerung sowohl für Männer, $F(4, 272) = 9.00, p < .001$, partielles $\eta^2 = .12$ als auch für Frauen, Greenhouse-Geisser $F(3.47, 166.36) = 3.86, p < .005$, partielles $\eta^2 = .07$, gezeigt werden. Für den Faktor Position konnte ein signifikanter Haupteffekt für Männer, Greenhouse-Geisser $F(1.53, 103.80) = 412.48, p < .001$, partielles $\eta^2 = .86$ sowie für Frauen, Greenhouse-Geisser $F(1.46, 70.25) = 481.16, p < .001$, partielles $\eta^2 = .87$. Post-hoc Tests zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen allen Positionen ($p < .001$) für beide Geschlechter. In Position 1 wurden die niedrigsten ($M_{\text{Männer}} = 3.01 \pm 0.10$; $M_{\text{Frauen}} = 3.33 \pm 0.13$) und in Position 3 die höchsten Druckkraftwerte erzielt ($M_{\text{Männer}} = 5.60 \pm 0.15$; $M_{\text{Frauen}} = 6.42 \pm 0.21$). Für den Faktor Verlagerung konnte ein signifikanter Haupteffekt für Männer, $F(2, 136) = 56.40, p < .001$, partielles $\eta^2 = .45$ als auch für Frauen, $F(2, 96) = 10.69, p < .001$, partielles $\eta^2 = .18$ gezeigt werden. Post-hoc Tests zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen allen Verla-

Tab. 1: Häufigkeiten der Fortbewegungspräferenzen im PATHoops-Test

Startseite // Fortbewegungspräferenz	Same-way	Opposite-way	Other
Narrow side	24 (20 %)	22 (19 %)	73 (61 %)
Wide side	16 (13 %)	41 (35 %)	61 (52 %)

Tab. 2: Häufigkeiten der objektiv betrachteten Bewegungspräferenzen im MOTORLAT-Test

Präferenz	Körperstabilisation (Fuß)	Objektmanipulation (Fuß)	Objektmanipulation (Hand)	Drehrichtung	Kombinierte Bewegungen
Links	58 (50 %)	20 (16.9 %)	29 (24.6 %)	66 (56.4 %)	5 (4.2 %)
Gemischt	/	/	/	/	78 (66.1 %)
Rechts	58 (50 %)	98 (83.1 %)	89 (75.4 %)	51 (43.6 %)	35 (29.7 %)

gerungen für die Männer (Links = 4.21 ± 0.12 , 50/50 = 4.63 ± 0.11 , Rechts = 4.10 ± 0.11 ; $p < .05$) und zwischen einer 50/50-Verlagerung (50/50 = 5.02 ± 0.17) und einer Verlagerung nach links (Links = 4.84 ± 0.16) oder rechts (Rechts = 4.68 ± 0.17 ; $p < .05$), allerdings nicht zwischen einer Verlagerung nach links vs. rechts ($p = .10$) bei den Frauen.

3.5 Ergebnisse der motorischen Inhibition

Die Ergebnisse bzgl. der Expertise ergaben einen durchschnittlichen Expertise-Score von 6.6 Punkten (SD = 1.9) von maximalen 12 Punkten. Die durchschnittliche Inhibitionsleistung (SSRT) der Hände war 221.5 ms (SD = 37.7) und der Füße 255.1 ms (SD = 50.3). Die Ergebnisse der linearen Regression zeigen einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Expertise und der Inhibitionsleistung ($F(2, 89) = 4.87$, $p = .01$, $R^2 = .09$) mit einem signifikanten Einfluss der Hände ($b = -.24$, $t = -2.1$, $p = .03$).

4 Diskussion

4.1 Diskussion Clusterverfahren

Ziel dieses Projekts war es, professionelle Spielerinnen und Spieler im Sportspiel anhand etwaiger Seitigkeitsunterschiede in motorische Profile zu klassifizieren. Hierfür wurden 130 Sportspieler und -spielerinnen aus den Sportarten Volleyball, 3x3/Basketball, Eishockey, Handball, Fußball und American Football im Zeitraum von März 2021 bis Februar 2022 gemessen. Es wurden subjektive als auch objektive Seitigkeitspräferenzen erfasst und solche Tests durchgeführt, bei denen Seitenunterschiede in der Leistung detektiert werden können. Zur Generierung der motorischen Profile wurden die Spielenden anhand eines Clustergenerierungsverfahrens gruppiert und im Anschluss mit Hilfe von interferenzstatistischen Analysen tiefergehend charakterisiert.

Für **Sportspieler** ergaben sich die Profile

1. Die Rechtsspringer,
2. Die Rechtsverlagerten,
3. Die Linksspringer.

Für **Sportspielerinnen** ergaben sich folgende Profile:

1. Die Unausgeglichene,
2. Die Linkskräftigen,
3. Die Gemischten,
4. Die Rechtsdominanten.

Durch die Profilierung der Spielenden konnte gezeigt werden, dass sich professionelle Sportspieler bzw. -spielerinnen anhand ihrer Seitigkeitsaspekte gruppieren lassen. Dabei scheinen bei den Männern die Sprung- und Maximalkraft- sowie die Druckkraftleistung gruppendifferenzierende Faktoren darzustellen. Bei den Frauen waren zusätzlich (Schnell-)Kraftparameter des Oberkörpers, etwa die Griffkraft oder die Medizinballwurfleistung entscheidend. Der Y-Balance-Test scheint nicht ausreichend diskriminierend zu sein, was auf geringe Seitendifferenzen in diesem Test zurückzuführen sein könnte. Bezüglich anderer sowohl leistungsbezogener Parameter, wie die Sprint- oder der Richtungswechselleistung, als auch subjektiver Angaben (Händigkeit, Füßigkeit) oder anthropometrischer Merkmale konnte sowohl bei Männern als auch bei Frauen kein signifikanter Unterschied zwischen den Profilen festgestellt werden. Das Alter scheint demnach keinen Einfluss auf die Clustergenerierung in unserer Stichprobe gehabt zu haben. Ähnliches gilt für die objektiv beobachteten Bewegungspräferenzen im PATHoops- oder MOTORLAT-Test. Hier konnte kein Unterschied zwischen den Profilen festgestellt werden.

Trainingspraktischer Übertrag der generierten Profile. Gruppenbasiertes Training könnte eine Möglichkeit darstellen, Seitigkeitsaspekte möglichst individuell im Training zu berücksichtigen, wenn individualisiertes Training nicht möglich ist (z. B. im Team-Setting). Eine Aufteilung anhand der hier generierten Profile, wäre sowohl im Technik-, Taktik- als auch Athletiktraining möglich, sodass Spielerinnen und Spieler eines Profils ein ähnliches Trainingsprogramm absolvieren könnten. Am Beispiel des Athletiktrainings steht die Maximierung der Leistung der Spielenden sowie die Reduzierung des Verletzungsrisikos an oberster Stelle.

Wenn zu hohe Seitenunterschiede zwischen zwei Seiten detektiert werden, wäre zusätzlich das Ziel, beide Seiten anzugleichen. Zur gleichzeitigen Leistungssteigerung als auch zum Angleichen beider Seiten konnte in Studien gezeigt werden, dass folgende Aspekte einen positiven Einfluss haben (vgl. Gonzalo-Skok et al., 2019):

- (a) das Einbauen unilateraler Übungen in das Krafttraining
- (b) das Beginnen der Übung mit der schwachen Seite und
- (c) die Durchführung eines erhöhten Volumens für die schwächere Seite.

Ganz konkret am Beispiel der Rechtsspringenden würde das bedeuten, dass Personen dieses Profils Schnell-/Sprungkraftübungen im Kraft-/Athletiktraining mit dem linken Bein beginnen und ggf. weitere zusätzliche Sätze durchführen sollten. Maximalkräftige Übungen dagegen sollten jedoch mit der rechten Seite begonnen werden. Zusätzlich zum Krafttraining scheint das Einbauen von Übungen für die „schwächere“ Seite ebenfalls im Techniktraining einige positive Vorteile mitzubringen. In Studien zum bilateralen Transfer konnte gezeigt werden, dass nicht nur die trainierende Seite, sondern auch die nicht trainierende Seite eine Verbesserung zeigt (Lee et al., 2011). Durch adäquates Trainieren und Mitberücksichtigen der schwächeren Seite könnte demnach sowohl die Leistung insgesamt weiter gesteigert als auch beide Seiten angeglichen werden.

4.2 Diskussion PATHoops und MOTORLAT

Die räumliche Orientierung wurde mittels des PATHoops-Tests erfasst. Die Mehrheit der Spielenden zeigte keine klare Fortbewegungspräferenz (~50-60 %). Ein Muster, was sich dabei gezeigt hat, war, dass Spielerinnen und Spieler häufig den frontalen Weg nach vorne gewählt haben und auf dem Weg in die von ihnen rechts und linksliegenden Reifen getappt sind. Bei einem Start von der „narrow-side“ zeigten 20 % eine Fortbewegungspräferenz zur ipsilateralen und 19 % zur kontralateralen Seite.

Ähnliches zeigte sich bei einem Start von der „wide-side“. Dies deckt sich nur bedingt mit den Ergebnissen von Castañer et al. (2018), in deren Studie die Mehrheit der Spielenden „same-way“ präferiert haben.

Im MOTORLAT zeigt die Mehrheit der Spielerinnen und Spieler eine gemischte Seitigkeit bei kombinierten Aufgaben, was sich mit den Ergebnissen von Castañer et al. (2018) deckt. Ein präferiertes Muster, was insbesondere bei Rechtshändern bzw. Rechtshänderinnen zu erkennen war, war dabei das Abspringen mit dem linken Bein, dem Berühren des Balls mit der rechten Hand und einer Körperorientierung zur linken Seite. Linkshänder bzw. -händerinnen zeigten oft ein gegenteiliges Muster.

4.3 Diskussion Druckkraft

Zur individualisierten Trainingssteuerung sollten Referenzwerte generiert sowie das Ganzkörper-Setup zum Messen der Druckkraft validiert werden. Als Expertise-/Leistungsplausibilitätskriterium sollte geschaut werden, ob Spielende, die bereits über eine längere Zeit professionell Sport betreiben höhere Druckkraftwerte generieren als solche, die erst kurze Zeit professionell Sport betreiben (= „die besten Spieler:innen erzielen die besten Werte“). Über nahezu alle Positionen hinweg, zeigen die älteren Spielerinnen und Spieler leicht höhere Druckkraftwerte als die jüngeren. Insgesamt wurden in Position 1 die niedrigsten und in Position 3 die höchsten Druckkraftwerte entwickelt. Zusätzlich entwickeln sowohl Männer als auch Frauen im Sportspiel die höchsten Kraftwerte in einer symmetrischen Verlagerung. Die Kraftwerte bei einer Verlagerung nach links scheinen etwas höher zu sein als bei einer Verlagerung nach rechts während des Drückens. Interessanterweise zeigen weibliche Spieler in der 3. Position (deutlich vorgelehnt) minimal höhere Kraftwerte bei einer Verlagerung nach links. Dieser Effekt hat sich insbesondere häufig bei den Volleyball- und Eishockeyspielerinnen gezeigt.

4.4 Diskussion motorische Inhibition

In den Sportspielen müssen Spielerinnen und Spieler möglichst schnell Entscheidungen treffen und entsprechende Bewegungsinitiiierungen vornehmen, die aber aufgrund von sich plötzlich verändernden Spielsituationen häufig noch abgebrochen werden müssen.

Die zentrale Frage für Sportspielerinnen bzw. -spieler ist hier, ob und wie lange bereits initiierte Handlungen noch abgebrochen werden können. Untersuchungen dazu zeigen, dass Spielende aus dynamischen Sportarten zu einem späteren Zeitpunkt bereits initiierte Bewegungen abbrechen können (Verburgh et al., 2014) und dass dies auch insbesondere beim Leistungssport im Vergleich zum Freizeitsport (Heppe & Zentgraf, 2019) der Fall ist. Eine offene Frage hierzu ist, ob die Inhibitionsleistung auch noch weiter zwischen Leistungssportlern und -sportlerinnen differenziert. Hierzu wurde für jeden Spieler und jede Spielerin ein Expertise-Score nach Swann et al. (2014) berechnet. Im Anschluss wurde mittels einer Regression geprüft, ob es einen Zusammenhang zwischen der Expertise und der Inhibitionsleistung („Stop-Signal-Reaction-Times“) in Händen als auch in Füßen gibt. Die Ergebnisse der linearen Regression legen zudem nahe, dass sich die motorische Inhibitionsleistung auch zwischen professionellen Sportspielern bzw. -spielerinnen unterscheidet und somit ein Zusammenhang festgestellt werden kann. Spielerinnen und Spieler mit einem höherem Expertise-Grad zeigten bessere „Stop-Signal-Reaction-Times“ als diejenigen mit niedrigerem Expertise-Grad und konnten somit zu einem späteren Zeitpunkt bereits initiierte Bewegungen abbrechen. Offen bleibt jedoch die Frage nach der Wirkrichtung, d. h. ob Sportspielerinnen und -spieler mit hoher Expertise eine bessere Inhibitionsleistung zeigen, weil sie professionelle Sportler bzw. Sportlerinnen sind, oder ob sie professionelle Sportspielerinnen und -spieler sind, weil sie eine bessere Inhibitionsleistung aufweisen.

5 Literatur

- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W., & Weiber, R. (2018). *Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung* (15., vollständig überarbeitete Aufl.). Springer Gabler.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-56655-8>
- Bishop, C., Turner, A., & Read, P. (2017). Effects of inter-limb asymmetries on physical and sports performance: A systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 36(10), 1135-1144. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1361894>
- Büsch, D., Hagemann, N., & Bender, N. (2009). Das Lateral Preference Inventory: Itemhomogenität der deutschen Version. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 16, 17-28. [10.1026/1612-5010.16.1.17](https://doi.org/10.1026/1612-5010.16.1.17)
- Castañer, M., Andueza, J., Hileno, R., Puigarnau, S., Prat, Q., & Camerino, O. (2018). Profiles of motor laterality in young athletes' performance of complex movements: Merging the MOTORLAT and PATHHoops tools. *Frontiers in Psychology*, 9, 916. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00916>
- Gonzalo-Skok, O., Moreno-Azze, A., Arjol-Serrano, J. L., Tous-Fajardo, J., & Bishop, C. (2019). A comparison of 3 different unilateral strength training strategies to enhance jumping performance and decrease interlimb asymmetries in soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(9), 1256-1264. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0920>
- Guan, Y., Bredin, S., Taunton, J., Jiang, Q., Wu, N., & Warburton, D. (2022). Association between inter-limb asymmetries in lower-limb functional performance and sport injury: A systematic review of prospective cohort studies. *Journal of Clinical Medicine*, 11(2), 360. <https://doi.org/10.3390/jcm11020360>

- Hart, N., Nimphius, S., Weber, J., Spiteri, T., Rantalainen, T., Dobbin, M., & Newton, R. (2016). Musculoskeletal asymmetry in football athletes: A product of limb function over time. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48. 10.1249/MSS.0000000000000897
- Heppe, H., & Zentgraf, K. (2019). Team handball experts outperform recreational athletes in hand and foot response inhibition: A behavioral study. *Frontiers in Psychology*, 10, 971. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00971>
- Lee, M., Hinder, M. R., Gandevia, S. C., & Carroll, T. J. (2010). The ipsilateral motor cortex contributes to cross-limb transfer of performance gains after ballistic motor practice. *The Journal of Physiology*, 588(1), 201-212. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.183855>
- Maloney, S. (2019). The relationship between asymmetry and athletic performance: A critical review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(9), 2579-2593. <https://doi.org/doi:10.1519/JSC.0000000000002608>
- Ocklenburg, S., Schmitz, J., Moinfar, Z., Moser, D., Klohe, R., Lor, S., Kunz, G., Tegenthoff, M., Faustmann, P., Francks, C., Epplen, J. T., Kumsta, R., & Güntürkün, O. (2017). Epigenetic regulation of lateralized fetal spinal gene expression underlies hemispheric asymmetries. *eLife*, 6, e22784. <https://doi.org/10.7554/eLife.22784>
- Swann, C., Moran, A., & Piggott, D. (2015). Defining elite athletes: Issues in the study of expert performance in sport psychology. *Psychology of Sport & Exercise*, 16, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2014.07.004>
- van Melick, N., Meddeler, B., Hoogeboom, T., Nijhuis-van der Sanden, M., & Cingel, R. (2017). How to determine leg dominance: The agreement between self-reported and observed performance in healthy adults. *PLoS one*, 12. e0189876. 10.1371/journal.pone.0189876.
- Veale, J. (2013). Edinburgh Handedness Inventory - Short Form: A revised version based on confirmatory factor analysis. *Laterality*, 19. 10.1080/1357650X.2013.783045
- Verbeek, J., Elferink-Gemser, M. T. Jonker, L., Huijgen, B. C. H., & Visscher, C. (2017) Laterality related to the successive selection of Dutch national youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 35(22), 2220-2224.
- Verburgh, L., Scherder, E. J., van Lange, P. A., & Oosterlaan, J. (2014). Executive functioning in highly talented soccer players. *PloS one*, 9(3), e91254. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0091254>
- Zentgraf, K., Heppe, H., & Fleddermann, M.-T. (2017). Training in interactive sports: A systematic review of practice and transfer effects of perceptual-cognitive training. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 47(1). <https://doi.org/10.1007/s12662-017-0441-8>

Sportwissenschaft an Universitäten

– Strukturbedingungen und Perspektiven

(AZ 080515/20-22)

Freya Gassmann¹, Lutz Thieme (Projektleitung)², Johannes Hell³, Katrin Lindt² & Catrin Benkel³

¹TU Kaiserslautern

²Hochschule Koblenz

³Universität des Saarlandes

Problem

Das Forschungsprojekt „Sportwissenschaft an Universitäten – Strukturbedingungen und Perspektiven“ (Kurztitel „Sportwissenschaft an Universitäten“) wurde im Juli 2019 vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft ausgeschrieben und von März 2020 bis März 2022 durchgeführt. Das Ziel der Expertise bestand darin, „zu analysieren, welche Bedeutung (spitzen-)sportbezogene Forschung und Lehre aktuell an den universitären Hochschuleinrichtungen mit Sportbezug in Deutschland haben und welche Bedeutung die universitäre sportwissenschaftliche Forschung und Lehre für den organisierten Spitzensport haben. Konkret geht es um die Erfassung und Analyse

- › „der strukturellen Rahmenbedingungen für (spitzen-)sportbezogene Forschung an den universitären Einrichtungen,
- › der standortspezifischen Profilierung der Studiengänge an diesen Einrichtungen
- › sowie der strukturellen Voraussetzungen gelingender Kooperationen zwischen der Sportwissenschaft und dem Spitzensport“ (BISp, 2019, 1f.).

Diese generelle Forschungsperspektive wird durch die folgenden vier Aspekte konkretisiert (BISp, 2019, 2f).

- I. Bestandsaufnahme der Struktur universitärer sportwissenschaftlicher Einrichtungen
- II. Bestandsaufnahme der Ausrichtung sportwissenschaftlicher Forschung
- III. Ausprägung und Rahmenbedingungen von Kooperationen zwischen Sportwissenschaft und Leistungssport
- IV. Handlungsempfehlungen.

Methode

Wie in der Ausschreibung (BISp 2019) ersichtlich, erwartete das BISp die Beantwortung einzelner Fragestellungen (vgl. Kapitel 3). Diese bezogen sich auf komplexe Sachverhalte, die bislang selten Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen waren und zu denen daher nur wenig Erfahrungen in Bezug auf adäquate methodische Zugänge verfügbar waren. Daher schlugen wir ein triangulatives Vorgehen mit einem Mix aus qualitativen und quantitativen Methoden vor, welches spätestens mit dem BISp-Forschungsprojekt zu den deutschen Sportverbänden Einzug in die Sportsoziologie gehalten hat (Winkler, 1983). Das Ziel dieser Triangulation bestand darin, den Untersuchungsgegenstand durch die Nutzung von Dokumenten, statistischen Daten, Datenbanken sowie durch qualitative und quantitative Erhebungen zur Wahrnehmung unterschiedlicher Akteure zu strukturieren und die für die Beantwortung der Fragen notwendigen Informationen zu sammeln.

Tab. 1 enthält die Übersicht über die zur Datenrecherche herangezogenen Quellen. Diese reichen von der Amtlichen Statistik des Statistischen Bundesamtes zur Beschreibung der Entwicklung der Studierenden- und Beschäftigtenzahlen in der Sportwissenschaft über die Internetrecherche zur Erhebung der Hochschuleinrichtungen mit Sportbezug und der dort beschäftigten wissenschaftlichen MitarbeiterInnen und ProfessorInnen bis hin zur Analyse der vom BISP gepflegten Datenbanken SPOFOR und SPOLIT.

Individuelles und zugleich strukturelles Bindeglied zwischen der Sportwissenschaft und Leistungssportpraxis sind die WissenschaftskoordinatorInnen (WiKos) der Spitzensportverbände. Den differenzierten Organisationsformen im Leistungssport wurde durch die Berücksichtigung von Bundessportfachverbänden, Olympiastützpunkten, IAT und FES Rechnung getragen. Tab. 2 gibt einen Überblick über die durchgeführten qualitativen und quantitativen Befragungen.

Tab. 1: Datenrecherche und Datenbanken

Daten	Zeitpunkt der Recherche bzw. -umfang der Datenbanken
Amtliche Statistik des Statistischen Bundesamtes	1990 bis 2020, je nach Verfügbarkeit
Namen und Standorte der sportwissenschaftlichen Einrichtungen	2020
Namen, Zugehörigkeiten und Kontaktdaten der GeschäftsführerInnen, InstitutsleiterInnen, LehrstuhlinhaberInnen und wissenschaftlichen MitarbeiterInnen	2020
Modulhandbücher der sportwissenschaftlichen Studiengänge	2020
SPOLIT	2015 bis 2020
SPOFOR	2015 bis 2020

Die für die aufgeworfenen Fragestellungen relevanten Akteure finden sich in den Hochschuleinrichtungen mit Sportbezug und in den Einrichtungen des Leistungssports. Die Hochschuleinrichtungen mit Sportbezug ihrerseits greifen bei Drittmittelwerbungen und -administration auf spezialisierte Verwaltungseinheiten innerhalb der eigenen Hochschule zu. Da nicht auszuschließen war, dass diesen Drittmittelverwaltungen eine moderierende Funktion zwischen der Anreizstruktur der Forschungsprogramme und den Forschenden zukommt, wurde diese ebenfalls in die Datenerhebung einbezogen.

Die prägenden Akteure in den Hochschuleinrichtungen mit Sportbezug auf individueller Ebene sind die ProfessorInnen und wissenschaftlichen MitarbeiterInnen. Die strukturprägende Organisationsebene wird durch die InstitutsleiterInnen und GeschäftsführerInnen repräsentiert.

Die qualitativ erhobenen Daten, im Fall der WissenschaftskoordinatorInnen und InstitutsleiterInnen, wurden dabei auch zur Konzeptionierung der quantitativen Erhebungsinstrumente herangezogen.

Tab. 2: Qualitative und Quantitative Befragungen

Zielgruppe	Instrument	Geplanter Erhebungsumfang	Realisierter Umfang und Anzahl der recherchierten Personen
InstitutsleiterInnen	Qualitative Leitfadenterviews	Vollerhebung	62 von 89
GeschäftsführerInnen	Quantitative Befragung	Vollerhebung	55 von 89
ProfessorInnen	Quantitative Befragung	Vollerhebung	195 von 472
Wissenschaftliche MitarbeiterInnen	Quantitative Befragung	Vollerhebung	606 von 1.773
Drittmittelstellen	Qualitative Leitfadenterviews	fünf Interviews	Fünf Gruppeninterviews
BFV, OSP	Qualitative Leitfadenterviews	je vier Interviews	3 Interviews OSP, 3 Interviews BFV
IAT, FES	Qualitative Leitfadenterviews	je ein Interview	2 Gruppeninterviews, mit je 2 Personen
WiKos	Qualitative Leitfadenterviews	fünf Interviews	5 Interviews
WiKos	Quantitative Befragung	Vollerhebung	32 von 40
WiKos	Fokusgruppe	Sprechergruppe	Eine Fokusgruppe mit 6 Personen

Ergebnisse & Diskussion der Forschungsfragen

Die Ausschreibung des Projektes enthielt drei Themenbereiche, zu denen insgesamt fünfzehn Fragen formuliert wurden, die nachfolgend zusammenfassend beantwortet werden. Zudem sollten auf der Basis der Analyse „Handlungsempfehlungen zur Weiterentwicklung und Optimierung der universitären Sportwissenschaft sowie der Zusammenarbeit zwischen Sportwissenschaft und Spitzensport generiert werden“ (BISp, 2019, 3). Diese sind dem Abschlussbericht zu entnehmen.

3.1 Zur Bestandsaufnahme der Struktur universitärer sportwissenschaftlicher Einrichtungen

Durch eigene Recherche konnten 504 Studiengänge identifiziert werden, die „Sport“ (oder Synonyme) im Namen des Studiengangs tragen. Diese Studiengänge werden von 54 Universitäten, sechs Pädagogischen Hochschulen und 29 Fachhochschulen angeboten. Das Statistische Bundesamt weist für das Wintersemester 2020/2021 insgesamt 41.493 Studierende im Bereich Sportwissenschaft (Fächergruppen „Sportwissenschaft“, „Sportpädagogik/Sportpsychologie“ und „Sportökonomie/Sportman-

agement“) aus. Die Hochschuleinrichtungen mit Sportbezug waren dabei neben der eigenständigen Deutschen Sporthochschule Köln in fünf Fakultäten (Universität Leipzig, Ruhr-Universität Bochum, Technische Universität München, Deutsche Hochschule für Gesundheit und Sport Berlin, Hochschule für angewandtes Management Ismaning), in 46 Instituten sowie 14 eigenständig – aber nicht als Institut – benannte Organisationsformen gegliedert. Hinzu kamen 23 Fälle, bei denen die Studiengänge mit Sportbezug tragenden Organisationseinheiten keine Binnendifferenzierung mit Bezug auf die Sportwissenschaft aufweisen. Die aus den Angaben der Hochschulen an das Statistische Bundesamt aggregierten Daten weisen für das Jahr 2020 287 ProfessorInnen an Hochschulen und 1.809 wissenschaftliches Personal ohne die ProfessorInnen, meist wissenschaftliche MitarbeiterInnen auf. Zudem unterrichteten 2020 1.103 Lehrbeauftragte im Fach Sport.

Die Bezüge zum Leistungssport wurden über eine Analyse der Modulbeschreibungen ermittelt. In 38,8 % der Studiengänge mit Bezug zum Sport treten die verwendeten leistungssportlichen Begriffe in den Modulhandbüchern mindestens einmal auf, in 61,2 % der Studiengänge ist dies nicht der Fall. In zehn Studiengängen werden Begriffe des Leistungssports in der Denomination des Studiengangs verwendet.

Knapp drei Viertel der ProfessorInnen (73,68 %) und etwa die Hälfte der wissenschaftlichen MitarbeiterInnen (48,15 %) gaben an, dass im Wintersemester 2020/2021 und/oder im Sommersemester 2021 leistungssportbezogene Inhalte in ihre Lehrveranstaltungen eingeflossen seien.

Aus den Befragungen der ProfessorInnen sowie der wissenschaftlichen MitarbeiterInnen geht hervor, dass diese in unterschiedlicher Weise und auf verschiedenen Ebenen einen persönlichen Bezug zum Leistungssport haben. Knapp 80 % der befragten ProfessorInnen geben an, einen Bezug zum Leistungssport aufzuweisen. Durchschnittlich lässt sich dabei ein mittlerer bis hoher persönlicher Bezug feststellen. Knapp 26 % berichten sogar von einem persönlichen Bezug als SportlerIn mit ebenfalls mittlerer bis hoher Intensität. Bei den wissenschaftlichen MitarbeiterInnen ist der Anteil mit Leistungssportbezug geringer (57,4 %) und etwas weniger intensiv, während der Bezug als SportlerIn vergleichbar zur Gruppe der ProfessorInnen ausfällt. Bei den ProfessorInnen bezeichnen sich 54,2 % als frühere bzw. aktuelle LeistungssportlerInnen, bei den wissenschaftlichen MitarbeiterInnen sind es 40,2 %.

3.2 Zur Bestandsaufnahme der Ausrichtung sportwissenschaftlicher Forschung

Von den befragten ProfessorInnen geben 56,0 % an, dass ihre Forschung einen direkten Bezug zum Leistungssport aufweist, weitere 17,2 % sehen Bezüge indirekter Art. Diese hohen Werte finden sich nicht in gleichem Maße bei den wissenschaftlichen MitarbeiterInnen wieder. Hier geben 29,0 % einen direkten und 17,5% einen indirekten Bezug an. Die wissenschaftlichen MitarbeiterInnen, die eine Qualifikation anstreben, schildern bzgl. ihrer Qualifikationsarbeit zu 21,8 % einen direkten und zu 24,4 % einen indirekten Bezug zum Leistungssport.

Die befragten ProfessorInnen geben an, seit dem Wintersemester 2015/2016 im Mittel 8,5 Projekte durchgeführt zu haben (SD = 6,5). Davon wiesen durchschnittlich 3,0 Projekte (SD = 3,8) einen direkten und 1,3 Projekte (SD = 1,9) einen indirekten Bezug zum Leistungssport auf.

Die wissenschaftlichen MitarbeiterInnen waren seit dem Wintersemester 2015/2016 in knapp vier Projekten involviert, von denen gut die Hälfte weder einen direkten noch einen indirekten Bezug zum Leistungssport hatte. 62,0 % der ProfessorInnen gaben zudem an, seit dem Wintersemester 2015/2016 ein oder mehrere leistungssportbezogenen Drittmittelprojekte beantragt zu haben.

Die Frage nach fördernden und hindernden Bedingungen leistungssportbezogener Forschung kann aus verschiedenen Perspektiven beantwortet werden. Voraussetzungen für leistungssportbezogene Forschung sind ausreichende personelle, finanzielle und räumlich-apparative Bedingungen für die Hochschuleinrichtungen mit Sportbezug. Diese scheinen sich seit der Erhebung von Rieder, Widmeier und Petersen (1987) in den Jahren 1985 und 1986 insgesamt verbessert zu haben. Die qualitativen Daten aus der Befragung der InstitutsleiterInnen erbrachten keine Hinweise auf einen als defizitär empfundenen Kenntnisstand zu den finanziellen Fördermöglichkeiten für sportwissenschaftliche Forschung im Leistungssport. Die Drittmittelabteilungen unterstützen die AntragsstellerInnen in der Regel bei Formalia im Antragsprozess, inhaltliche Unterstützung findet jedoch in der Regel nicht statt.

Der Anteil leistungssportbezogener Forschung steigt mit der individuell wahrgenommenen Attraktivität der Förderung leistungssportbezogener Forschung. Im arithmetischen Mittel liegt die individuell wahrgenommene Attraktivität der Förderung jedoch hinter der für die eigene Hochschuleinrichtung mit Sportbezug und auch der für die eigene Hochschule wahrgenommenen Attraktivität. Da das BISp die Forschungsförderung im Leistungssport dominiert, kommt ihm bei der Steigerung der Attraktivität eine Schlüsselrolle zu. Hierbei spielen insbesondere die seitens der Forschenden wahrgenommenen Unterschiede zwischen der Forschungsförderung im Leistungssport und der Forschungsförderung außerhalb des Leistungssports eine zentrale Rolle. Differenzen finden sich in erster Linie in der Laufzeit der jeweiligen Förderung, in den wahrgenommenen Gründen einer erfolgreichen Antragstellung sowie in der Dominanz einzelner sportwissenschaftlicher Teildisziplinen.

Eine besondere Bedeutung scheint dem Abfluss von Know-how zur Leistungssportforschung durch die projektbezogenen Befristungen von wissenschaftlichen MitarbeiterInnen zuzukommen. Infolge der vergleichsweise kurzen Projektlaufzeiten sind Qualifikationsarbeiten selten durch ein einziges gefördertes Projekt mit Leistungssportbezug zu realisieren.

Positiv dürfte sich dagegen die relativ hohe Erfolgsquote bei Anträgen zur Förderung von leistungssportbezogenen Forschungsprojekten beim BISp auswirken. Nicht nur die institutionelle Einbindung der Sportorganisationen in die Vergabeverfahren des BISp, sondern auch die besondere Bedeutung des Transfers wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Leistungssportpraxis bedingen eine enge Verbindung der Forschenden mit den PraktikerInnen im Leistungssport. Die sich daraus ergebenden Kooperationsnetzwerke sind insgesamt noch nicht hinreichend ausgeprägt, um die Diffusion der Erkenntnisse der Forschenden in die Praxis sowie der Fragestellungen der Praxis zu den Forschenden zur beiderseitigen Zufriedenheit zu bewerkstelligen. Vertrauen und persönliche Bekanntschaften fördern die Kooperationsbereitschaft auf beiden Seiten.

Ausweislich der Modulhandbücher existiert in allen Hochschulen eine systematische Verzahnung sportwissenschaftlicher Forschung insgesamt mit dem Lehrangebot. Dies ist nicht überraschend, da die Verbindung von Forschung und Lehre ein Kernelement der Studiengangskreditierung darstellt. Die qualitativen Interviews mit den InstitutsleiterInnen deuten darauf hin, dass die im Akkreditierungsprozess nachzuweisende Verbindung von Forschung und Lehre nicht nur deklaratorischer Natur ist, sondern sich die Hochschuleinrichtungen mit Sportbezug auch vor dem Hintergrund der Legitimierung der Sportwissenschaft als akademisches Fach um eine für die Studierenden erleb- und nachvollziehbare systematische Verknüpfung bemühen.

3.3 Zu Ausprägungen und Rahmenbedingungen von Kooperationen zwischen Sportwissenschaft und Leistungssport

Knapp 87 % der ProfessorInnen und etwas mehr als 70 % der wissenschaftlichen MitarbeiterInnen gaben an, dass sie Kooperationen im Rahmen von leistungssportbezogenen Forschungsvorhaben mit anderen Personen, Einrichtungen, Organisationen oder Institutionen pflegen. Am häufigsten nennen ProfessorInnen Kooperationen mit Bundesfachverbänden (53,3 %) und Olympiastützpunkten (43,4 %). Wissenschaftliche MitarbeiterInnen kooperieren vor allem mit Vereinen (46,4 %) und Bundesfachverbänden (44,3 %). Auf Personenebene stehen die TrainerInnen im Mittelpunkt. Mit diesen kooperieren 46,7 % der ProfessorInnen und 52,9 % der wissenschaftlichen MitarbeiterInnen. Die Kooperationsformen dominieren die Bereitstellung von ProbandInnen, welche von 64,4 % der ProfessorInnen und 67,4 % der wissenschaftlichen MitarbeiterInnen als Kooperationsart genannt wird. Es folgen sowohl bei den ProfessorInnen als auch bei den wissenschaftlichen MitarbeiterInnen gemeinsame Publikationen (54,2 % bzw. 53,6 %) und die Hilfestellung bei bestimmten Fragen (54,2 % bzw. 52,9 %). Daten werden häufiger bei wissenschaftlichen MitarbeiterInnen in Projekten zum Leistungssport ausgetauscht (49,3 %) als bei ProfessorInnen (39,0 %).

Die KooperationspartnerInnen aus dem Leistungssport nennen ebenfalls die von den ProfessorInnen und wissenschaftlichen MitarbeiterInnen genannten Kooperationsformen und ergänzen lediglich die gemeinsame Labornutzung. Sie wenden sich vor allem mit Fragestellungen zu Training und Trainingssteuerung oder der Sportinfrastruktur an die Hochschulen.

ProfessorInnen und wissenschaftliche MitarbeiterInnen verweisen übereinstimmend auf eigene persönliche Bekanntschaften und Netzwerke sowie auf Vertrauen als die aus ihrer Sicht am stärksten fördernden Bedingungen für Kooperationen zwischen SportwissenschaftlerInnen und LeistungssportpraktikerInnen.

Als hemmende Bedingungen werden dagegen der notwendige administrative Aufwand sowie eine ungleiche Interessenverteilung genannt. Die Antworten in den Freitextfeldern zur Unterstützung von Kooperationen weisen auf Ressourcenknappheit, auf die zu erbringenden bürokratischen Anforderungen, auf Risiken bei nicht erprobten Kooperationen sowie auf die Reduktion von Informationsdefiziten hin.

Korrespondierend dazu betonen die LeistungssportpraktikerInnen aus den Olympiastützpunkten und den Bundessportfachverbänden die Bedeutung der vorhandenen persönlichen Kontakte forschungsaffiner MitarbeiterInnen, insbesondere der WissenschaftskoordinatorInnen sowie die bestehenden langjährigen KooperationspartnerInnen in den Hochschulen. Sie verweisen auf die Bedeutung gemeinsamer Problemstellungen und auf einen möglichst direkten Nutzen für die Leistungssportpraxis. Eine Kooperation mit Hochschulen wird durch fehlende Ressourcen, mangelnde Passfähigkeit des Forschungsthemas sowie bei fehlender Zusammenarbeit auf Augenhöhe deutlich erschwert.

Literaturverzeichnis

- BISp (2019). *Sportwissenschaft an Universitäten – Strukturbedingungen und Perspektiven. Beschreibung einer Expertise*. URL: https://www.bisp.de/SharedDocs/Downloads/Ausschreibungen/Ausschreibung_Strukturbedingungen_und_Perspektiven.pdf?
- Rieder, H., Widmaier, H., & Petersen, T. (1987). *Bedingungen sportwissenschaftlicher Forschung an Hochschulen in der Bundesrepublik Deutschland*. Sportverlag Strauß.
- Winkler, J. (1983). Methodische Probleme bei der empirischen Analyse von Sportverbänden. In P. Becker (Hrsg.), *Quantitative oder qualitative Sozialforschung in der Sportsoziologie* (S. 53-71). DVS.

Analyse von Wettkampfstruktur, Belastungs- und Beanspruchungsprofilen im 3 x 3-Basketball

(AZ 070702/20-21)

C. Willberg¹, M. Behringer² (Projektleitung) & K. Zentgraf¹ (Projektleitung)

¹Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Sportwissenschaften, Bewegungs- und Trainingswissenschaft

²Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Sportwissenschaften, Sportmedizin und Leistungsphysiologie

1 Einleitung

3 x 3 Basketball ist eine moderne Spielvariante der Sportart Basketball, die seit Tokyo 2020 auch im Rahmen der Olympischen Spiele ausgetragen wird. Von dem speziellen Regelwerk, bei dem nur drei gegen drei Sportlerinnen bzw. Sportler auf einen Korb gegeneinander spielen, verspricht man sich schnelle und dynamische Wettkämpfe, die publikumswirksam an teils spektakulären Orten (Einkaufszentren, Fußgängerzonen, etc.) ausgetragen werden können. Durch die verkürzte Angriffszeit (12 Sekunden) und den schnellen Übergang in den nächsten Spielzug (der Ball wird nach Korberfolg direkt von der gegnerischen Mannschaft hinter die 2-Meter-Linie gepasst) steigt die Aktionsdichte im Vergleich zum 5 gg. 5 Basketball.

Obwohl einige wenige Analysen zur Sportart 3 x 3 Basketball bereits durchgeführt wurden, fehlt bislang der Vergleich bei den Basketballvarianten 3 x 3 sowie 5 gg. 5. Zwar gibt es auch im 5 gg. 5 Basketball Untersuchungen, welche sich mit der Belastungsstruktur auseinandersetzen, jedoch sind die Ergebnisse aufgrund der Unterschiede in der genutzten Messmethodik nur bedingt vergleichbar (Stojanović et al., 2018). Eben dieser Vergleich erscheint jedoch als essentiell, wenn man bedenkt, dass viele 3 x 3 Athleten und Athletinnen aus dem klassischen Basketball stammen – eine Analyse, ob und in welchem Maße sich die Spielvarianten voneinander unterscheiden, ist entsprechend sinnvoll, um sich auf Spielsituationen vorzubereiten und effektiv sowie zielgerichtet trainieren zu können. Neben der Analyse von Belastungsparametern ist auch die Untersuchung der Beanspruchung von 3 x 3 Athletinnen und Athleten, insbeson-

dere vor dem Hintergrund des Austragungsformats (Turnierform), interessant. Hier fehlen bislang Informationen darüber, welche Auswirkungen die Spielbelastungen auf Gewebestrukturen (wie z. B. die Muskulatur) haben. Eine Analyse der muskulären Beanspruchung von Athletinnen und Athleten im 3 x 3 Basketball ist vor allem auch im Rahmen der Regeneration (zwischen einzelnen Spielen) sinnvoll, um entsprechende Maßnahmen zum Erhalt der Leistungsfähigkeit im Turnierverlauf zu ergreifen.

2 Methodik

2.1 Versuchspersonen

Alle Daten wurden von (internationalen) Karaderathletinnen und -athleten (U18 weiblich, U18 männlich, Frauen, Männer) an Lehrgangsmassnahmen, (internationalen) Turnieren oder Einzelterminen erhoben. Im Rahmen der Belastungsanalyse ergibt sich daraus eine Stichprobe von $n = 61$ Personen (23 Frauen, 38 Männer). Insgesamt wurden 66 Spiele im 3 x 3 Basketball gemessen, davon 8 in Trainingseinheiten, alle weiteren in nationalen (2, Frauen und Männer) und internationalen (1, Männer) Turnieren. Um die Daten mit dem 5 gg. 5 Basketball zu vergleichen, wurde das gleiche Messsystem auch bei 18 Spielen (4 Frauen, 14 Männer) von Mannschaften der 1. Basketball-Bundesliga (DBBL, BBL) genutzt. Dabei wurden Daten von $n = 29$ Personen (14 Frauen, 15 Männer) erhoben. Zwei Spiele wurden als Freundschaftsspiele im Rahmen der Saisonvorbereitung ausgetragen, alle weiteren Daten wurden bei Ligaspielen der Saison 20/21 erhoben. Die Zusammensetzung der Stichprobe ist zu entnehmen.

Zur Untersuchung der Beanspruchung von Athleten und Athletinnen in Abhängigkeit der Spielbelastung im 3 x 3 Basketball wurden $n = 23$ Athleten (international) an einem Turnierwochenende (3 x 3 Prime, Heidelberg, 2021) untersucht. Jede Mannschaft spielte zwei Spiele an Tag eins und drei Spiele an Tag zwei. Am Morgen jedes Spieltages sowie im Anschluss an jedes Spiel wurde eine TMG Messung durchgeführt. Im Optimalfall durchliefen die Spieler also 7 TMG Messungen und wurden bei 5 Spielen mittels Positions- und inertialer Bewegungsanalyse gemessen.

2.2 Positions- und Bewegungsanalyse

Zur Belastungs- sowie Beanspruchungsanalyse der Sportart 3 x 3 Basketball wurde ein lokales Positionssystem (mit inertialer Bewegungsanalyse) der Firma Catapult Sports© (Clearsky, Catapult Sports©, Melbourne, Australien) sowie die Tensiomyographie genutzt. Die Positionsdaten wurden mit einer Frequenz von 10 Hz aufgenommen. Der Sender wurde durch eine Weste (Vector Elite Vest, Catapult Sports©, Melbourne, Australien), welche auch HR Analysen (10 Hz) zulässt, am Rücken der Athletinnen und Athleten, zwischen den Schulterblättern, befestigt. Neben der Möglichkeit, Positionsdaten zu erheben, ist durch die Integration eines 3D-Akzelerometers ($\pm 16 \text{ G}$; 100 Hz), eines Gyroskops ($-2000^\circ \text{ s}^{-1}$; 100 Hz) und eines Magnetometers (3D $\pm 4900 \mu\text{T}$; 100 Hz) auch die Analyse von sog. „micro movements“, also kleinsten Bewegungen, die durch die Positionsanalyse nicht erfasst werden, möglich. Diese Bewegungen werden vom Hersteller unter dem Begriff der inertialen Bewegungsanalyse (IMA) zusammengefasst. Die Auswertung dieser Daten erfolgt durch die Software Openfield™, wobei die Daten des Gyroskops und des Akzelerometers durch einen Kalman Filter geglättet werden. Richtungswechsel, explosive Bewegungen ($EE, > 3,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ unabhängig von der Bewegungsrichtung), der sog. Player Load© (PL), Beschleunigungen sowie Abbremsbewegungen (ACC, DEC), welche in dem Projektbericht wiedergegeben werden, wurden mittels IMA erhoben. Zurückgelegte Distanzen sowie Geschwindigkeiten, etc. wurden mittels LPS ermittelt.

2.3 Tensiomyographie

Bei tensiomyographischen Messungen mittels TMG (TMG-BMC Ltd., Ljubljana, Slowenien) wird die Kontraktion des Muskels als Reaktion auf einen elektrischen Stimulus untersucht. Dabei wird ein hochpräziser ($4 \mu\text{m}$) Wegsensor mit einer Federkonstante von $0,17 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-1}$ senkrecht auf dem Muskelbauch angebracht. Der Sensor misst die radiale Verschiebung eines Muskels über die Zeit und überträgt diese Daten in ein digitales Signal (Dahmane et al., 2001). Aus der sich ergebenden Kurve können Parameter wie z. B. die radiale Ausdehnung (D_m) oder die Kontraktionszeit (T_c) des Muskels abgelesen werden. Zudem kann die Kontraktionsgeschwindigkeit (V_c) wie folgt berechnet werden:

$$V_c = \frac{90\% D_m - 10\% D_m}{T_c}$$

Durch die Tensiomyographie können Veränderungen der Kontraktilität der Muskulatur nicht-invasiv dargestellt werden. Nach Pereira et al. (2020) ist die Methode sensitiv, um im Sportspiel Akuteffekte von Belastungen auf die Kontraktilität der Muskulatur zu ermitteln.

2.4 Leistungsdiagnostische Tests

Mit Hilfe von Lichtschranken (Microgate Srl, Bozen, Italien) wurden bei einem 20-m-Sprint mit frei gewähltem Startzeitpunkt Intervallzeiten bei 5 m, und 10 m bestimmt.

Als Richtungswechseltest wurde der Handball Agility-Specific Test (HAST) nach Iacono et al. (2015) durch die Integration eines Fitlight Systems (FITLIGHT® Corp., Ontario, Canada) zur Analyse von Intervallzeiten modifiziert.

Zur Erfassung der Sprungleistung wurden die Athletinnen und Athleten gebeten, Counter-Movement Jumps (CMJ) sowie Drop Jumps (DJ) auszuführen. Die Sprunghöhe wurde über die Flugzeit berechnet. Neben der Sprunghöhe wurde auch die Kontaktzeit quantifiziert, um einen sog. DJ Index ($\text{cm} \cdot \text{ms}^{-1}$) zu berechnen.

3 Statistik

Im Rahmen der Belastungsanalyse (mittels Positions- und Bewegungsdaten) wurden die ausgewählten Parameter deskriptiv ausgewertet und dargestellt. Um mögliche Zusammenhänge zwischen Schnelligkeits-/ Schnellkraftleistungen aus den leistungsdiagnostischen Messungen mit Schnelligkeitsleistungen im Spiel zu identifizieren wurden Multiple Regressionen mit Tapping-, Sprung- (CMJ, DJ Index) und Richtungswechselleistungen berechnet. Folgende Parameter der Belastungsanalyse wurden analysiert: a) Anzahl schneller Beschleunigungen ($ACC > 3,5 \text{ m*s}^{-2}$) b) Prozentuale Zeit in Geschwindigkeitsbändern ($6-9 \text{ km*h}^{-1}$, $9,01-11,99 \text{ km*h}^{-1}$, $12-14 \text{ km*h}^{-1}$, $> 14 \text{ km*h}^{-1}$) c) Anzahl Richtungswechsel (links, rechts) d) Anzahl Sprünge e) Anzahl hoch-intensiver Bewegungen ($EE > 3,5 \text{ m*s}^{-2}$).

Zur Analyse der Veränderung der TMG Parameter wurde zunächst eine mehrfaktorielle Varianzanalyse (2x2 ANOVA) mit Messwiederholung durchgeführt. Die untersuchten Variablen waren der Messzeitpunkt (Prä-/ Post-Messung) sowie die TMG Parameter (Dm, Vc). Um zu analysieren ob Belastungs- und Beanspruchungsparameter zusammenhänge aufweisen wurde zudem eine bivariate Korrelation der Parameter PL, DEC, Sprünge, ΔDm und ΔVc berechnet. Neben der Belastungsanalyse wurden mit den Athleten auch Leistungstests (CMJ, DJ, Richtungswechseltest) durchgeführt und analysiert, ob die muskuläre Reaktion mit den Werten aus der Leistungsdiagnostik zusammenhängen.

4 Ergebnisse

4.1 Belastungsanalyse

Im 5 gg. 5 Basketball legen Athleten ca. 3400 m pro Spiel zurück, bei Frauen ist die durchschnittlich zurückgelegte Distanz absolut sowie relativ an der Spielzeit etwas höher.

Auch im 3 x 3 Basketball legen Frauen etwas mehr Strecke pro Spiel zurück, relativiert an der Spielzeit zeigen Männer etwas höhere Werte.

In beiden Geschlechtern ist die maximale Laufgeschwindigkeit im 3 x 3 niedriger als im 5 gg. 5 Basketball. Die Zeit, die Spieler:innen in definierten Geschwindigkeitsbändern befinden ist im 5 gg. 5 und 3 x 3 Basketball vergleichbar. Im 3 x 3 Basketball werden mehr Beschleunigungs- und Abbremsbewegungen, Richtungswechsel Sprünge und hoch-intensive Bewegungen pro Minute durchgeführt. Der $PL \cdot \text{min}^{-1}$ ist bei Männern im 3 x 3 etwas höher im 5 gg. 5 Basketball. Im 5 gg. 5 Basketball gibt es kaum Unterschiede zwischen den Geschlechtern hinsichtlich des $PL \cdot \text{min}^{-1}$. Die Ergebnisse der Analyse können Tab. 1 entnommen werden, in der ein Sportartenvergleich sowohl innerhalb (zwischen den Geschlechtern) als auch zwischen den Sportarten dargestellt wird.

Die Anzahl an ACC kann durch die Faktoren Tappingfrequenz, Sprunghöhe, DJ Index sowie Richtungswechselleistung vorausgesagt werden ($F(4,287) = 10,9; p = < 0,01$). Das Modell hat mit einem $R^2 = 0,13$ (korrigiertes $R^2 = 0,12$) eine mittlere Varianzaufklärung.

Tab. 1: Zusammenfassender Vergleich der Belastungsparameter im 3 x 3 sowie 5 gg. 5 Basketball - Ein Vergleich der Absolut- und Relativwerte innerhalb der Sportarten (Männer - Frauen) sowie zwischen den Sportarten (einzelnes Spiel - Turniertag). Für die Turnieranalyse wurden die absoluten Werte der 3 x 3 Spiele mit drei multipliziert, um die Belastung eines Turniertags zu schätzen. ≈: weniger als 5 % Unterschied; fett markierte Werte: Unterschied > 50 %: ACC/ DEC: Beschleunigung/ Abbremsbewegung; EE = hoch-intensive Bewegungen > $3,5 \text{ m*s}^{-1}$.

	BB				3x3				BB vs. 3x3 - ein Spiel (pro Minute)				BB vs. 3x3 Turniertag (3 Spiele)					
	absolut		pro Minute		absolut		pro Minute		Männer		Frauen		Männer		Frauen			
	F	M	F	M	F	M	F	M	BB	3x3	BB	3x3	BB	3x3	BB	3x3		
zurückgelegte Strecke	9,4%	>	7,7%	>	>	7,9%	<	18,1%	5,5%	>	35,1%	>	28,6%	>	31,6%	>		
Geschwindigkeit		<	11%			<	9,3%											
ACC		<	15,1%	11,8%	>		<	54,1%		<	19,1%		<	32,2%		<	7,2%	
DEC		≈	3,2%	15,2%	>		<	19,2%	7,6%	>		<	31,3%		<	28,0%		
Richtungswechsel		<	13,7%	21,8%	>		<	51,5%		<	8,2%		<	34,8%		<	9,7%	
PL	3,2%	≈		0,1%	≈		<	28,1%		<	16,7%		<	9,3%	5,9%	>	10,9%	
EE		<	34,5%		<	46,8%		<	80,6%		<	62,1%		<	44,8%		<	39,0%
Sprünge		<	38,6%		<	49,6%		<	31,1%		<	22,3%		<	47,7%		<	57,3%
HFmax	4,8%	≈				5%	>											
Session RPE	17,6%	>												<	25,5%			

Die Richtungswechselleistung ($p > 0,01$) sowie der DJ Index ($p = 0,02$) können als signifikante Prädiktoren angesehen werden.

Hinsichtlich der prozentualen Zeit, welche in verschiedenen Geschwindigkeitsbändern verbracht wurde, sind die berechneten Modelle nur für die Geschwindigkeitsbereiche von 12-14 km*h⁻¹ sowie > 14 km*h⁻¹ signifikant (12-14 km*h⁻¹: $F(4,107) = 6,63$; $p < 0,01$; > 14 km*h⁻¹: $F(4,107) = 6,17$; $p < 0,01$) und klären 17 % ($R^2 = 0,2$; korrigiertes $R^2 = 0,17$) respektive 16 % ($R^2 = 0,19$; korrigiertes $R^2 = 0,16$) der Varianz auf.

In beiden Geschwindigkeitsbereichen kann lediglich die Richtungswechselleistung als signifikanter Prädiktor (12-14 km*h⁻¹: $p < 0,03$; > 14 km*h⁻¹: $p = 0,01$) angesehen werden.

Die Anzahl an Richtungswechseln nach links sowie nach rechts können durch die berechneten Modelle zu 19,6 % (links: $R^2 = 0,21$; korrigiertes $R^2 = 0,2$; $F(4,287) = 18,75$; $p < 0,01$) bzw. 15,4 % (rechts: $R^2 = 0,17$; korrigiertes $R^2 = 0,15$; $F(4,287) = 14,24$; $p < 0,01$) vorausgesagt werden. Signifikante Prädiktoren für die im Spiel durchgeführten Richtungswechsel nach links sind sowohl die Richtungswechselleistung ($p < 0,01$) als auch die Sprunghöhe im CMJ ($p = 0,01$). Für den Richtungswechsel nach rechts kann einzig die Richtungswechselleistung als Prädiktor herangezogen werden ($p < 0,01$).

Durch die ausgewählten Prädiktoren können zudem 20 % der Varianz bezüglich der Anzahl an Sprüngen pro Spiel aufgeklärt werden ($R^2 = 0,21$; korrigiertes $R^2 = 0,2$; $F(4,287) = 9,15$; $p < 0,01$), wobei die Sprunghöhe im CMJ ($p < 0,01$) sowie die Tappingfrequenz ($p = 0,01$) signifikante Prädiktoren darstellen.

Auch die Anzahl an hoch-intensiven Bewegungen kann durch das berechnete Modell vorhergesagt werden ($R^2 = 0,22$; korrigiertes $R^2 = 0,21$; $F(4,287) = 20,19$; $p < 0,01$), wobei die Richtungswechselleistung den einzig signifikanten Prädiktor darstellt ($p < 0,01$).

In dem analysierten Turnier spielten alle Teams zwei Spiele am ersten sowie drei Spiele am zweiten Tag. Während eines Turniers variiert die Spielzeit, wobei die ersten ($17 \pm 4,1$ min) und letzten Spiele ($16 \pm 1,1$ min) die kürzesten sind; die letzten Spiele der Qualifikationsrunde dauerten am längsten ($23 \pm 5,9$ min).

Die zurückgelegte Strecke war im ersten Spiel an Tag zwei am höchsten ($1032,8 \pm 271,6$ m). Die relativ zurückgelegte Strecke ist zwischen den Spielen vergleichbar ($64 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$). Im letzten Spiel der Qualifikationsrunde sind die Werte etwas geringer ($55,5 \pm 6,2 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$). Auch hinsichtlich der Sprünge sind Unterschiede nur relativiert an der Spielzeit zu sehen, wobei in den finalen Spielen mehr Sprünge*min⁻¹ durchgeführt wurden ($1,8 \pm 0,6$) als in den restlichen Spielen. Beschleunigungen, Abbremsbewegungen, EEs und PL pro Minute sind zu Anfang des Turniers hoch und gehen während der Qualifikationsrunde etwas zurück. In den Finalspielen der Teams (drittes Spiel am zweiten Tag) sind die Belastungsparameter am höchsten. Die Spiele werden im Turnierverlauf als immer anstrengender eingeschätzt.

4.2 Beanspruchungsanalyse

Die Analyse der muskulären Beanspruchung in Folge von Spiel-/ Turnierbelastungen wurde bei 3 x 3 Athleten bei einem zwei-tägigen, internationalen Turnier durchgeführt. Der durchschnittliche PL eines Spiels betrug $126 \pm 35,9$ a. u., es wurden $23,6 \pm 7,8$ Abbremsbewegungen und $21,7 \pm 8,4$ Sprünge durchgeführt. Zwischen dem Spielende und der TMG Messung lagen durchschnittlich $19:18 \pm 04.45$ min.

Die Analyse zeigte einen signifikanten Interaktionseffekt (Zeit*TMG Parameter; $F(1,10) = 19,39$; $p = 0,01$). Zudem zeigten sich Haupteffekte (TMG Variablen), in GC ($F(1, 10) = 45,63$; $p = <0,01$; diff = 2,1; KI [1,4-1,8]) und RF ($F(1,20) = 212,46$; $p = <0,01$; diff = 7,9; KI [6,7-9]). Bei der Datenanalyse des GC zeigte sich zudem ein Haupteffekt (Zeit) ($F(1,10) = 20,73$; $p = 0,01$), wobei die TMG Werte vor einem Spiel höher waren als in der Post-Messung nach einem 3 x 3 Spiel (diff = 0,22; KI [0,11-0,33]).

Zwischen Parametern der Spielbelastung (Sprünge, Abbremsbewegungen, PL) und TMG Parametern gibt es keinen signifikanten Zusammenhang. Innerhalb der Belastungsparameter korrelieren Abbremsbewegungen mit dem PL in RF und GC (GC: $r = 0,72$; $p = 0,01$; RF: $r = 0,64$; $p < 0,01$).

Signifikante Zusammenhänge zwischen der muskulären Reaktion und den Leistungstest können nur bei Athleten mit gesteigerten TMG

Werten (Dm) und dem Richtungswechseltest im RF gezeigt werden ($r = -0,98$; $p = 0,02$). In GC reagierte nur ein Athlet mit gesteigerten TMG Werte nach einem 3 x 3 Spiel. Vergleicht man die leistungsdiagnostischen Werte dieses Athleten mit den Werten der restlichen Athleten an denen TMG Werte am GC gemessen wurden, so zeigen sich geringe Unterschiede (Größere Sprunghöhe im CMJ, höherer DJ-Index, längere Richtungswechseldauer). Athleten, deren RF gemessen wurde, reagierten sowohl mit gesteigerten ($n = 9$) als auch gesunkenen ($n = 12$) TMG Parametern wobei nur leichte Unterschiede hinsichtlich der Leistungstests zu erkennen sind.

tung nimmt in den letzten Spielen nicht ab. Die Spiele werden durchgängig als anstrengender bewertet.

Die Unterschiede hinsichtlich der Laufstrecke sowie Geschwindigkeit lassen sich durch die verringerte Feldgröße im 3 x 3 Basketball erklären. Athleten bzw. Athletinnen haben maximal 15 m um zu beschleunigen und abzubremesen. In diesem begrenzten Raum ist es nur bedingt möglich maximale Sprintleistungen auszuführen. Dementsprechend scheint die maximale Laufgeschwindigkeit beim 3 x 3 von geringerer Bedeutung zu sein. Ein Faktor, welcher jedoch von hoher Relevanz sein könnte, ist die Fer-

Tab. 2: Ergebnisse der leistungsdiagnostischen Tests unterteilt nach untersuchter Muskelgruppe und Veränderungen in TMG Messungen.

		N	CMJ		DJ		COD	
			Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
GC	Senkung TMG	10	46,98	4,09	0,19	0,03	6,91	0,20
	Steigerung TMG	1	49,84	0	0,22	0	7,20	0
RF	Senkung TMG	12	40,85	5,06	0,16	0,04	7,15	0,20
	Steigerung TMG	9	39,84	5,58	0,15	0,05	7,45	0,51

Obwohl insgesamt 23 Athleten untersucht wurden, konnten TMG-Messungen nach jedem einzelnen Spiel nur bei drei (GC) bzw. sechs (RF) Athleten durchgeführt werden, weswegen deren Daten nur deskriptiv dargestellt werden. Demnach lässt sich kein eindeutiger Trend bei Belastungs- und TMG-Parametern feststellen. Eine starke Abnahme der Kontraktilität ist nur nach einzelnen Spielen zu beobachten, nicht aber im Verlauf eines Spieltages.

5 Diskussion

Im 3 x 3 Basketball führen die Athlet:innen mehr hochintensive Bewegungen, Richtungswechsel und Sprünge pro Minute aus als im 5 gg. 5 Basketball. Die Maximalwerte für Geschwindigkeit, Beschleunigung und Abbremsbewegungen sind im 5 gg. 5 höher. Obwohl die Herzfrequenz in beiden Disziplinen vergleichbar ist, bewerten die Spieler 3 x 3-Spiele als anstrengender. Während eines 3 x 3-Turniers ändern sich die Werte der Belastungsparameter geringfügig, die Belas-

tigkeit, schnell in verschiedene Richtungen zu beschleunigen und abzubremesen, da sich Athletinnen und Athleten im 3 x 3 Basketball besonders häufig in 1 gg. 1 Situationen befinden (Ortega et al., 2021), in welchen eine gute Richtungswechselfertigkeit von Vorteil ist (Spiteri et al., 2013; 2015). Die Relevanz der Richtungswechselfertigkeit zeigt sich auch in den Projektdaten. 3 x 3 Athleten führen demnach 35 % mehr Richtungswechsel pro Minute aus als 5 gg. 5 Athleten. Zudem können unserer Analyse zufolge vor allem die Leistungen im Richtungswechseltest Spielleistungen (Anzahl der Beschleunigungen, Anzahl der Richtungswechsel, Anzahl der Sprünge sowie hoch-intensiven Bewegungen und teils Zeit in definierten Geschwindigkeitsbändern) vorhersagen. Dies unterstreicht die Relevanz der Richtungswechselfertigkeit im 3 x 3 Basketball.

Das Training der Richtungswechselfertigkeit sollte daher bei der Gestaltung von 3 x 3-Trainingsprogrammen berücksichtigt werden.

Auch die Anzahl an Beschleunigungen und Abbremsbewegungen innerhalb einer Minute Spielzeit ist im 3 x 3 höher als im 5 gg. 5. Durch die hohe Aktionsdichte im 3 x 3 (z. B. wegen fehlender Spielunterbrechungen nach erfolgreichem Korbwurf) sowie die geringere Anzahl an Spielenden ist auch die hohe Anzahl an Sprüngen zu erklären. Betrachtet man Offensivaktionen, so führen Angriffe in den meisten Fällen zu einem Korbwurf (geringe Anzahl an Turnover pro Angriff), welche meist mit einer Sprungbewegung ausgeführt werden. Der Abschluss eines Angriffs ist zudem nicht auf fünf sondern auf drei Athletinnen bzw. Athleten verteilt, weswegen davon auszugehen ist, dass Sportler bzw. Sportlerinnen, relativiert an der Spielzeit, im 3 x 3 mehr Korbwürfe ausführen als im 5 gg. 5. Dass jeder Offensive Defensivaktionen folgen, die auch maßgeblich von Sprungbewegungen geprägt sind (z. B. Rebound), verdeutlicht wiederum die Sprungdichte im 3 x 3 Basketball.

Bei der Analyse der muskulären Beanspruchung kann kein direkter Zusammenhang zwischen Parametern der Spielbelastung und der muskulären Reaktion auf ein 3 x 3-Spiel berichtet werden. Auch wenn sich die Kontraktilität vor und nach dem Spiel voneinander unterscheidet, ist die Richtung des Effekts noch unklar. Während Athleten im Rectus Femoris sowohl verringerte als auch erhöhte Kontraktilität zeigen, ist im Gastrocnemius eher ein Rückgang der Kontraktilität zu berichten. Um weitere Aussagen über die muskuläre Reaktion von Athleten und Athletinnen auf die Spielbelastung im 3 x 3 Basketball treffen zu können, sind weitere Untersuchungen nötig. Auch im Turnierverlauf sind keine klaren Trends (Steigerung oder Rückgang der Kontraktilität) zu erkennen.

6 Literatur

- Dahmane, R., Valen i, V., Knez, N., & Er en, I. (2001). Evaluation of the ability to make non-invasive estimation of muscle contractile properties on the basis of the muscle belly response. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 39(1), 5155. <https://doi.org/10.1007/BF02345266>
- Iacono, A. D., Eliakim, A., & Meckel, Y. (2015). Improving fitness of elite handball players: Small-sided games vs. high-intensity intermittent training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(3), 835-843. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000686>
- Ortega, E., Ortín, M., Giménez-Egido, J. M., & Gómez-Ruano, M. (2021). Technical-tactical performance indicators during the phases of play in 3x3 basketball. *Revista De Psicología Del Deporte (Journal of Sport Psychology)*, 30(2), 187-194.
- Pereira, L. A., Ramirez-Campillo, R., Martín-Rodríguez, S., Kobal, R., Abad, C. C. C., Arruda, A. F. S., Guerriero, A., & Loturco, I. (2020). Is Tensiomyography-derived velocity of contraction a sensitive marker to detect acute performance changes in elite team-sport athletes? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 15(1), 31-37. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0959>
- Spiteri, T., Cochrane, J. L., Hart, N. H., Haff, G. G., & Nimphius, S. (2013). Effect of strength on plant foot kinetics and kinematics during a change of direction task. *European Journal of Sport Science*, 13(6), 646-652. <https://doi.org/10.1080/17461391.2013.774053>
- Spiteri, T., Newton, R. U., Binetti, M., Hart, N. H., Sheppard, J. M., & Nimphius, S. (2015). Mechanical determinants of faster change of direction and agility performance in female basketball athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(8), 2205-2214. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000876>
- Stojanović, E., Stojiljković, N., Scanlan, A. T., Dalbo, V. J., Berkelmans, D. M., & Milanović, Z. (2018). The Activity Demands and Physiological Responses Encountered During Basketball Match-Play: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(1), 111-135. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0794-z>

Evaluation von Trainingsinterventionen zur Verbesserung der lokalen Kraftausdauer im Sportklettern anhand der Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS)

(AZ 070705/20-21)

Claudia Augste (Projektleitung), Marvin Winkler & Stefan Künzell

Universität Augsburg, Institut für Sportwissenschaft

1 Problem

Die Kraftausdauer der Finger ist einer der limitierenden Faktoren im Leadklettern (Saul et al., 2019). Neben der Suche nach geeigneten Trainingsmethoden für die Sportpraxis ist es wichtig, die Wirkmechanismen in der Muskulatur durch die Belastung zu verstehen. Die Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) stellt ein neuartiges Messverfahren dar, mit dem Beanspruchungsparameter in der Muskulatur noninvasiv erfasst werden können. Mithilfe dieses Verfahrens sollte es möglich sein, Veränderungen durch Trainingsinterventionen zu ermitteln. Innerhalb des Projekts wurden mehrere Fragestellungen ins Visier genommen. Zunächst sollte ermittelt werden, welche der NIRS-Parameter die lokale Kraftausdauer am besten abbilden und ob man die muskuläre Ermüdung an den NIRS-Parametern ablesen kann. Des Weiteren wurde nach effektiven Trainingsmethoden gesucht, anhand derer sich die kletterspezifische Fingerkraftausdauer verbessern lässt. In Betracht gezogen werden sollte hierbei unter anderem die Blood-Flow-Restriction-Methode (BFR), die positive Trainingseffekte bei geringen zu bewältigenden Lasten verspricht (Yamanaka et al., 2012).

2 Methode

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden mehrere Teilstudien durchgeführt.

2.1 NIRS-Parameter

In der ersten Teilstudie wurden die NIRS-Parameter bei einem intermittierenden Ausdauer-test an einem Fingerbord erhoben. Insgesamt nahmen 29 Athletinnen und 19 Athleten ($27,9 \pm 6,6$ Jahre) mit mittlerem bis hohem Leistungsniveau an der Studie teil. Zunächst erfolgte die Erfassung der Maximalkraft (MVC) der Fingerbeuger anhand eines Maximalkrafttests. Nach einer vollständigen Pause wurde der intermittierende Kraftausdauer-test nacheinander mit dem dominanten und dem nicht dominanten Arm in zufälliger Reihenfolge durchgeführt. Die Versuchspersonen mussten dabei so viele Intervalle wie möglich absolvieren. Ein Intervall bestand aus einer 7-sekündigen Belastung, bei der mit 60 % der MVC an einer 23 mm tiefen Leiste gezogen werden sollte, gefolgt von einer 2-sekündigen Pause. Dieses intermittierende einarmige Ziehen wurde bis zur subjektiven Erschöpfung durchgeführt. Zugleich wurde eine NIRS (Firma arthinis) am m. digitorum profundus durchgeführt. Über regressionsanalytische Verfahren wurden die NIRS-Parameter ermittelt, die die Kraftausdauer, also hier die Anzahl der Wiederholungen, am besten vorhersagen. Außerdem wurden mit T-Tests NIRS-Parameter ermittelt, die sich zum Zeitpunkt der subjektiven Erschöpfung vom Zustand vor dem Testabbruch unterschieden.

Um diese Erkenntnisse extern valide zu machen, wurden in einem nächsten Schritt die oben ermittelten Parameter während eines Trainingswettkampfs direkt in der Kletterwand erhoben. Für die Untersuchung wurden fünf männliche und fünf weibliche Landeskadermitglieder ($20,2 \pm 6,3$ Jahre) mit NIRS-Sensoren über dem *M. flexor digitorum profundus* am rechten und linken Unterarm und mit einem portablen Datenerfassungsgerät am Klettergurt ausgestattet. Sie kletterten dreimal nach vollständiger Erholung eine Route im oberen Bereich ihres Kletterkönnens innerhalb von sechs Minuten, wobei sie zusätzlich mit Highspeed-Kameras gefilmt wurden. Aufgrund der vielen Artefakte durch das Bewegen der Unterarme in der Wand wurden in Anlehnung an Baláš (2021) die NIRS-Daten zu 20-sekündigen Sequenzen zusammengefasst. Auch hier wurden anhand von T-Tests Unterschiede in den NIRS-Parametern in der letzten Sequenz vor dem Absturz gegenüber den vorherigen Sequenzen ermittelt.

2.2 Trainingsmethoden zur Verbesserung der kleloKA

13 Athletinnen und 15 Athleten (Alter $28,8 \pm 6,4$ Jahre) zwischen mittlerem und fortgeschrittenem Niveau absolvierten die Trainingsinterventionsstudie zur Evaluation verschiedener Kraftausdauertrainingsmethoden. Nach einem Vortest erhielt in Phase 1 die Hälfte der Probandengruppe randomisiert über einen Zeitraum von vier Wochen Intervention A am rechten Arm und Intervention B am linken Arm, die andere Hälfte umgekehrt. Die Trainingsintervention wurde vier Wochen lang zweimal pro Woche durchgeführt.

Nach diesem Zeitraum folgten der Posttest und ein Pretest für die zweite Phase. Danach wurden die Interventionsarten an den beiden Armen getauscht, und die Intervention wurde vier Wochen lang nach demselben Protokoll fortgesetzt. Nach Phase 2 wurden erneut Posttests durchgeführt. Die Tests erfolgten analog zu denen in der ersten Studie.

Intervention A bestand aus einem Fingerkraftausdauertraining über ein intermittierendes Fingerboard-Trainingsprotokoll (IFB). Dabei zogen die Testpersonen mit einer Hand an einer Leiste in 3 bis 5 Serien á 4 Wiederholungen mit einer Belastungsdauer von jeweils 10 Sekunden mit einer selbst gewählten Intensität, mit der sie gerade noch die letzte Wiederholung schaffen konnten. Bei Intervention B fand das Training mit niedrigerer Intensität (30 % MVC) unter eingeschränkter lokaler Durchblutung (BFR) statt. Dazu wurde eine Manschette (Fa. Mybimaxx) unterhalb des Ellbogens angebracht und über ein Kompressionsrädchen so weit zugezogen, bis sie komplett auf der Haut auflag. Laut Herstellerangaben sollte das Rädchen dann noch eine dreiviertel Umdrehung weitergedreht werden, um den Blutfluss zu reduzieren (s. Abb. 1a). Grundsätzlich absolvierten die Probanden ein ähnliches Protokoll am Fingerboard (s. Abb. 1b) wie bei Intervention A, bestehend aus einer Belastungsdauer von 10 Sekunden gefolgt von einer Pause von 5 Sekunden pro Wiederholung. Allerdings wurden die Wiederholungen bis zum Muskelversagen durchgeführt. Die Anzahl der Serien (3-5) und die Pause zwischen den Serien (1 Minute) waren wiederum identisch mit dem Protokoll in Intervention A.

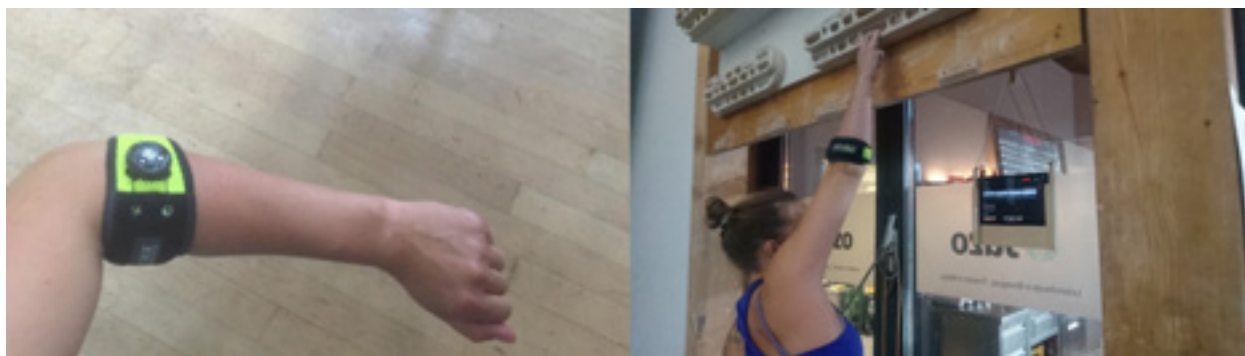


Abb.1: a) Applikation der BFR-Manschette

b) BFR-Training am Fingerboard

3 Ergebnisse

3.1 NIRS im Klettern

In Abb. 2 sind die beim intermittierenden Kraftausdauerstest produzierten Verläufe der NIRS-Parameter Gewebesättigungsindex (TSI %), oxigenisiertes Hämoglobin (O_2Hb), desoxygenisiertes Hämoglobin (HHb) und gesamtes Hämoglobin (tHb) zu sehen. Die Regressionsanalyse brachte drei NIRS-Parameter zu Tage, die die Anzahl der Wiederholungen sehr gut vorher-sagen konnten, $R = ,514$; $R^2 = ,264$; $R^2_{\text{kor}} = ,246$; $F = 15,16$, $df = 127$, $p < ,001$. Dabei handelte es sich um die mittleren Maxima von TSI % im Blut der Arbeitsmuskulatur während der Einzelwiederholungen in Relation zu den Baselinewerten, sowie um die mittleren Maxima und Minima von O_2Hb . Die Suche nach Indizien der Ermüdung ergab einige NIRS-Parameter, die sich in der letzten „gültigen“ Wiederholung von der ersten Wiederholung, die nicht mehr korrekt ausgeführt werden konnte, unterschieden.

Dies waren die bei der Wiederholung erreichten Minima von O_2Hb , sowohl absolut als auch in Relation zu einer vorher ermittelten Baseline ($p = ,047$, $d = ,136$, bzw. $p = ,031$, $d = ,150$), die erreichten Maxima von tHb ($p = ,045$, $d = ,160$) und die erreichte Spannweite dieser beiden Parameter während der jeweiligen Wiederholung ($p = ,001$, $d = ,220$ bzw. $p = ,009$, $d = ,208$).

Auch beim Klettern einer Wettkampfroute konnten NIRS-Parameter identifiziert werden, die auf eine Ermüdung hinweisen. In Abb. 3 (S. 4) ist beispielhaft der Verlauf des HHb eines Probanden beim Durchklettern der Route abgebildet, das auch eine Phase des Schüttelns zur Regeneration enthält. Im letzten Intervall vor dem Absturz ergaben sich im Vergleich zum ersten Intervall bei Beginn des Kletterversuchs sowie im Vergleich zum Durchschnitt der vorigen 20-Sekunden-Intervalle signifikante Unterschiede für TSI % ($p < ,001$, $d = 1,414$ bzw. $p = ,028$, $d = ,355$), HHb ($p < ,001$, $d = 2,377$ bzw. $p < ,001$, $d = 1,336$) und tHb ($p < ,001$, $d = 0,916$, bzw. $p < ,001$, $d = ,676$).

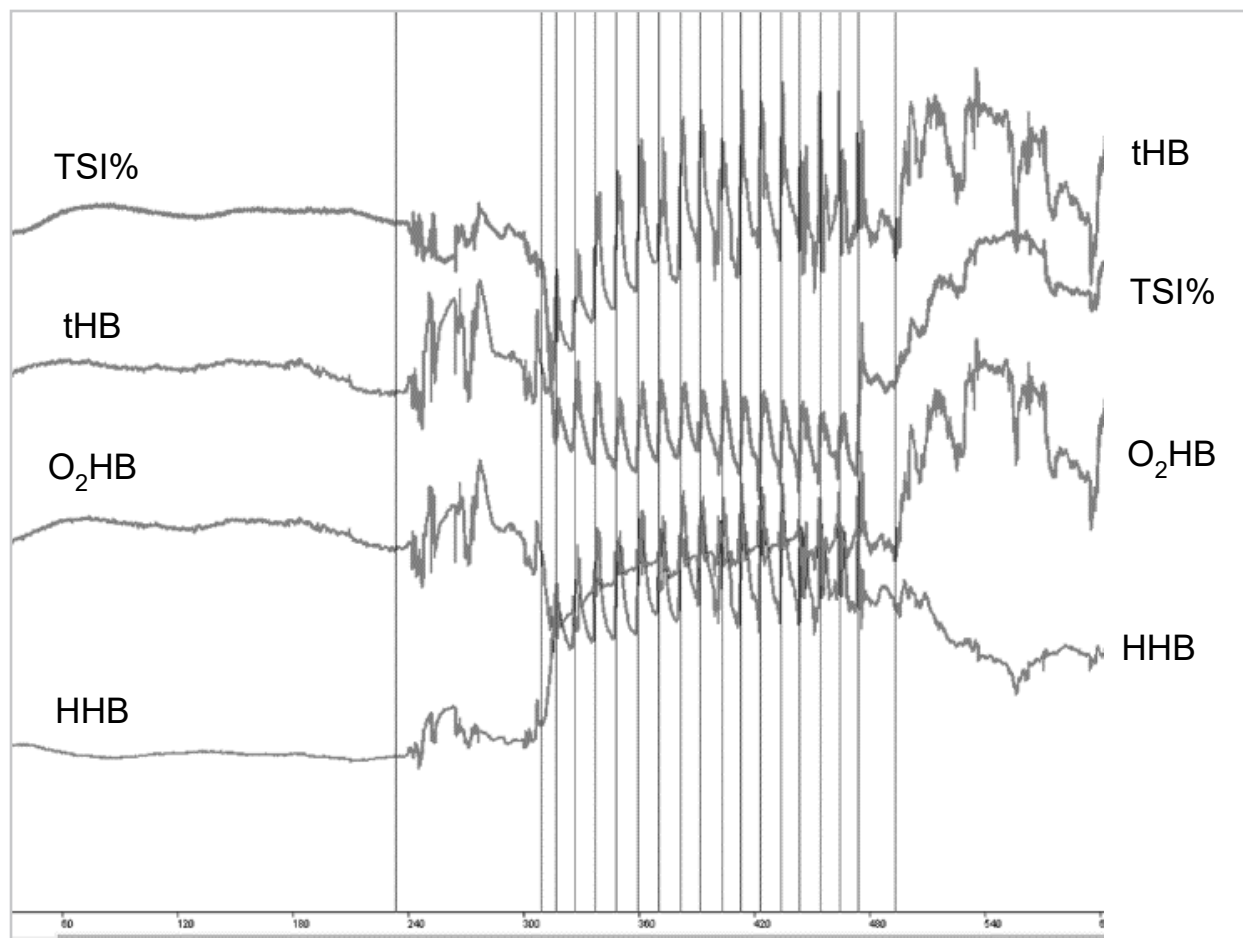


Abb. 2: Rohdaten der NIRS beim intermittierenden Kraftausdauerstest.

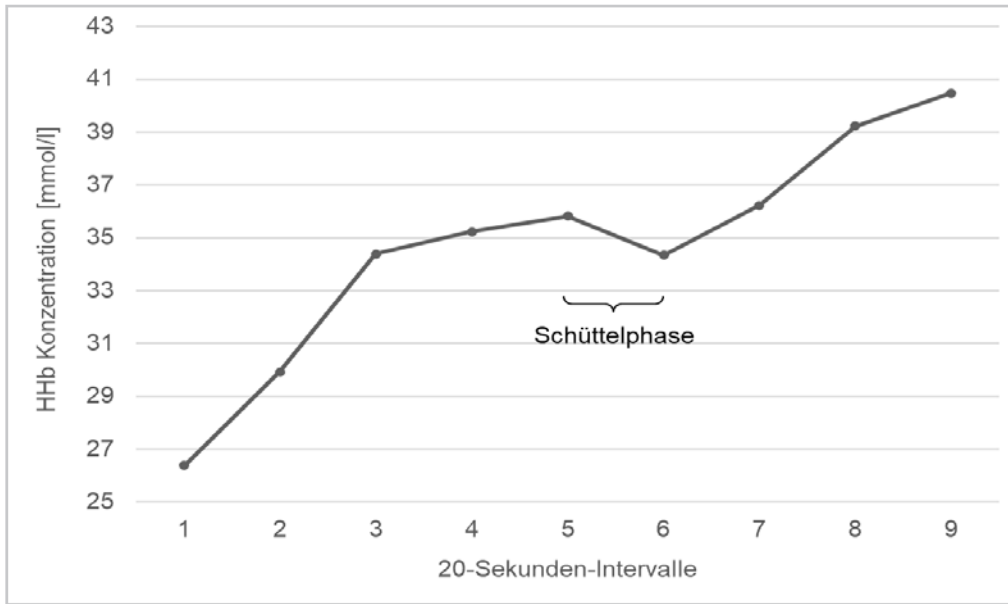


Abb. 3: HHb-Verlauf eines Probanden beim Durchklettern der Wettkampfroute.

3.2 Trainingsmethoden zur Verbesserung der kleloKA

Bei der Trainingsinterventionsstudie schafften die Athletinnen im Pretest $10,2 \pm 3,6$ Wiederholungen im Kraftausdauerstest, die Athleten $10,6 \pm 3,6$. Die Verbesserung der Fingerkraftausdauer nach den Interventionen (s. Abb. 3) war signifikant mit einer hohen Effektstärke, $F(1, 99) = 16,927, p < .001, \eta^2 = .146$. Es gab weder eine Interaktion mit dem Geschlecht, $F(1, 99) = 1,224, p = .271, \eta^2 = .012$, noch mit der Trainingsmethode, $F(1, 99) = 0,027, p = .871, \eta^2 < .001$, noch eine Dreifach-Interaktion zwischen Messzeitpunkt, Geschlecht und Trainingsmethode, $F(1,$

$99) = 0,820, p = .367, \eta^2 = .008$. Durch die BFR-Intervention steigerte sich die Anzahl der Wiederholungen bei den Frauen um 2,1 (20,8 %), bei den Männern um 2,4 Wiederholungen (23,5 %). Die Verbesserung durch das IFB-Training betrug 1,2 Wiederholungen (11,5 %) für Frauen und 3,5 Wiederholungen (31,8 %) für Männer.

4 Diskussion

Ein zentrales Ergebnis des Forschungsprojektes ist die Identifikation der NIRS-Parameter, welche zum einen die Kraftausdauer am Fingerboard vorhersagen und zum anderen Aufschluss über die muskuläre Ermüdung geben. Während in bisherigen Studien lediglich einzelne Parameter analysiert wurden (z. B. Baláš et al., 2021; Fryer et al., 2016), ermöglicht die umfassende Analyse detaillierte Einblicke in die Prozesse der muskulären Energiebereitstellung und Ermüdung. Als Beispiel sei die Akkumulation der HHb-Konzentration während des Kletterns einer Wettkampfroute zu nennen, wie sie bei inkrementellen Belastungen zu beobachten ist (für eine Übersicht s. Boone et al., 2016). Diese zeigte bereits von Anfang an einen steilen Anstieg, was darauf hindeutet, dass bereits die ersten Züge Anstrengungen mit moderaten Intensitäten erforderten. Demzufolge zeigte auch der paarweise Vergleich signifikant gestiegene Konzentrationen zwischen dem Intervall vor Absturz und allen vorherigen Intervallen.

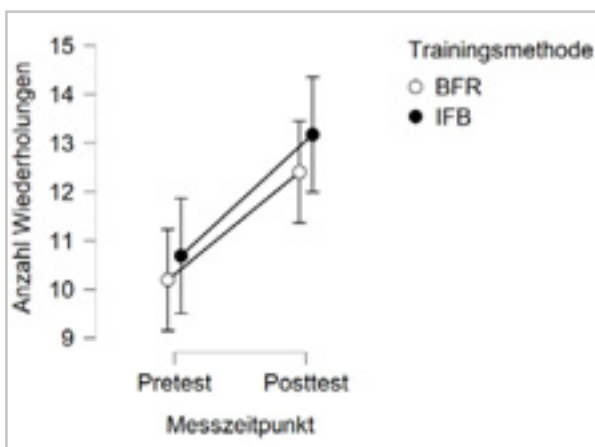


Abb. 4: Veränderungen in der Kraftausdauer durch die Interventionen BFR (Blood-Flow-Restriction-Training) und IFB (Intermittierendes Fingerboard-Training).

Somit eignet sich die Bestimmung des Verlaufs der HHb-Konzentration ideal für eine differenzierte Diagnostik der Kraftausdauerleistung. In zukünftigen Studien zum Klettern von Wettkampfrouten könnten durch eine Optimierung des Testprotokolls Wendepunkte im Kurvenverlauf identifiziert werden und mit anderen Diagnoseparametern wie Ventilations- und Muskellaktatschwellen in Verbindung gebracht werden.

Bezüglich des Vergleiches der Trainingsmethoden können sowohl die IFB- als auch die BFR-Methode für das kletterspezifische Training empfohlen werden, da beide sehr effektiv bei der Verbesserung der Fingerkraftausdauer waren. Der Vorteil der IFB-Methode ist, dass neben der Kraftausdauer auch die maximale Fingerkraft verbessert wurde. Allerdings ist die Trainingsbelastung für die Finger bei dieser Methode höher. Gerade beim Klettern sind Verletzungen an den Fingern weit verbreitet (Lutter et al., 2021). Um solchen Verletzungen vorzubeugen, wäre ein Training unter BFR aus präventiver Sicht eine gute Alternative (Kelly et al., 2020), da die Belastungsintensität deutlich geringer ist und der Trainingseffekt im Sinne einer Steigerung der Fingerkraftausdauer ebenso groß ist. Dies gilt in gleicher Weise für den Rehabilitationsprozess nach einer Verletzung. Ein weiterer Vorteil des BFR-Trainings im Spitzenklettern könnte darin liegen, dass aufgrund der geringeren Muskelschädigung die Erholungszeiten verkürzt werden und somit die Trainingshäufigkeit erhöht werden kann (Patterson et al., 2019). Ein Nachteil der BFR-Methode ist, dass das Bandagieren der Gliedmaßen subjektiv oft als unangenehm empfunden wird, was auch von einigen Athleten in unserer Studie geäußert wurde. Daher sollten die Sportler und Sportlerinnen gemeinsam mit ihren Trainerinnen bzw. Trainern überlegen, welche Trainingsmethode für ihre individuelle Situation optimalerweise gewählt werden sollte.

5 Literatur

- Baláš, J., Gajdošík, J., Giles, D., Fryer, S., Krupková, D., Brtník, T., & Feldmann, A. (2021). Isolated finger flexor vs. exhaustive whole-body climbing tests? How to assess endurance in sport climbers? *European Journal of Applied Physiology*, 121(5), 1337-1348. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04595-7>
- Boone, J., Vandekerckhove, K., Coomans, I., Prieur, F., & Bourgois, J. G. (2016). An integrated view on the oxygenation responses to incremental exercise at the brain, the locomotor and respiratory muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 116(11-12), 2085-2102.
- Fryer, S., Stoner, L., Stone, K., Giles, D., Sveen, J., Garrido, I., & España-Romero, V. (2016). Forearm muscle oxidative capacity index predicts sport rock-climbing performance. *European Journal of Applied Physiology*, 116(8), 1479-1484. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3403-1>
- Kelly, M. R., Cipriano, K. J., Bane, E. M., & Murtaugh, B. T. (2020). Blood Flow Restriction Training in Athletes. *Current Physical Medicine and Rehabilitation Reports*, 8(4), 329-341. <https://doi.org/10.1007/s40141-020-00291-3>
- Lutter, C., Tischer, T., & Schöffl, V. R. (2021). Olympic competition climbing: the beginning of a new era—a narrative review. *British Journal of Sports Medicine*, 55(15), 857-864. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102035>
- Patterson, S. D., Hughes, L., Warmington, S., Burr, J., Scott, B. R., Owens, J., Abe, T., Nielsen, J. L., Libardi, C. A., Laurentino, G., Neto, G. R., Brandner, C., Martin-Hernandez, J., & Loenneke, J. (2019). Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Frontiers in Physiology*, 10, 533. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00533>

- Saul, D., Steinmetz, G., Lehmann, W., & Schilling, A. F. (2019). Determinants for success in climbing: A systematic review. *Journal of Exercise Science & Fitness, 17*(3), 91-100. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2019.04.002>
- Yamanaka, T., Farley, R. S., & Caputo, J. L. (2012). Occlusion training increases muscular strength in division IA football players. *Journal of Strength and Conditioning Research, 26*(9), 2523-2529. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31823f2b0e>

Lokale und Systemische Effekte des Blutflussrestriktionstrainings (Blood-Flow-Restriction Training)

(AZ 070502/21-22)

Alexander Franz^{1,2}, Patrick Wahl³, Sanghyeon Ji³ & Michael Behringer⁴ (Projektleitung)

¹Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Universitätsklinikum Bonn

²Abteilung Endoprothetik, ATOS Orthoparc Klinik Köln

³Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik, Abteilung Leistungsphysiologie

⁴Goethe Universität Frankfurt, Fachbereich 5, Psychologie & Sportwissenschaften, Arbeitsbereich Sportmedizin

1 Problem

Das Blood-Flow-Restriction Training (BFR) erfreut sich in den letzten Jahren einer stetig zunehmenden Popularität im Freizeit- wie im Leistungssport bei gleichermaßen steigender wissenschaftlicher Publikationsrate. Beim BFR Training wird mithilfe extern angelegter, spezieller Blutdruckmanschetten um die trainierende Extremität der arterielle Einstrom in die Extremität reduziert (arterielle Hypoxämie) und der venöse Rückstrom geblockt (venöse Hyperkapnie). Diese Trainingsmethode ermöglicht es, trotz der alleinigen Anwendung leichter mechanischer Belastungen (30 % der Maximalkraft, 1RM), einen Reiz zum Muskelaufbau zu setzen, der mit dem eines hoch-intensiven Krafttrainings (75 % 1RM) vergleichbar ist (Vechin et al., 2015). Die bisherigen wissenschaftlichen Arbeiten waren zwar in der Lage, die Auswirkungen des Trainings darzustellen, jedoch sind die zugrundeliegenden Mechanismen und potentiellen Gefahren noch nicht komplett verstanden (Spranger et al., 2015). Aus diesem Grund fokussierte das vorliegende Projekt die invasive Untersuchung von BFR-Training-induzierten Veränderungen auf Gefäß-, Blutgas- und Gewebsebene.

2 Methoden

Das vorliegende Projekt wurde in zwei Teilprojekte gegliedert. Dabei wurde eine Belastung mit einer Krafttrainingsübung am „Beinstrecker“ (Studie 1) oder eine Ausdauerbelastung auf einem Fahrradergometer (Studie 2) durchgeführt.

2.1 Studie 1

In dieser Studie absolvierten insgesamt 10 gesunde Männer (Alter: $27,6 \pm 6,4$ Jahre, Größe: 188 ± 6 cm, Körpermasse: $80,0 \pm 5,9$ kg) drei Belastungen an der Übung „Beinstrecker“ im Abstand von jeweils 4 Wochen.

Dabei unterschieden sich die Protokolle in der mechanischen Belastung sowie der Addition von BFR:

1. Leichte Belastung (LI): 30 % 1RM;
2. Leichte Belastung mit BFR (LI+BFR): 30 % 1RM, 50 % arterieller Verschlussdruck;
3. Hohe Belastung (HI): 75 % 1RM.

Alle Belastungen wurden in 4 Sätzen bis zur Ausbelastung durchgeführt und hatten jeweils 1 Minute Pause zwischen den Sätzen.

Die Probanden erhielten vor der Belastung eine venöse Dauerverweilkanüle in einer Fußrückvenen (Rete venosum dorsale pedis) zur Darstellung der intravenösen Druckveränderung, Gewinnung von Blutgasanalysen sowie Serumproben. Weiterhin wurde jeweils vor sowie nach der Belastung eine phlebodynamometrische Untersuchung der Venenfunktion durchgeführt. Dabei wurden die Probanden gebeten, nach einer Ruhephase zunächst 20 Wiederholungen Wadenheben sowie anschließend 10 Kniebeugen durchzuführen. Diese Messung erlaubt, den charakteristischen Abfall des venösen Blutdrucks unter Belastung zu analysieren und negative Effekte des Trainings im Akutstadium darzustellen.

2.2 Studie 2

In der zweiten Studie vollzogen insgesamt 10 gesunde Männer (Alter: $26,9 \pm 4,6$ Jahre, Größe: 186 ± 6 cm, Körpermasse: $79,9 \pm 9,0$ kg) drei Ausdauerbelastungseinheiten auf einem Fahrradergometer im Abstand von jeweils 4 Wochen. Mittels einem Rampentest vor Studienstart wurde die individuelle Peak-Leistung (W_{peak}) bestimmt. Die folgenden Protokolle unterschieden sich in der Belastungsintensität sowie der Addition von BFR: 1. Leichte Belastung (LI): 55 % W_{peak} Dauerbelastung; 2. Leichte Belastung mit BFR (LI+BFR): 55 % W_{peak} Dauerbelastung, 50 % arterieller Verschlussdruck; 3. Hohe Belastung (HI): Intervalle mit 10×1 min bei 90 % W_{peak} mit einer Recovery-Phase bei 20 % W_{peak} zwischen den Intervallen. Die Gesamtarbeit (kj) der drei Protokolle war gleich (total work-matched protocol).

Die Probanden erhielten vor der Belastung eine venöse Dauerverweilkanüle in eine Fußrückenvene (Rete venosum dorsale pedis) zur Gewinnung von Blutgasanalysen sowie Serumproben. Weiterhin wurde den Probanden eine minimal-invasive Mikrodialyse (MD) in den M. vastus lateralis gelegt. Durch die MD war es möglich, kontinuierlich während der Belastung Proben aus dem Interstitium des M. vastus medialis zu gewinnen und zu analysieren.

3 Ergebnisse

3.1 Studie 1 (Beinstrecker)

Das 1RM bei der Beinstrecker-Übung lag im Mittel bei $77,0 \pm 10,7$ kg. Somit wurde ein Gewicht von $23,1 \pm 3,2$ kg für die LI- und LI+BFR-Belastung und $57,8 \pm 8,0$ kg für die HI-Belastung eingesetzt. Der vor der LI+BFR-Belastung gemessene individuelle arterielle Verschlussdruck (A. femoralis) lag bei 203 ± 12 mmHg (d. h. 102 ± 6 mmHg für die Belastung).

In Abb. 1A wird die Gesamtarbeit bei den jeweiligen Belastungseinheiten (LI, LI+BFR und HI) dargestellt. Bei der einfaktoriellen Varianzanalyse konnte ein signifikanter Haupteffekt ($p = 0,003$, $\eta_p^2 = 0,337$) gefunden werden. Dabei wurde ein signifikanter Unterschied ($p < 0,05$) in der Gesamtarbeit zwischen LI + BFR ($66,7 \pm 11,6$ AU) vs. LI ($90,0 \pm 25,7$ AU) und HI ($96,9 \pm 19,1$ AU), nicht aber zwischen LI und HI festgestellt.

Die peripheren Venendrucke während der Belastung in unterschiedlichen Bedingungen sind in Abb. 1B veranschaulicht. Durch die ANOVA mit Messwiederholung konnte ein signifikanter Haupteffekt für die Zeit ($p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,348$) nachgewiesen werden, wobei weder ein Haupteffekt für die Bedingung ($p = 0,117$, $\eta_p^2 = 0,185$) noch ein Interaktionseffekt ($p = 0,422$, $\eta_p^2 = 0,088$) vorlag.

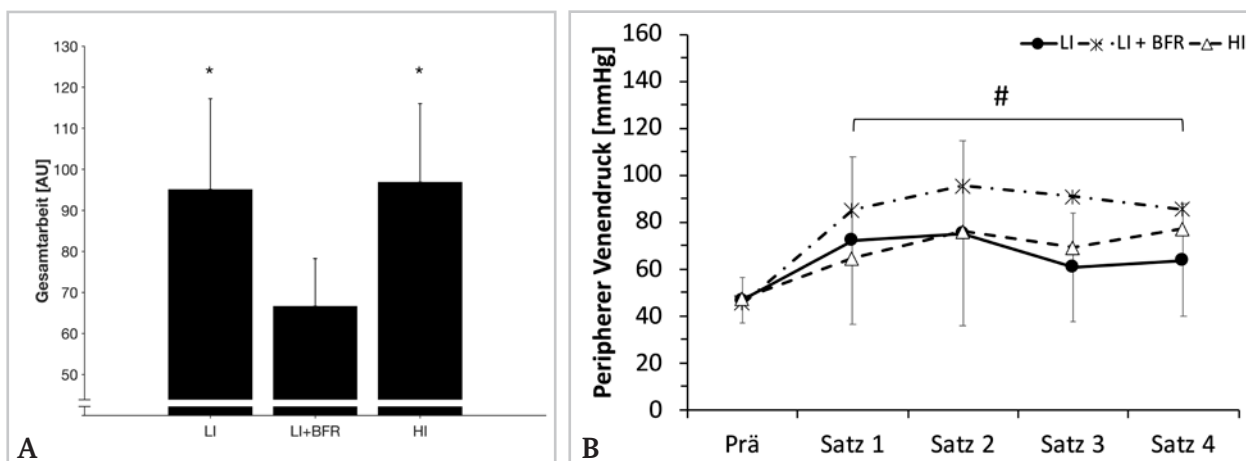


Abb. 1: Abbildung 1. Gesamtarbeit (A) und Veränderungen des peripheren Venendrucks (B) beim niedrig-intensiven Krafttraining (LI), niedrig-intensiven Krafttraining mit Blood-Flow-Restriktion (LI+BFR) sowie hochintensiven Krafttraining (HI). Gesamtarbeit = Gesamtanzahl der Wiederholung \times % des 1RMs. Alle Werte sind als Mittelwert \pm Standardabweichung angegeben. * $p < 0,05$, signifikanter Unterschied im Vergleich zu LI+BFR. # $p < 0,01$, signifikanter Unterschied im Vergleich zum Ausgangswert (Prä).

Aus dem post-hoc-Test für den Zeiteffekt ergab sich ein signifikanter Anstieg des peripheren Venendrucks beim ersten Satz der Belastung ($p < 0,05$), welcher über die weiteren Sätze auf einem ähnlichen Niveau lag (s. Abb. 1B).

Die phlebodynamometrischen Parameter (Ruhe- und tiefste Druckwerte sowie die Druckausgleichzeit) vor (Pre) und nach (Post) der jeweiligen Belastungseinheiten sind in der Abb. 2 dargestellt.

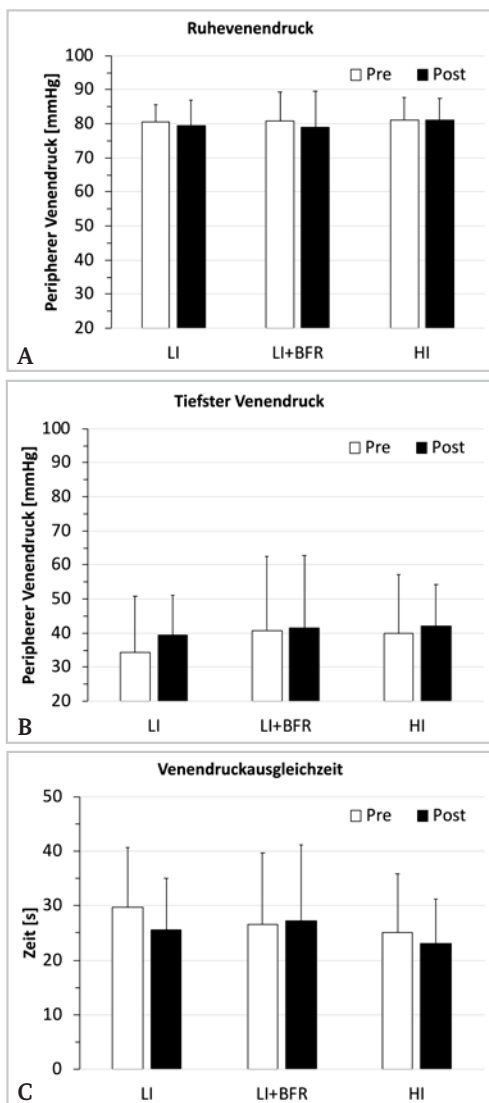


Abb. 2: Ruhevenendruckwert (A), tiefster Venendruckwert (B) und Venendruckausgleichzeit (C) während der phlebodynamometrischen Messung vor (Pre) und nach (Post) dem niedrig-intensiven Krafttraining (LI), niedrig-intensiven Krafttraining mit Blood-Flow-Restriktion (LI+BFR) sowie hoch-intensiven Krafttraining (HI). Alle Werte sind als Mittelwert \pm Standardabweichung angegeben.

Aus der ANOVA mit Messwiederholung ergab sich, dass weder die Kraftbelastung selbst (d. h. Haupteffekt für die Zeit: $0,121 < p < 0,228$, $0,062 < \eta_p^2 = 0,068$) noch die Intervention (d. h. Hauteffekt für die Bedingung: $0,797 < p < 0,932$, $0,006 < \eta_p^2 = 0,019$) einen Einfluss auf die phlebodynamometrischen Parameter hat.

Die venösen K^+ -, Na^+ - und La^- -Konzentrationswerte vor, während und nach der jeweiligen Belastungseinheiten sind in Abb. 3 dargestellt.

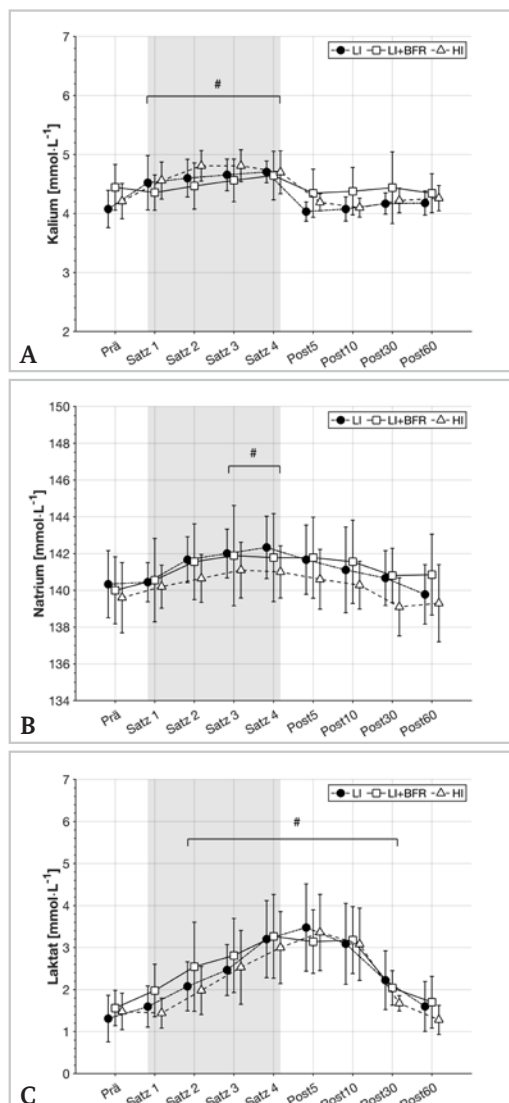


Abb. 3: Veränderungen der venösen Kalium- [K^+] (A), Natrium- [Na^+] (B) und Laktat-Konzentration [La^-] (C) vor, während und nach dem niedrig-intensiven Krafttraining (LI), niedrig-intensiven Krafttraining mit Blood-Flow-Restriktion (LI+BFR) sowie hoch-intensiven Krafttraining (HI). Alle Werte sind als Mittelwert \pm Standardabweichung angegeben. # $p < 0,01$, signifikanter Unterschied im Vergleich zum Ausgangswert (Prä).

Für alle untersuchten Parameter konnte ein signifikanter Haupteffekt für die Zeit (K+: $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,535$; Na+: $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,315$; La-: $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,677$) festgestellt werden, wohingegen kein signifikanter Haupteffekt für die Intervention (K+: $p = 0,702$, $\eta_p^2 = 0,035$; Na+: $p = 0,239$, $\eta_p^2 = 0,110$; La-: $p = 0,639$, $\eta_p^2 = 0,037$) und Interaktionseffekt (K+: $p = 0,160$, $\eta_p^2 = 0,134$; Na+: $p = 0,758$, $\eta_p^2 = 0,056$; La-: $p = 0,629$, $\eta_p^2 = 0,055$) vorlagen.

Aus dem post-hoc-Test für die Zeiteffekte ergab sich, dass die venöse K+-Konzentration nach dem ersten Satz der Belastung signifikant anstieg und bei den folgenden Sätzen auf einem ähnlichen Niveau blieb ($p < 0,01$). Diese fiel 5 min nach der Beendigung der Belastung wieder auf das Baseline-Niveau zurück (s. Abb. 3A).

Hinsichtlich der venösen Na+-Konzentration wurde ein signifikanter Unterschied im Vergleich zum Ausgangswert nach dem dritten und vierten Satz der Belastung festgestellt ($p < 0,01$), wobei in der Postbelastungsphase (Post 5 bis Post 60) kein signifikanter Unterschied zum Ausgangswert mehr zu finden war (s. Abb. 3B).

Für die venöse La--Konzentration konnte ein signifikanter Anstieg erst nach dem zweiten Satz der Belastung im Vergleich zum Ausgangswert beobachtet werden ($p < 0,05$), welcher sich bis zum Zeitpunkt Post 5 fortsetzte. 10 min nach der Beendigung (Post 10) nahm die venöse La--Konzentration kontinuierlich ab, sodass 60 min nach der Beendigung (Post 60) kein signifikanter Unterschied zum Ausgangswert mehr bestand (s. Abb. 3C).

3.2 Studie 2 (Ausdauerbelastung)

Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2peak}) und (W_{peak}) der Testpersonen lagen im Mittel bei $4182 \pm 638 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ (relativ $52,8 \pm 9,0 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) und $376 \pm 71 \text{ W}$. Somit wurde eine Zielleistung von $200 \pm 44 \text{ W}$ für die LI- und LI+BFR-Belastung und $332 \pm 68 \text{ W}$ ($72 \pm 21 \text{ W}$ für die Erholungsphase) für die HI-Belastung eingesetzt, und die Gesamtarbeit lag im Mittel $286 \pm 61 \text{ kJ}$ für alle Protokolle. Der vor der LI+BFR-Belastung gemessene individuelle arterielle Verschlussdruck (A. femoralis) lag im Durchschnitt bei $194 \pm 19 \text{ mmHg}$ (rechts; $86 \pm 33 \text{ mmHg}$ für die Belastung) bzw. bei $190 \pm 19 \text{ mmHg}$ (links; $84 \pm 33 \text{ mmHg}$ für die Belastung).

In Abb. 4 ist die venöse und muskel-interstitielle Laktatkonzentration vor, während und nach der Ausdauerbelastung dargestellt.

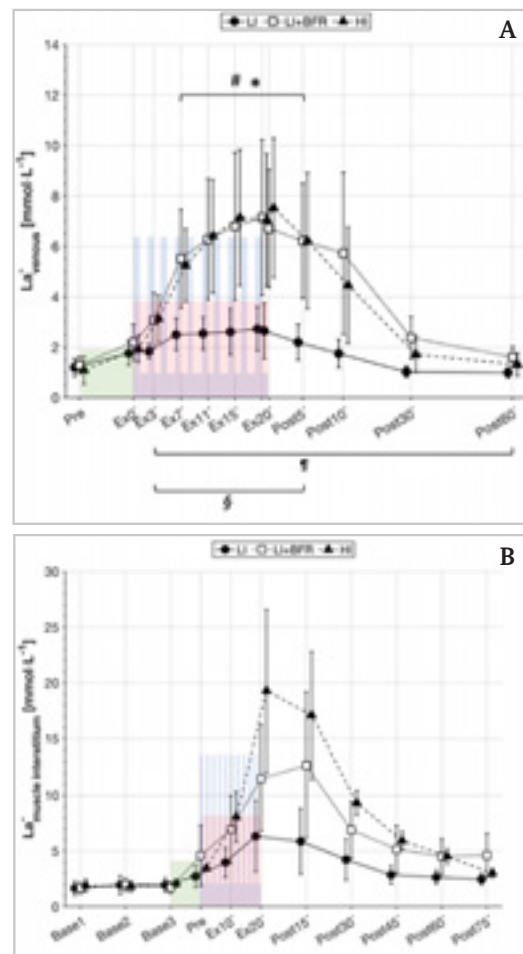


Abb. 4: Veränderungen der systemischen (venöses Blut (A)) und lokalen (Interstitium des M. vastus lateralis (B)) Laktatkonzentration vor, während und nach der Ausdauerbelastung mit 50 % der peak Leistung (W_{peak}) (LI), mit LI mit Blood-Flow-Restriktion (LI+BFR) sowie der Intervallbelastung (HI). Die farbig unterlegten Balken stellen die jeweiligen Belastungseinheiten (grün: Aufwärmung, rot: LI-Belastung, blau: HI-Belastung) dar. Die Werte sind als Mittelwert \pm Standardabweichung angegeben. # $p < 0,05$, signifikanter Unterschied im Vergleich zum Ausgangswert (Pre) innerhalb der LI-BFR; * $p < 0,05$, signifikanter Unterschied im Vergleich zum Ausgangswert (Pre) innerhalb der HI; # $p < 0,05$, signifikanter Unterschied zwischen LI und LI+BFR innerhalb der jeweiligen Zeitpunkte; # $s < 0,05$, signifikanter Unterschied zwischen LI und HI innerhalb der jeweiligen Zeitpunkte.

Hinsichtlich der venösen Laktatkonzentration (Abb. 4A) konnte ein signifikanter Interaktionseffekt ($p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,391$) errechnet werden. Aus der weiteren Analyse ergab sich ein signifikanter Haupteffekt für die Zeit innerhalb aller Bedingungen (LI: $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,637$; LI+BFR: $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,730$; HI: $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,809$). Zudem konnte ein signifikanter Haupteffekt für die Bedingung zu allen Zeitpunkten ($0,001 < p < 0,006$, $0,630 < \eta_p^2 < 0,324$) außer Pre ($p < 0,690$, $\eta_p^2 = 0,201$) und Ex 0' ($p < 0,314$, $\eta_p^2 = 0,284$) festgestellt werden.

Der post-hoc-Test für die Zeiteffekte zeigte, dass bei der LI+BFR- und HI-Belastung die venöse Laktatkonzentration zum Zeitpunkt von Ex 7' bis Post 5' signifikant höher war als der Ausgangswert ($p < 0,05$), während bei der LI-Belastung kein nennenswerter Unterschied im Vergleich zum Ausgangswert ($p > 0,09$) gefunden wurde. Beim post-hoc-Test für die Konditionseffekte konnte ein signifikanter Unterschied in der venösen Laktatkonzentration zwischen LI- und LI+BFR-Belastung zum Zeitpunkt von Ex 3' bis Post 60' ($p < 0,01$) festgestellt werden, während zwischen LI- und HI-Belastung signifikante Unterschiede zu den Zeitpunkten von Ex 7' bis Post 5' vorlagen ($p < 0,01$). Zwischen LI+BFR- und HI-Belastung bestand kein Unterschied in der venösen Laktatkonzentration ($p > 0,155$).

Aufgrund vor- sowie während der Belastung geschädigter Sonden konnte nur eine unvollständige statistische Datenanalyse ($N = 17$ von 30), sowie nur eine deskriptive Analyse für die MD-Daten durchgeführt werden (s. Abb. 4B).

Die venöse K^+ -, Na^+ -Konzentration vor, während und nach der Ausdauerbelastung ist in Abb. 5 dargestellt.

Aus dem ANOVA mit Messwiederholung für die venöse K^+ -Konzentration ergab sich, dass es weder einen Haupteffekt für die Zeit ($p = 0,316$, $\eta_p^2 = 0,054$) und Bedingung ($p = 0,607$, $\eta_p^2 = 0,046$) noch einen Interaktionseffekt ($p = 0,604$, $\eta_p^2 = 0,067$) vorlag.

Hinsichtlich der venösen Na^+ -Konzentration konnte ein signifikanter Haupteffekt für die Zeit ($p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,449$) festgestellt werden,

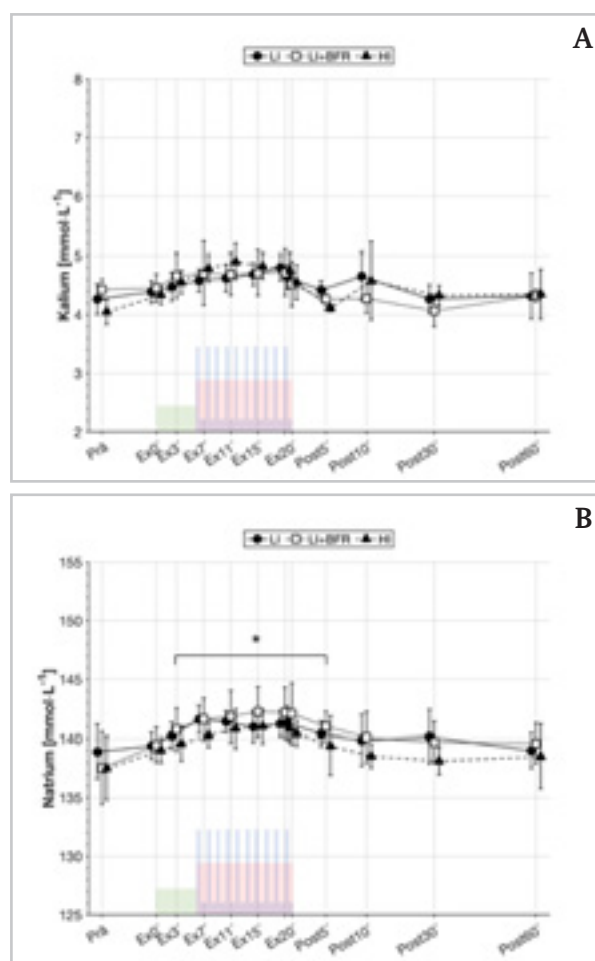


Abb. 5: Veränderungen der venösen Kalium- $[K^+]$ (A) und Natrium-Konzentration $[Na^+]$ (B) vor, während und nach der Ausdauerbelastung mit 50 % der peak Leistung (W_{peak}) (LI), mit LI mit Blood-Flow-Restriktion (LI+BFR) sowie der Intervallbelastung (HI). Die farbig unterlegten Balken stellen die jeweiligen Belastungseinheiten (grün: Aufwärmung, rot: LI-Belastung, blau: HI-Belastung) dar. Die Werte sind als Mittelwert \pm Standardabweichung angegeben. * $p < 0,05$, signifikanter Unterschied im Vergleich zum Ausgangswert (Prä).

während der Haupteffekt für die Bedingung ($p = 0,205$, $\eta_p^2 = 0,119$) und der Interaktionseffekt ($p = 0,513$, $\eta_p^2 = 0,070$) statistisch nicht signifikant waren. Der post-hoc-Test für den Zeiteffekt zeigte, dass die venöse Na^+ -Konzentration zu den Zeitpunkten von Ex 3' bis Post 5' signifikant höher war als der Ausgangswert ($p < 0,01$).

4 Diskussion

Die Ergebnisse des vorliegenden Projektes zeigen, dass die Applikation von BFR zu einer vorzeitigen Ermüdung führt. So konnte in der ersten Studie gezeigt werden, dass in der LI-BFR Bedingung die niedrigste Gesamtarbeit bis zur Ausbelastung verrichtet werden konnte.

Gleichzeitig ist die metabolische Auslenkung, gemessen an der Laktatkonzentration im Blut für die LI+BFR Bedingung vergleichbar mit den anderen beiden Bedingungen (LI und HI). Auch in der zweiten Studie zeigte sich nach der LI+BFR Belastung auf dem Fahrradergometer ein Serum-Laktatanstieg, der ähnliche Werte zeigte wie nach der HI Bedingung. Wenngleich die statistische Analyse der Mikrodialyseproben aufgrund fehlender Werte deskriptiv bleiben musste, zeichnete sich nach der Ergometerbelastung ein ähnliches Bild im Gewebe ab (bei absolut höheren Werten). Daraus lässt sich schließen, dass sich mit Hilfe von BFR ein metabolischer Stress induzieren lässt, wie er sich normalerweise (ohne BFR) erst bei hohen Intensitäten einstellt.

Im Rahmen der Kraftbelastung kam es zu einem Anstieg der intravasal gemessenen venösen Drücke. Entgegen unseren früheren Untersuchungen konnte jedoch kein Unterschied im Anstieg zwischen den verschiedenen Bedingungen gefunden werden. Die Gründe für diese widersprüchlichen Ergebnisse sind jedoch unklar und bedürfen weiterer Untersuchungen. Eine BFR-bedingte Entgleisung der Elektrolytkonzentrationen konnte nicht beobachtet werden. Die oftmals befürchtete Ischämie-bedingte Hyperkaliämie als Risikofaktor des BFR-Trainings konnte somit nicht bestätigt werden.

Insgesamt lässt sich aus den gewonnenen Daten schließen, dass das BFR-Training zu einem verstärkten metabolischen Stress führt, ohne dabei hohe mechanische Belastungen bzw. Gesamtarbeit anzuwenden.

Diese Tatsache ist wichtig für die Periodisierung mechanischer und metabolischer Trainingsreize und bietet Trainerinnen und Trainern die Möglichkeit, metabolische Reize in verkürzter Zeit zu applizieren. In zukünftigen Untersuchungen ist zu klären, ob sich auch die erforderliche Regenerationszeit nach einem BFR-Training vom klassischen Training unterscheidet. Die untersuchten gesundheitlichen Risiken, wie die intravasalen Drücke und Elektrolytveränderungen, zeichnen in der vorliegenden Studie kein besorgniserregendes Bild. Da jedoch in einer vorangehenden Untersuchung deutliche Unterschiede zwischen Kraftbelastungen mit und ohne BFR gefunden werden konnten (Varró & Baczkó, 2010), sind weitere Untersuchungen hierzu erforderlich, um eine abschließende Beurteilung des Risikos abgeben zu können.

5 Literatur

- Vechin, F. C., Libardi, C. A., Conceição, M. S., et al. (2015). Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 1071-1076.
- Spranger, M. D., Krishnan, A. C., Levy, P. D., et al. (2015). Blood flow restriction training and the exercise pressor reflex: a call for concern. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 309(9), H1440-1452.
- Varró, A., & Baczkó, I. (2010). Possible mechanisms of sudden cardiac death in top athletes: a basic cardiac electrophysiological point of view. *Pflügers Archiv: European Journal of Physiology*, 460(1), 31-40.

Evaluation eines Mess- und Echtzeit-Audio-Feedback Systems (SofiSwim) in der KLD und im Wassertraining mit Kaderathletinnen und -athleten des DSV

(AZ 070804/19-21)

Klaus Mattes (Projektleitung), Nina Schaffert & André Engel

Universität Hamburg, Arbeitsbereich Bewegungs- und Trainingswissenschaft

1 Problemstellung

Gegenwärtig besteht eine Lücke in der direkten Messung wesentlicher Merkmale der Schwimmleistung und -bewegung in der Komplexen Leistungsdiagnostik (KLD) sowie im täglichen Training. Bisher existieren keine systematischen Messungen der Vorwärts- und Vertikalbeschleunigung, der Rollbewegungen (Rotation um die Längs- und Querachse) der SchwimmerInnen und deren Wirkung auf die Schwimmgeschwindigkeit. Die Optimierung der Schwimmbewegung ist bisher an die Erfahrung und Intuition der TrainerInnen und AthletInnen gebunden. Aus trainingspraktischer Sicht bestehen Probleme insbesondere in der Unterwasser Delphin-Beinbewegung während der Tauchphase, in einem langen vortriebswirksamen Armzug und der optimalen Rotation um die Körperlängsachse im Kraul- und Rückenschwimmen sowie in der Kopplung der Arm- und Beinbewegung im Brust- und Delphinschwimmen. Die Ansteuerung der Schwimmtechniken im Bewegungsprozess wird wesentlich durch das Fehlen eines messtechnisch gestützten Echtzeit-Feedbacks eingeschränkt.

Für eine direkte Messung der Bewegung eignen sich Inertialsensoren (IMU), da sie wesentliche Vorteile gegenüber dem bisherigen Goldstandard der Videoanalyse haben (Callaway & Cobb, 2009). IMU messen die 3D-Beschleunigung und mithilfe von Gyroskopen die Rotation (Rollen, Stampfen, Gieren) um die drei Körperachsen (Längs-, Quer- und Tiefenachse) des Körperpunktes, an dem das Messsystem angebracht wird.

So sind die erhobenen Messwerte objektiv (unabhängig vom Beobachter), können mit hoher Genauigkeit (zeitliche und räumliche Auflösung) gemessen werden und stehen schnell zur Verfügung.

Das schwimmspezifische Mess- und Echtzeit-Audio-Feedback-System (EAF) Sofiswim wurde in Kooperation zwischen der Universität Hamburg und der BeSB GmbH entwickelt (Engel, Schaffert, Mattes & Rosenmöller, 2014; Schaffert, Engel & Mattes, 2018). Das Gerät basiert auf einem IMU mit Sonifikationseinheit zur Echtzeit-Übertragung der Klangsequenzen an die SchwimmerInnen sowie einer Bluetooth Schnittstelle zur nachträglichen Übertragung der Messdaten für die TrainerInnen an Land. Das System soll mit KaderathletInnen des DSV während der KLD und in Trainingsexperimenten evaluiert (Validität, Reproduzierbarkeit und Trainingswirksamkeit) und ein Beitrag zur Verbesserung der Schwimmtechniken und -leistung des Unterwasser Delphin-Kicks (UDK) im Delphin-, Brust- und Freistilschwimmen erbracht werden.

2 Methode

Sofiswim besteht aus einem 3D-IMU (Messbereich ± 2 ; (Auflösung $0,01 \text{ m/s}^2$) und einem 3D-Gyroskop (Messbereich $\pm 250 \text{ }^\circ/\text{s}$, Auflösung $0,01 \text{ }^\circ/\text{s}$). Die Abtastfrequenz beträgt 100 Hz . Sofiswim wird mit einem Gurt am unteren Rücken befestigt. Die statistische Auswertung der Messdaten erfolgte mit SPSS (festgelegtes Signifikanzniveau: 95%).

2.1 Fragestellung 1

Validität der Messdaten von Sofiswim für die Bahnzeit, Anzahl Zyklen, Zugfrequenz und -zeit aus der automatischen Mustererkennung im Vergleich zur Videoanalyse.

In zwei Untersuchungen (I: sieben männliche Kaderathleten des DSV ($18,0 \pm 2,2$ Jahre), II: elf Probanden ($20,0 \pm 3,6$ Jahre)) wurden der UDK jeweils über 2×15 m in Bauchlage mit maximaler Intensität absolviert. Die Versuche wurden gleichzeitig auf Video aufgezeichnet und mit Sofiswim gemessen. Die erhobenen Parameter beider Systeme (Zykluszeit, Down- und Upkick) wurden mit Bland-Altman Plots und einer ANOVA mit Messwiederholung miteinander verglichen und der ICC (3.1) bestimmt.

2.2 Fragestellung 2

Relative und absolute Reproduzierbarkeit der Messdaten von Sofiswim beim UDK und Kraulschwimmen bei Testwiederholung.

Die Probanden und die Durchführung für den UDK ist identisch mit denen aus Fragestellung 1. Die Untersuchung zum Kraulschwimmen erfolgte mit sieben Kaderathleten des DSV (zwei Frauen ($17,5 \pm 0,5$ Jahre) und fünf Männer ($18,2 \pm 2,6$ Jahre)). Es wurden jeweils 2×200 m Kraul in der zweiten Stufe des PANSOLD Tests geschwommen. Für beide Schwimmmarten wurden die relative Reproduzierbarkeit mittels ICC (3.1) und Cronbachs α überprüft, die absolute Reproduzierbarkeit mittels t-Test sowie SEM (Standard Error of Mean) und CR (Coefficient of Repeatability).

2.3 Fragestellung 3

Welche messtechnisch beschreibbaren Veränderungen in den kinematischen Merkmalen treten in den Belastungsbereichen des Wassertrainings und in Abhängigkeit von der Leistungsklasse in drei Schwimmmarten (UDK, Delphin und Kraul) auf?

Im Delphinschwimmen wurde exemplarisch eine Sportlerin regionalen Niveaus (15 Jahre) mit einer Sportlerin überregionalen Niveaus (16 Jahre) verglichen. Für den UDK erfolgte ein Vergleich eines Sportlers internationalen Niveaus (21 Jahre) mit einer Sportlerin regio-

nenal Niveaus (15 Jahre). Die Vergleiche erfolgten grafisch anhand ausgewählter Messgrößen (Vorwärtsbeschleunigung und Hüftrotation bzw. Vorwärts- und vertikale Beschleunigung). Zudem erfolgte eine quantitative Auswertung einzelner Parameter des UDK (Zyklusdauer, Zeit für den Upkick/Downkick). Für Delphin wurden zudem die Schlüsselposen des Bewegungszyklus der beiden Sportlerinnen miteinander verglichen.

Bei Kraul schwammen 15 SportlerInnen (sechs Frauen, $16,3 \pm 5,0$ Jahre, neun männlich, $22,3 \pm 9,9$ Jahre) jeweils 200 m in drei Geschwindigkeitsstufen (85 %, 90 % und 100 % Bestzeitniveau). Die SchwimmerInnen wurden vor Auswertungsbeginn in zwei Gruppen mit stabiler (sB) und instabiler Bewegungsausführung (iB) eingeteilt. Die Veränderung der Parameter Zyklusfrequenz, Amplitude der Hüftrotation, Hüftrotationsgeschwindigkeit und Vorwärtsbeschleunigung in Abhängigkeit von der Schwimmgeschwindigkeit wurden untersucht. Für die Unterschiedsprüfung erfolgte eine SPM-Analyse (Statistical Parameter Mapping) der Hüftrotation, der Vorwärtsbeschleunigung und der Hüftrotationsgeschwindigkeit. Die Zyklen aller SportlerInnen der jeweiligen Gruppe wurden auf 100 % zeitnormalisiert und ein mittlerer Zyklus errechnet.

2.4 Fragestellung 4

Zeigen sich durch EAF Ansteuerungseffekte für Delphin und Brust sowie für die Ausführung des UDK?

Die Untersuchung bestand aus einem Praxisteil zur Bewertung des EAF im Einsatz (12 Probanden, vier männlich ($16,3 \pm 1,9$ Jahre) und acht weiblich ($15,1 \pm 1,3$ Jahre)) und einem Online-Fragebogen zur Bewertung verschiedener Feedbackvarianten im UDK, Brust- und Kraulschwimmen (18 Teilnehmer ($31,8 \pm 8,9$ Jahre), 12 Männer ($34,4 \pm 11,0$ Jahre) und sechs Frauen ($29,0 \pm 6,5$ Jahre)).

Im Praxisteil führten die Probanden jeweils den UDK mit kontinuierlicher oder diskreter Sonifikation aus. Die kontinuierliche Sonifikation moduliert die Tonhöhe eines Dauertones entsprechend der gemessenen Vorwärtsbeschleunigung (in Ruhe ist ein gleichmäßiger

Ton hörbar). Je größer die Vorwärtsbeschleunigung desto höher wird der abgespielte Ton. Die diskrete Sonifikation erzeugt nur dann einen hörbaren Ton, wenn ein Beschleunigungsmaximum vorliegt. Auch hier ist die Tonhöhe an die Beschleunigung gekoppelt. Die Auswertung der Fragebögen erfolgte deskriptiv.

2.5 Fragestellung 5

Intrazyklische Untersuchung des Delphin-, Rücken-, Brust- und Kraulschwimmens.

Zehn Probanden (sechs weibliche ($14,8 \pm 0,9$ Jahre) und vier männliche ($16,0 \pm 0,7$ Jahre)) schwammen in jeder der vier Lagen jeweils 100 m in mittlerer Intensität. Die Messungen erfolgten mit SofiSwim und Videoaufzeichnung. Die Messdaten wurden mit dem Videobild synchronisiert und die Zyklusphasen und Schlüsselposen technikeitbildmodellgerecht den entsprechenden Datenpunkten zugeordnet und schwimmartspezifisch ausgewertet. Für Delphin und Brust wurde die horizontale und vertikale Beschleunigung untersucht, für Kraul und Rücken die horizontale Beschleunigung, Hüftrotation und Rotationsgeschwindigkeit. Die einzelnen Zyklen wurden auf 100 % zeitnormalisiert und mit dem Technikmodell und den abgeleiteten Schlüsselposen und Zyklusphasen verglichen. Zur Unterschiedsanalyse der Leistungsniveaus wurde ein mittlerer Zyklus aus den Zyklen aller SchwimmerInnen gebildet und zu jedem Punkt die Standardabweichung dargestellt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Fragestellung 1

Die in Untersuchung 1 errechneten ICC-Koeffizienten zeigen für die Zyklusdauer (0,798) eine gute und für den Down- (0,546) und Upkick (0,578) eine mäßige Reliabilität. Allerdings sind die aus dem Videobild und den SofiSwim-Daten extrahierten Zeiten fehlerbehaftet. Der Fehler bei den IMU-Zeiten beträgt $\pm 0,01$ s aufgrund der Abtastrate von 100 Hz und beim Videobild von $\pm 0,02$ s. Somit beläuft sich der mögliche Messfehler auf $\pm 0,06$ s. Dagegen differieren die IMU-Zeiten zu denen aus dem Video nur zu 0,004-0,012 s. Unter Berücksichtigung des Messfehlers und der bisherigen Genauigkeit der Messsysteme (Stoppuhr: 0,01 s Zeitauflösung) bestehen zwischen den SofiSwim- und Videozeiten keine praxisrelevanten Abweichungen. Die Ergebnisse der zweiten Untersuchung bestätigen die aus der ersten (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** Abb. 1).

Die mit SofiSwim gemessene Vorwärtsbeschleunigung korrespondiert mit der Auf- und Abwärtsbewegung der Füße. Somit erzielen auch die Daten der Vorwärtsbeschleunigung intrazyklische Informationen über die Bewegungsausführung (Abb. 2) (Engel, Schaffert, Wobbe & Mattes, 2020).

Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Messsystemen bestehen in der Bestimmung der Zeiten für den Down- und Upkick (Diffe-

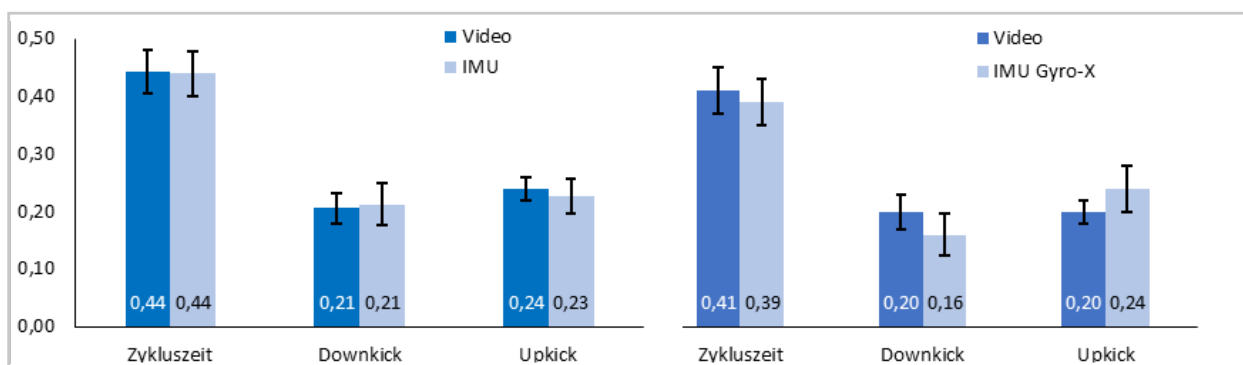


Abb. 1: Vergleich der Video- und IMU-Daten für den UDK aus Untersuchung 1 (links) und Untersuchung 2 (rechts).

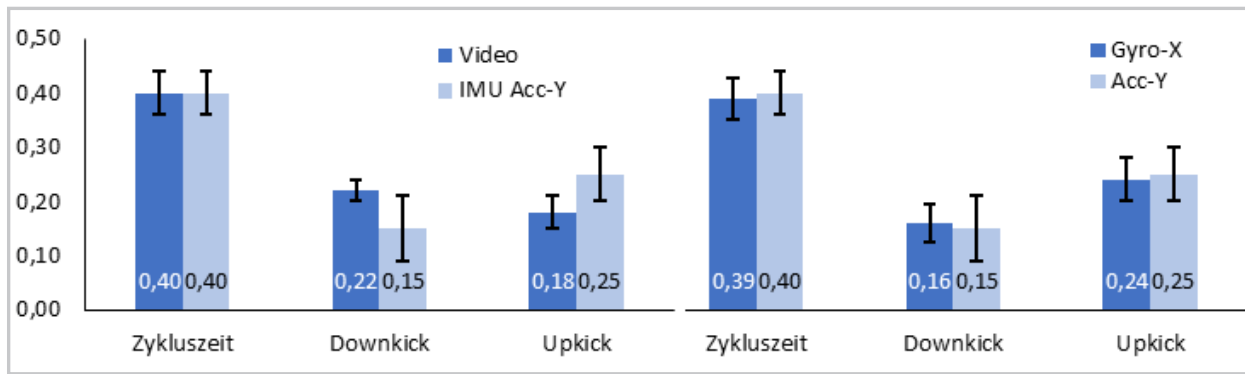


Abb. 2: Vergleich Zykluszeit, Down- und Upkick der Hüfte zwischen den Videodaten und mit SofiSwim ermittelten Werten (links) sowie Vergleich der gleichen Werte, errechnet aus der Hüftrotation und der Vorwärtsbeschleunigung (rechts).

renz: 0,04-0,07 s) vermutlich aufgrund der geringen Zuverlässigkeit bei Erkennung der Umkehrpunkte der Hüfte und Füße aus dem Videobild. Allerdings liegen die Unterschiede nur knapp oberhalb des Messfehlers (0,045 s) und haben somit keine praktische Relevanz.

3.2 Fragestellung 2

Die relative Reproduzierbarkeit der Messung (ICC) liegt beim Kraulschwimmen für die Schwimmzeit, das Rotationsmaximum, -amplitude und Zykluszeit im exzellenten Bereich (0,918-0,986). Das Rotationsminimum erzielte eine gute Reliabilität (0,879). Das Cronbachs α bestätigt die Werte von 0,919-0,985 als im exzellenten Bereich. Die absolute Reproduzierbarkeit wird durch den SEM und CR über die gemittelten Werte alle Sportler in Tab. 1 dargestellt.

Die Messungen beider Durchgänge wurden zudem auf statistisch signifikante Unterschiede untersucht, um zu überprüfen, ob die Messung von der Sensoranbringenden Person unabhängig ist. Bei vier Probanden traten signifikante Unterschiede im Rotationsminimum oder -maximum auf. Zudem unterschied sich die Rotationsamplitude in sechs Messungen signifikant zwischen den Durchgängen. Die Schwimmzeit unterschied sich nur einmal signifikant, die Zykluszeit in keinem der untersuchten Fälle.

Die Stabilität der Zyklus- und Schwimmzeit zwischen den Durchgängen lässt auf vergleichbare Messungen schließen. Damit stellt die Anbringung des Sensors eine mögliche Fehlerquelle bei der Bestimmung der Rotationsdaten dar.

Für den UDK liegen die ICCs für den Downkick (0,614) und Upkick (0,726) jeweils im mäßigen Bereich, für die vertikale Beschleunigung (0,757) und die Winkelgeschwindigkeit (0,763) im guten und für die Zykluszeit (0,913) im exzellenten Bereich. Die Werte für Cronbachs α unterstreichen diese Aussage. Die Reproduzierbarkeit der Messwerte für den Downkick (0,761) liegt im akzeptablen Bereich, für den Upkick (0,841), die vertikale Beschleunigung (0,862) und die Winkelgeschwindigkeit (0,865) im guten Bereich. Die Zykluszeit (0,913) ist exzellent reproduzierbar. Damit ist die Messung unabhängig vom Messzeitpunkt und der Sensoranbringenden Person reproduzierbar.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Parameter von zwei identisch durchgeführten Messungen höchstens um 0,015 s (Zykluszeit) bzw. 0,022 s (Downkick) differieren. Die CR-Werte liegen zwischen 0,029 s (Zykluszeit) und 0,043 s (Downkick) und haben keine praktische Relevanz.

Tab. 1: SEM und CR Werte gemittelt über alle sieben Probanden.

	Schwimmzeit [s]	Rot _{min} [°]	Rot _{max} [°]	Rot _{amp} [°]	Zykluszeit [s]
SEM	0,27	0,85	0,68	0,16	0,00
CR	0,57	1,69	1,35	0,32	0,01

3.3 Fragestellung 3

Für den UDK konnte erstmals gezeigt werden, dass die bisher nur aus der Videoanalyse abgeleiteten Unterschiede zwischen SchwimmerInnen auch messtechnisch nachgewiesen werden können. Die Zykluszeit des Schwimmers mit internationalem Niveau betrug 0,36 s und 0,46 s bei der regionalen Schwimmerin. Der Downkick dauert 0,09 bzw. 0,12 s und der Upkick 0,27 bzw. 0,34 s.

Auch die Einzelfallbetrachtung bei Delphin zeigte Unterschiede in der Bewegungsausführung in den Messdaten. Die höheren Werte in der horizontalen und vertikalen Beschleunigung wurden im Kurvenverlauf der schnelleren Schwimmerin gefunden.

Beim Vergleich der sB und iB Gruppe im Kraulschwimmen zeigte sich, dass die sB-Gruppe sowohl bei 85 % als auch bei 100 % ihrer Bestzeit schneller schwamm als die iB-Gruppe (2:42,75 min zu 3:00,24 min und 2:31,46 min zu 2:43,20 min). Der zeitnormierte und gemittelte Zyklus zeigt deutlich kleinere Schwankungen (Standardabweichung) in allen untersuchten Parametern. Beispielhaft zeigt Abb. 3 den Hüftrotationswinkel in den Geschwindigkeitsstufen 85 % und 100 %. Die SPM-Analyse zeigte signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen bei den Rotationsextremen.

Trotz der geringen Leistungsunterschiede zwischen beiden Gruppen weisen die Ergebnisse darauf hin, dass die sB-Gruppe mit einer gleichmäßigeren und damit effizienteren Bewegungsausführung eine höhere Schwimmgeschwindigkeit erreicht.

3.4 Fragestellung 4

Die Umfrageergebnisse zeigten, dass beide Sonifikationsvarianten die Eigenschaften der Bewegung abbilden und in Beziehung zum eigenen Bewegungsempfinden gebracht werden können. Unterschiede gab es in der persönlichen Empfindung der Sonifikation. Beide Varianten wurden mehrheitlich als positiv bewertet (diskret: 22, einmal negativ; kontinuierlich: 14mal positiv, sechsmal negativ). In Schulnoten ausgedrückt erhielt die diskrete Sonifikation eine $2,0 \pm 0,7$, die kontinuierliche Sonifikation eine $2,2 \pm 1,1$.

Die Sonifikation im Training einzusetzen, können sich neun (kontinuierlich) und elf (diskret) vorstellen. Nicht vorstellen können sich den Einsatz der kontinuierlichen Sonifikation drei SchwimmerInnen. Sollten durch die Sonifikation jedoch Verbesserungen in der schwimmerischen Leistung erzielt werden, stimmen ausnahmslos alle dem Einsatz im Training zu.

In der Online-Befragung bewerteten die TeilnehmerInnen die Sonifikation varianten- und schwimmartenunabhängig als hilfreich. Beim UDK und Brustschwimmen konnte zwischen der diskreten und der kontinuierlichen Sonifikation gewählt werden. Für den UDK wurde die diskrete Vertonung von 13 Befragten und die kontinuierliche Vertonung von fünf Befragten bevorzugt. Beim Brustschwimmen favorisierten elf Probanden die diskrete und sieben die kontinuierliche Sonifikation. Alle Befragten bestätigten, dass die Vertonungen die Eigenschaften der Bewegung abbilden und in Beziehung zum eigenen Bewegungsempfinden gebracht werden können.

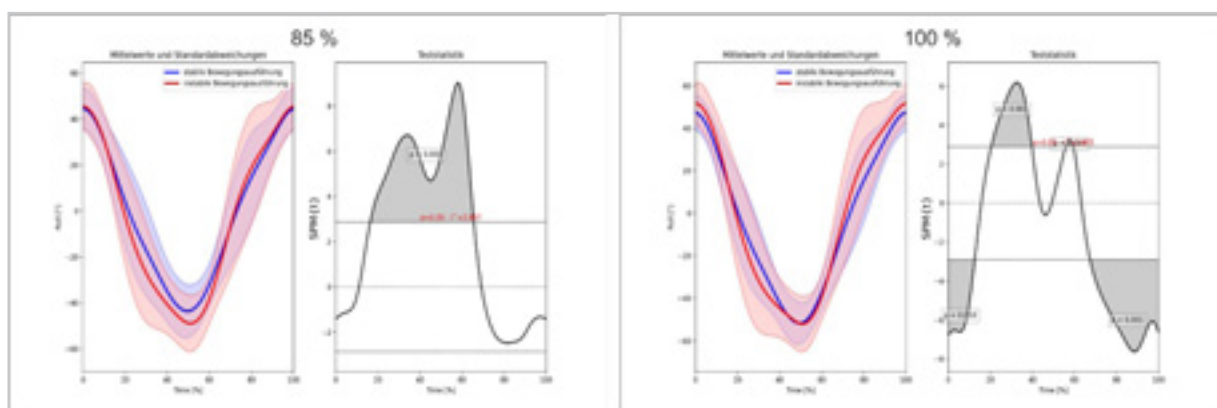


Abb. 3: SPM-Analyse des Rotationswinkels für die iB und sB Gruppe. Jeweils links ist der Mittelwert und die Standardabweichung für einen Zyklusverlauf dargestellt und rechts die Ergebnisse des t-Tests für den Rotationswinkel.

Beim Kraulschwimmen stand die kontinuierliche Vertonung als Mono- und Stereo-Variante zur Auswahl. Die Stereo-Variante überträgt den Ton analog zur Hüftrotation auf das linke bzw. rechte Ohr. Die Bewertung beider Varianten fiel bei den TeilnehmerInnen eher negativ aus. Nur sieben von 13 Befragten stimmten zu, dass die Stereo-Variante hilfreich ist, um den Fokus auf den Bewegungsablauf zu richten. Bei der Mono-Variante waren nur zwei der Befragten dieser Meinung. Insgesamt 15 Befragte würden die Sonifikation im Training nutzen, wenn sich damit eine Verbesserung erzielen ließe. Dabei wurde die Vertonung des UDK als am besten und die des Kraulschwimmens als am schlechtesten bewertet (jeweils elfmal).

3.5 Fragestellung 5

Aus Platzgründen erfolgt hier nur eine kurze Ergebniszusammenfassung.

Für alle vier Schwimmmarten zeigten sich unabhängig vom Leistungsniveau die gleichen Charakteristika in den untersuchten Messgrößen. Bei Delphin treten je Zyklus zwei Maxima in der Vorwärts- und Vertikalbeschleunigung der Hüfte auf (Engel, A., Ploigt, R., Mattes, K., & Schaffert, N., 2021a), bei Brust existiert aufgrund des Beinschlags ein extremes Maximum in der Vorwärtsbeschleunigung, und die vertikale Beschleunigung lässt Rückschlüsse auf die Dauer der Gleitphase zu (Engel et al., 2021b). Bei Kraul zeigen der Hüftrotationswinkel und die Rotationsgeschwindigkeit einen nahezu sinusförmigen Verlauf und die Vorwärtsbeschleunigung zwei kleinere Maxima (Engel et al., 2021c). Beim Rückenschwimmen ist der Verlauf des Hüftrotationswinkels ebenfalls sinusförmig (Engel et al., 2021d).

Mit diesen Erkenntnissen sollte die Entwicklung einer automatisierten Mustererkennung für eine intrazyklische Analyse der Schwimmbewegung realisierbar sein.

4 Schlussfolgerungen und Fazit

Das Mess- und EAF-System SofiSwim liefert valide, reliable und reproduzierbare Messwerte, die mit dem bisherigen Goldstandard der Videoanalyse vergleichbar sind. Aufgrund der höheren Auflösung liegt der Schluss nahe, dass SofiSwim genauere Werte bereitstellt.

In den vorliegenden Untersuchungen wurden erstmals intrazyklische Parameter der Schwimmmarten und des UDK mit einem IMU untersucht. Dabei wurde deutlich, dass SchwimmerInnen mit unterschiedlichem Leistungsniveau die gleichen quantitativen Merkmale in ihren IMU-Daten zeigen. Auch konnten Unterschiede zwischen verschiedenen Leistungsniveaus durch eine manuelle Auswertung der Daten statistisch signifikant nachgewiesen werden. Perspektivisch könnten Algorithmen entwickelt werden, um definierte Parameter zu quantifizieren und diese als objektive und schnelle Rückmeldung über die Bewegungsausführung in der Trainingspraxis in leicht verständlicher Form zu präsentieren.

Die Erkenntnisse stellen eine wertvolle Erweiterung der KLD des DSV dar. Mit SofiSwim stehen innerhalb kürzester Zeit leistungsrelevante Parameter zur Bewertung der Bewegungstechnik zur Verfügung, die bisher nicht oder nur mit sehr großem, personellem und zeitlichem Aufwand aus den Videobildern erhoben werden konnten. Zudem ist es gelungen, Unterschiede in leistungsrelevanten Parametern bei verschiedenen Schwimmgeschwindigkeiten nachzuweisen. Dadurch besteht theoretisch die Möglichkeit zur Überprüfung, ob die SchwimmerInnen bei vorher festgelegten Geschwindigkeiten nach Abschluss eines Trainingsblockes effizienter (gleichmäßiger, rhythmischer) schwimmen.

5 Literatur

- Callaway, A. J., Cobb, J. E., & Jones, I. (2009). A comparison of video and accelerometer-based approaches applied to performance monitoring in swimming. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 4(1), 139-153.
- Engel, A., Schaffert, N., Mattes, K., & Rosenmüller, J. (2014). *Beschleunigungsmessungen in ausgewählten Schwimmarten mittels Beschleunigungssensoren*. Jahrestagung der dsv-Kommission Schwimmen, 26.-28.9.2014.
- Engel, A., Schaffert, N., Wobbe, J. F., & Mattes, K. (2020) Comparison of video and IMU data for analyzing the underwater dolphin kick. *Journal of Sport and Human Performance*, 8(1), 1-11.
- Engel, A., Ploigt, R., Mattes, K., & Schaffert, N. (2021a) Intra-cyclic analysis of the butterfly swimming technique using an inertial measurement unit. *Journal of Sport and Human Performance*, 9(2), 1-19.
- Engel, A., Ploigt, R., Mattes, K., & Schaffert, N. (2021b) Intra-cyclic analysis of the breaststroke swimming technique using an inertial measurement unit. *Journal of Sport and Human Performance*, 9(2), 33-50.
- Engel, A., Schaffert, N., Ploigt, R., & Mattes, K. (2021c). Intra-cyclic analysis of the front crawl swimming technique with an inertial measurement unit. *Journal of Human Sport and Exercise*, 17(3).
- Engel, A., Schaffert, N., Ploigt, R., & Mattes, K. (2021d) Intra-cyclic analysis of the backstroke swimming technique with an inertial measurement unit. *Journal of Sport and Human Performance*, 9(1), 1-16.
- Schaffert, N., Engel, A., & Mattes, K. (2018). *Entwicklung eines schwimmspezifischen Mess- und Echtzeit-Audio-Feedbacksystems*. 12. Symposium der dvs-Sektion Sportinformatik, 4.-7.9.2018.

Evaluation der Komponenten Dollen- und Stemm- brettkraft des neuen Mobilten Messsystems 2020 im Rennrudern

(AZ 070801/20-21)

Klaus Mattes & Björn Losekamm

Universität Hamburg

1 Problem

Im Kalenderjahr 2018 startete die Erprobung und schrittweise Einführung des Mobilten Messsystems 2020 (MMS 2020) in Kooperation mit dem Institut für Forschung und Entwicklung von Sportgeräten (FES), Berlin. In der zweiten Ausbaustufe ab 2020 komplettierten eine 2-D-Dollenkraft und eine für Back- und Steuerbord getrennte Messung der Stemm-
brettkraft das MMS 2020. Die Messung der Dollen- und Stemm-
brettkraft ist von besonderer Relevanz, weil damit direkt an den Wechselwirkungsstellen die Kraftereinleitung der Athletinnen und Athleten auf das Boot und damit ein wesentliches Merkmal einer zweckmäßigen Ruder-
technik (Differenz von Dollen- und Stemm-
brettkraft) erhoben und beurteilt werden kann. Die 2-D-Dollenkraft liefert dabei nicht nur die Normalkraft, sondern auch als neuen Messparameter die Längskraft an der Dolle. Die letzten Messungen der Normalkraft an der Dolle mit Kaderathletinnen und -athleten des DRV fanden Ende der 90iger Jahre noch in den damaligen Messbooten statt. Die Einführung des MMS 2000 ersetzte die Messboote und damit auch die Dollenkraftmessung durch die Erhebung des Ruderbiegemoments (Innenhebelkraft) in der Leistungsdiagnostik des DRV. Die Dollenkraft wurde unter Berücksichtigung des Hebelverhältnisses aus dem Ruderbiegemoment berechnet, um die Wirkung der Kraftabgabe auf das Boot einzuschätzen. Das Ruderbiegemoment erfasst jedoch nicht die Wirkung der Trägheitskraft des Ruders auf die Dolle.

Zudem muss für die Berechnung der Dollenkraft ein fixes Hebelverhältnis definiert werden, das nur eine Schätzung des wirklichen Angriffspunktes der Wasserkraft am Blatt und der Zugkraft der Athletinnen und -athleten erlaubt (Kleshnev, 2003). Der Vorteil der direkten Messung der Dollenkraft besteht somit in der Berücksichtigung der Trägheitskraft und der tatsächlichen Kraftangriffspunkte. Wird das Riemenbiegemoment aus der Dollenkraft berechnet, dann muss hierfür wieder auf das fixe Hebelverhältnis zurückgegriffen werden.

Aus Studien aus dem Riemenrudern ist bekannt, dass die Kraftereinleitung am Innenhebel nicht tangential und am Stemm-
brett nicht symmetrisch von Back- und Steuerbordbein erfolgen kann (Mattes et al., 2014; Mattes et al., 2016; Smith & Loschner, 2002). Mit der 2-D-Dollenkraftmessung und der getrennten Messung am Stemm-
brett ist es möglich, die tatsächliche Zugrichtung am Ruder sowie die Symmetrie der Beinkraft sowohl beim Riemenrudern und als auch beim Skullen zu diagnostizieren.

Im Projekt wurden die Reliabilität sowie der trainingspraktische Aussagegehalt der 2-D-Dollenkraft und der getrennten Stemm-
brettkraft zur Diagnostik von Ruderleistung und Ruder-
technik unter typischen Bedingungen des Wassertrainings überprüft. Nachfolgend werden Befunde zur Reproduzierbarkeit der Messdaten, zur Parallelmessung von Dollenkraft und Ruderbiegemoment und zur Beschreibung der Längskraft an der Dolle dargestellt.

2 Methode

Die Testpersonen rekrutierten sich aus dem Bereich der Bundeskader (U-19, U-23) sowie der Skull-Nationalmannschaft der Männer, sodass für den Spitzenbereich repräsentative Daten für die olympischen Disziplinen Leichter Doppelzweier, Doppelzweier und Doppelvierer der Männer generiert werden konnten. Die Messungen wurden in verschiedenen Bootsklassen im Riemenrudern (2-, 4-, $n = 14$) und Skullen (1x, 2x, 4x, $n = 8$) durchgeführt. Gemessen wurden 32 Ruderinnen und 14 Ruderer.

Das Testverfahren umfasste Messfahrten über eine definierte Streckenlänge (1000 m) bzw. Zeit (3-5 min) mit vorgegebener Schlagfrequenz von ca. 20 Schl./min und einen Schlagfrequenzstufentest (20, 24, 28, 32 Schl./min) über 15 Ruderyklen. Das MMS 2020 registrierte den Ruderwinkel, das Ruderbiegemoment (Innenhebelkraft), die 2-D-Dollenkraft und die Stemmbrettkraft für Back- und Steuerbord mit einer Messfrequenz von 100 Hz.

Die relative Reproduzierbarkeit wurde mittels ICC(3.1) und die absolute Reproduzierbarkeit als mittlere Differenz der Einzelwerte der Messwiederholung bestimmt. Die Auswertung wurde separat für den jeweiligen Messparameter, die Testperson und Bootsseite vorgenommen.

Für den Vergleich der Dollenkraft und des Ruderbiegemoments wurde eine parallele Messung beider Parameter während der Tests vorgenommen. Die Auswertung der Messdaten konnte sowohl anhand der gemessenen Dollenkraft als auch des gemessenen Riemenbiegemoments erfolgen. Dadurch war es möglich, die Übereinstimmung zwischen beiden Messsystemen (Dollenkraft und Riemenbiegemoment) für die Dollen- und Innenhebelkraft anhand des Bland-Altman-Verfahrens zu bestimmen. Dabei wurden der systematische Messfehler (Bias oder Verzerrung) und die Übereinstimmungsgrenze (Limits of Agreement) berechnet.

Die Analyse der Normal- und Längskraft an der Dolle trug beschreibenden Charakter und fokussierte die Längskraft sowie den Zugrich-

tungswinkel als Maß für die tatsächliche Kräfteinleitung am Ruder (Zugrichtungswinkel = $\sin \varphi$ = Normalkraft an der Dolle/ Längskraft an der Dolle).

Da die Entwicklung der Hard- und Software des MMS 2020 durch das Institut FES im Projektzeitraum noch nicht abgeschlossen war, diente ein Teil der Messfahrten der Geräteerprobung. Im Ergebnis dieser Messfahrten, die bereits nach sportwissenschaftlichen Kriterien analysiert wurden, kam es zu wesentlichen Veränderungen an der Hard- und Software. Beispielsweise wurden Softwarebugs beseitigt.

3 Ergebnisse

Auf Basis von Messwiederholungen konnte eine exzellente relative Reproduzierbarkeit ($ICC > 0.9$) der rudertechnischen Kennwerte unabhängig von der Ruderart (Skullen und Riemen) und dem Geschlecht festgestellt werden. Die Werte der absoluten Reproduzierbarkeit lagen beim Skullen für die Normalkraft an der Dolle im Bereich von 0,3 bis 1,8 N, für die Längskraft an der Dolle im Bereich von 0,6 bis 1,5 N, für den Zugrichtungswinkel im Vorderzug im Bereich von 0,1 bis 0,2°, sowie der Stemmbrettkraft im Bereich von 0 bis 10 N. Beim Riemenrudern wurden für die Normalkraft an der Dolle 0 bis 8 N, für die Längskraft 0 bis 3 N, den Zugrichtungswinkel im Vorderzug 0,2 bis 0,4°, sowie der Stemmbrettkraft 0 bis 6 N ermittelt.

Die Parallelmessung (Dollenkraft vs. Biegemoment) führte im Riemenrudern zu einer größeren Innenhebel- und Dollenkraft im Durchzug aus der Dollenkraftmessung im Vergleich zur Biegemomentmessung (Innenhebelkraft 5 bis 12 N; Dollenkraft 7 bis 16 N). Im Skullen reduzierte die Dollenkraftmessung dagegen die Innenhebel- und Dollenkraft im Durchzug (Innenhebelkraft -6 bis -8 N; Dollenkraft -9 bis -12 N) im Vergleich zur Biegemomentmessung (Abb. 1). Aus der Dollenkraftmessung resultierte eine größere wirksame Schlagweite (Riemen: 2,0 bis 3,5°; Skullen: 1,7 bis 2,2°) im Vergleich zur Biegemomentmessung.

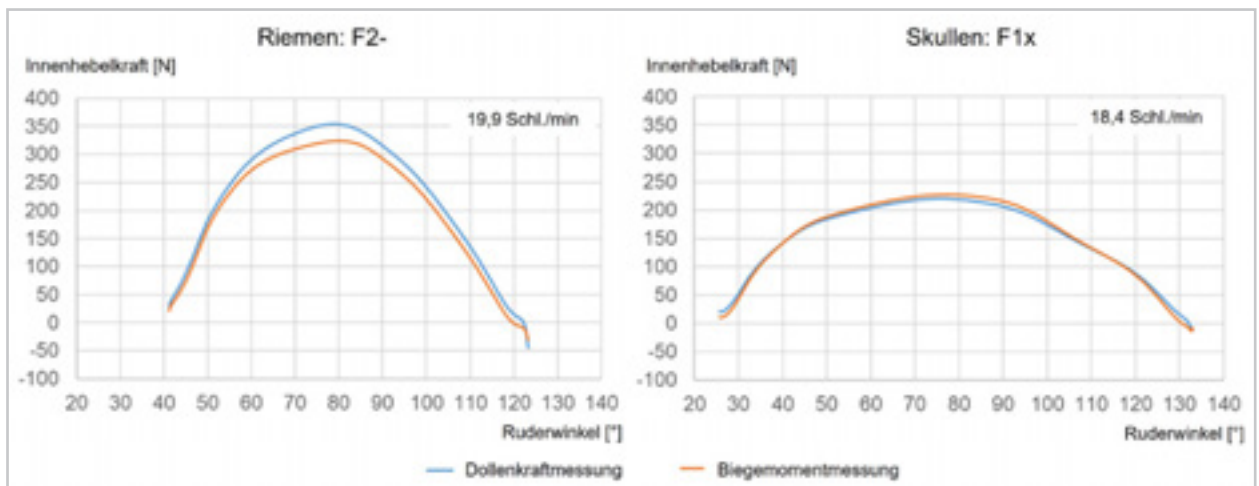


Abb. 1: Vergleich der Innenhebelkraft-Ruderwinkel-Kurven von Dollenkraft- und Biegemomentmessung der Frauen (F); links: Riemenzweier ohne (2-) Platz 2 Backbord und rechts: Einer (1x) Backbord

Die Längskraft an der Dolle zeigte einen charakteristischen Verlauf mit dem Maximum im Vorderzug vor 70° Ruderwinkel, dem Nulldurchgang (Wechsel von Druck- auf Zugkraft) zwischen 90 bis 100° Ruderwinkel (Riemen) bzw. nach 110° Ruderwinkel (Skullen), sowie negative Werte im Endzug (Abb. 2). Der Zugrichtungswinkel wich insbesondere im Vorderzug (Riemen: 64 bis 67°; Skullen: 63 bis 64°) von der tangentialen Zugrichtung (90°) ab. Die Zugrichtungswinkel waren im Riemenrudern größer als im Skullen.

4 Diskussion

Erstmals wurden Daten zur Reproduzierbarkeit rudertechnischer Kennwerte des neuen MMS 2020 erhoben. Dabei zeigte sich eine exzellente relative Reproduzierbarkeit der Messdaten (ICC >0,9) ohne nennenswerte Differenzierung zwischen den rudertechnischen Kennwerten der Frauen und Männer sowie zwischen Skullen und Riemenrudern. Die absolute Reproduzierbarkeit rudertechnischer Kennwerte war

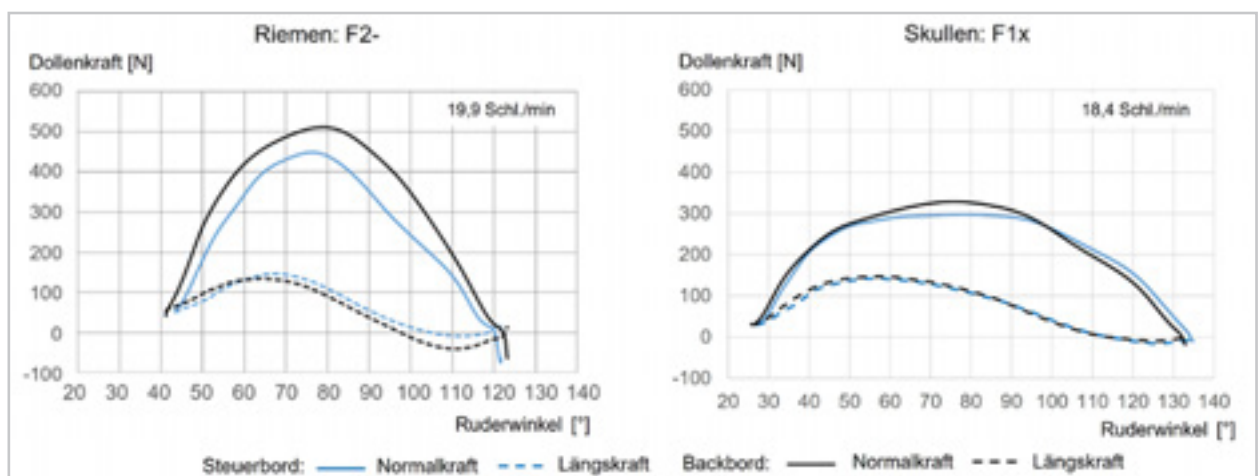


Abb. 2: Normalkraft und Längskraft an der Dolle der Frauen (F); links: Riemenzweier ohne (2-) und rechts: Einer (1x)

abhängig von der Stabilität der Rudertechnik gegenüber Störgrößen (Wind, Wellen, Mannschaftsbeeinflussung). Bei fehlender Kontrolle dieser Rahmenbedingungen muss mit abweichenden Maßen der absoluten Reproduzierbarkeit gerechnet werden.

Die Parallelmessung sollte klären, welche Unterschiede Innenhebelkraft und Dollenkraft aufweisen, wenn diese über die Messung der Dollenkraft vs. des Biegemoments ermittelt werden. Es zeigte sich eine geringe Übereinstimmung der Messungen sowohl für die Innenhebelkraft als auch die Dollenkraft. Die Abweichungen können aus der Berücksichtigung der tatsächlich wirksamen Kraftangriffspunkte der Zugkraft am Innenhebel und der Wasserkraft am Blatt bei der Dollenkraftmessung erklärt werden. Bei der Biegemomentmessung wird dagegen bereits bei der Kalibration des Kraftsensors am Innenhebel ein definierter Angriffspunkt der Innenhebelkraft verwendet. Dabei wird nicht berücksichtigt, wie der Athlet tatsächlich am Innenhebel greift (z. B. Griffbreite beim Riemenrudern). Die Dollenkraft wird anschließend über das fix definierte Hebelverhältnis aus der Innenhebelkraft berechnet, d. h., die Ungenauigkeit in der Definition des wirksamen Innenhebels schlägt sich sowohl in der berechneten Dollenkraft als auch in der Innenhebelkraft sowie weiteren ruder-technischen Kennwerten nieder. Beim Skullen ist diese Ungenauigkeit weniger problematisch, da der Daumen am Ende des Innenhebels anliegen soll und damit der individuelle Spielraum unterschiedlich zu greifen eingeschränkt wird. Die Dollenkraftmessung besitzt somit zwei Vorteile. Zum einen wird die unmittelbare Kraftwirkung auf das Boot erhoben. Zum anderen entfällt die fehlerbehaftete Berechnung aus dem Riemenbiegemoment. Die Berechnung der Innenhebelkraft aus der Dollenkraft ist genauer, weil aufgrund der Messung der tatsächliche Kraftangriffspunkt der Wasserkraft berücksichtigt wird. Die Dollenkraftmessung spiegelt somit die Ruderbewegung realitätsnäher wider und sollte mittelfristig die Biegemomentmessung ablösen.

Die Längskraft an der Dolle und der Zugrichtungswinkel stellen neue Parameter zur Diagnostik der Rudertechnik dar. Der gefundene charakteristische Verlauf der Längskraft wird

durch die Veränderung der Arm- und Schulterstellung zum Innenhebel in Abhängigkeit vom Ruderwinkel bedingt. In der Vorlage wandert der Innenhebel nach außen (zur Dolle). Die Folge ist eine von der Tangentialen erheblich abweichende Zugrichtung am Innenhebel mit hoher Längskraft im Vorderzug. Im Mittelzug nähert sich die Zugrichtung den 90° an. Durch die weitere Vorlage resultiert im Skullen ein geringerer Zugrichtungswinkel als im Riemenrudern. Der Zugrichtungswinkel beschreibt das Verhältnis von Normal- und Längskraft und somit die Wirkungsrichtung der durch Vektoraddition gebildeten resultierenden Dollenkraft (tatsächlich eingeleitete Dollenkraft). Der Sinus des Zugrichtungswinkels kennzeichnet wie viel Prozent der tatsächlich eingeleiteten Dollenkraft als Normalkraft genutzt werden. Beträgt der Zugrichtungswinkel 60°, dann werden ca. 86 % als Normalkraft wirksam. Die Längskraft an der Dolle und der Zugrichtungswinkel besitzen eine hohe diagnostische Relevanz zur Verbesserung der Krafteinleitung am Ruder für Skullen und Riemenrudern.

5 Literatur

- Kleshnev, V. (2003). *Points of force application to the oar and efficiency of various blade designs*. Bruce ACT: Australian Institute of Sport.
- Mattes, K., Manzer, S., Schaffert, N., Reischmann, M., & Boehmert, W. (2016). Effects of non-oarside-arm pull on the forces at the handle and foot-stretcher in sweep-rowing. *International Journal of Sport and Human Performance*, 4(1), 1-14.
- Mattes, K., Schaffert, N., Manzer, S., & Böhmert, W. (2014). Tangentiale Krafteinleitung am Innenhebel zur Steigerung der Vortriebswirksamkeit im Riemenrudern. *Leistungssport* (5), 33-39.
- Smith, R. M., & Loschner, C. (2002). Biomechanics feedback for rowing. *Journal of Sports Sciences*, 20(10), 783-791.
doi: 10.1080/026404102320675639

Potenzial videobasierter Spielanalysen für sportpsychologische Diagnostik und Intervention im paralympischen Tischtennis

(AZ 07160220)

Thorsten Leber & Oliver Höner (Projektleitung)

Eberhard Karls Universität Tübingen, Arbeitsbereich Sportpsychologie und Methodenlehre, Institut für Sportwissenschaft

1 Problem

Im Rahmen der Vorbereitung auf die Paralympics in Tokyo sollte der Schwerpunkt des hier beschriebenen Projekts in der Integration der videogestützten Spielanalysen in die sportpsychologische Betreuung liegen. Das Potenzial für die durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft geförderten Projekte „Wettkampfdiagnostik im Tischtennis“ (Lames et al., 2018; Link et al., 2018) entstandene Spieldatenbank sollte exploriert werden, um ergänzende Elemente der sportpsychologischen Betreuung im Paralympics-Kader (PAK) und Perspektivkader (PK) generieren zu können. Ziel des Projekts war es, aus einer konsequenteren Integration von sportpsychologischer Betreuung und Maßnahmen der videobasierten Spielanalyse einen Mehrwert bzw. eine neue erlebte Qualität im Rahmen der Betreuung von Athletinnen und Athleten zu generieren.

Nahezu unmittelbar nach Projektbeginn im März 2020 wurden die Paralympics pandemiebedingt auf das Jahr 2021 verschoben, wodurch sich sowohl inhaltlich als auch zeitlich ein veränderter Handlungsbedarf ergab. Vor diesem Hintergrund folgte nachträglich eine Erweiterung des Projekts zugunsten eines Krisenmanagements der Pandemiesituation. Diese beinhaltete bedarfsgerechte Maßnahmen mit Blick auf das psychosoziale Wohlbefinden der Spielerinnen und Spieler und betreuenden Personen sowie eine psychologisch-fachliche Unterstützung bei der zentralen und dezentralen Maßnahmenplanung und Kommunikation.

Zugunsten dieses zweiten Themenschwerpunkts in Verbindung mit der Verschiebung der Paralympics auf 2021 erfolgte auch eine zeitliche Anpassung der ursprünglichen Projektplanung. So konnte im Jahr 2020 Raum für das Krisenmanagement geschaffen werden und die videobasierten Angebote in der Phase der unmittelbaren Vorbereitung der Paralympics mit der gewünschten Wirksamkeit platziert werden.

2 Methoden

2.1 Krisenmanagement

Die relevanten Maßnahmen des Krisenmanagements lagen vorwiegend im Bereich der Primär- und Sekundärprävention und orientierten sich am Schema von Caplan (1964) mit Blick auf psychosoziale gesundheitliche Folgen der sportlichen und gesamtgesellschaftlichen Krisensituation. Sie beinhalteten handlungspsychologisch orientierte Unterstützung und Begleitung der Rückkehr zu Trainings- und Wettkampfnormalität im Laufe des zweiten Halbjahres 2020. Eine geeignete Struktur für Interventionsangebote ergab sich aus gängigen handlungsorientierten Modellen (Nitsch, 2004) in Verbindung mit dem Schichtenmodell der Aufmerksamkeitsregulation nach Eberspächer (2012).

Das Angebot galt sowohl für Trainerinnen und Trainer als auch für Athletinnen und Athleten. Im Fokus der Maßnahmen stand die Förderung der psychischen Widerstandskraft durch eine konstruktive Einflussnahme auf Schutzfaktoren im Sinne gängiger Resilienzmodelle (Noeker & Petermann, 2008; Wustmann, 2009).

Dazu wurde u. a. kurz nach Beginn des ersten Lockdowns ein Screening des psychischen Wohlbefindens auf Basis des Fragebogens „WHO-5“ (Staehr, 1998) eingeführt. Die Durchführung erfolgte im Zeitraum 04/2020 bis 06/2021 zu insgesamt 17 Erhebungszeitpunkten. Die Zahl der Teilnehmenden bewegte sich zwischen 8 und 13 von insgesamt 14 Personen. Die Daten des Screenings wurden neben dem Austausch mit den Beteiligten als Basis für die Planung von Gesprächen und Interventionen genutzt. Als Auslöser für Gesprächsanlässe dienten neben den durch das Verfahren vorgegebenen Grenzwerten für psychisches Wohlbefinden auch deutliche Veränderungen zwischen Erhebungszeitpunkten.

Es war bei Beginn der Planung zu erwarten, dass die Neuartigkeit der Pandemiesituation auch unabhängig vom individuellen Wohlbefinden besondere Herausforderungen im Bereich der Kommunikation, Motivation und Volition mit sich bringt. Während der individuelle Bedarf vorab gut antizipiert werden konnte, ergab sich weiterhin in der zweiten Jahreshälfte 2020 und in der ersten Jahreshälfte 2021 ein verstärkter Unterstützungsbedarf in der Steuerung der Teamdynamik.

2.2 Potenzial videobasierter Spielanalysen

Basis für die hier konzipierten Maßnahmen bildeten insbesondere Grundlagen aus der allgemeinen handlungspsychologischen Rahmenkonzeption der Sportpsychologie (Conzelmann et al., 2013; Nitsch, 2004) und Überlegungen zur Umsetzung des Trainings kognitiver Fertigkeiten (Eberspächer, 2012; Hermann & Leber, 2010). Dabei lag im Sinne der Systematik der sportpsychologischen Interventionen nach Beckmann und Elbe (2008) der Schwerpunkt auf der Vermittlung von Grundlagen und dem Fertigkeitstraining. Abhängig von den individuellen Zielstellungen von Spielerinnen und Spielern wurden videobasierte Maßnahmen zu den in Tab. 1 dargestellten Themen angeboten:

Die Themen wurden in den meisten Fällen im Rahmen von spielerzentrierten Besprechungen bearbeitet. Teilnehmende waren neben dem Sportpsychologen im Regelfall die betreffenden Athletinnen bzw. Athleten, verantwortliche Trainerinnen/Trainer und der Spielanalyst. In Absprache und nach Zustimmung war es möglich, den Teilnehmerkreis um weitere Personen zu ergänzen. Pandemiebedingt fanden auch Spielanalysen im Online-Format statt. Ergänzend wurde Spielerinnen und Spielern auch unabhängig von den spielerzentrierten Besprechungen Videomaterial zu den Themen aus Tab. 1 in Verbindung mit Möglichkeiten zum Coaching bzw. zur Reflexion zur Verfügung gestellt.

Tab. 1: Themenstruktur der videobasierten Interventionen.

Individuelle Weiterentwicklung	Nutzung von Material aus der Videodatenbank und vorhandener Spielanalysen <ul style="list-style-type: none"> • als Basis für mentales Technik- und Taktiktraining • als Reflexionsbasis für den eigenen Umgang mit Fehlern sowie der Körpersprache in verschiedenen Spielphasen • zur aktiven Beeinflussung motivationaler und volitionaler Faktoren sowie der Selbstwirksamkeitserwartung im Rahmen der Wettkampfvorbereitung
Beziehung /Coaching	Nutzung von Material aus der Videodatenbank zur Analyse und Reflexion der Interaktion bzw. des Coachings während eines Matches, insbesondere in Pausen und Spielunterbrechungen
Coach-the-Coach	Nutzung von Material aus der Videodatenbank <ul style="list-style-type: none"> • zur Sensibilisierung für sportpsychologisch relevante Aspekte des Spielverlaufs und der Betreuung • als Reflexionsbasis bzgl. des Trainerverhaltens (z. B. verbale Kommunikation, Körpersprache, emotionaler Ausdruck)

3 Ergebnisse und Evaluation

Von den Maßnahmen profitierten insgesamt acht Teilnehmerinnen und Teilnehmer an den Paralympics sowie das zugehörige sechsköpfige Team der betreuenden Personen. Im Vorfeld der Paralympics waren phasenweise weitere Spielerinnen und Spieler bzw. Mitglieder des Staffs des Nachwuchskaders involviert.

Eine quantitative Evaluation der Maßnahmen erfolgte auf Basis des Inventars „Qualitätssicherung 17“ (QS17; Kleinert & Ohlert, 2014a, 2014b). Aus den darin enthaltenen Skalen ergab sich eine ausreichende inhaltliche Schnittmenge sowohl in Richtung Krisenmanagement als auch in Richtung videobasierter Interventionen. Die Qualität der Betreuung wurde durch die an der Befragung teilnehmenden Personen ($n = 12$) im Mittel mit 3.76 ($SD = 0.25$) bewertet¹. Die Einschätzung, dass relevante Fähigkeiten und Fertigkeiten verbessert werden konnten, lag bei $M = 3.42$ ($SD = 0.72$). Positive Auswirkungen auf persönliches Wohlbefinden und Wettkampfleistung wurden mit $M = 3.67$ ($SD = 0.82$) bewertet.

Die Wahrnehmung der videobasierten Intervention wurde in zwei weiteren, nicht validierten, Items abgefragt. Die daraus generierte separate Skala wurde mit $M = 3.54$ ($SD = 0.69$) bewertet. Bei einer differenzierten Betrachtung fällt auf, dass Trainerinnen und Trainer ($M = 4.00$, $SD = 0.63$) signifikant mehr von den Angeboten profitieren konnten als Spielerinnen und Spieler ($M = 3.08$, $SD = 0.37$) (Mann-Whitney $U = 3.50$, $n_1 = n_2 = 6$, $p < 0.05$).

Ergänzend zu den quantitativen Daten wurden Kommentarfelder im Evaluationsbogen sowie das Debriefing nach den Paralympics qualitativ ausgewertet. Hier zeigte sich, dass der erlebte individuelle Nutzen durchgängig vorhanden war, aber dass sich die jeweiligen Prioritäten der Beteiligten deutlich unterscheiden haben. Während das Gros die stabilisierende und absichernde Wirkung des Krisenmanagements für wichtig erachtet hatte, betonten manche auch den Nutzen der eng verzahnten, nicht zuletzt videobasierten Abstimmung zwischen Trainern, Spielanalysten und Sportpsychologen für eine möglichst optimale Vorbereitung des Turniers.

Die letztgenannte Gruppe äußerte auch den Wunsch, solche Maßnahmen weiter auszubauen bzw. systematisch weiterzuführen.

4 Diskussion

An dieser Stelle soll noch einmal darauf hingewiesen werden, dass die Schwerpunktsetzung des Projekts erst nach Projektbeginn thematisch erweitert wurde. Die nachträgliche inhaltliche Zweiteilung kann als ein Spiegelbild der pandemiebedingten Gesamtsituation betrachtet werden. Der Balanceakt zwischen Krisenintervention (Abfedern der Auswirkungen der Pandemie) und Normalität (optimale Vorbereitung auf Paralympics) erforderte von allen Beteiligten sowohl die Bereitschaft als auch die Fähigkeit, zusätzliche Energie und Mittel aufzuwenden. Rückblickend darf gesagt werden, dass dies im Gesamtblick zur Zufriedenheit aller Beteiligten gelungen ist. Auch wenn sich kein Kausalzusammenhang herstellen lässt, darf zumindest vermutet werden, dass dieses Projekt unterstützend zur Vorbereitung des Erfolgs des deutschen Tischtennisteamts samt überaus erfolgreicher Medaillenbilanz bei den Paralympics in Tokyo beigetragen hat. Im Umkehrschluss soll aus wissenschafts-methodischer Sicht zu den hier aufgeführten Ergebnissen kritisch angemerkt werden, dass der statistisch belegte positive Blick auf die durchgeführten sportpsychologischen Maßnahmen einem Bias aufgrund des Erfolgs des deutschen Teams unterliegen könnte.

Trotz der guten Resonanz ist auch Verbesserungspotenzial ersichtlich. Insbesondere die unterschiedlichen Evaluationsergebnisse bei Spielenden und Betreuenden zeigen Anpassungsmöglichkeiten auf. So sollte bei weiteren Maßnahmen mit videobasierten Schwerpunkten entweder der Fokus in der Planung direkt auf die Trainerinnen und Trainer gerichtet werden oder die Vorgehensweise mehr an den offensichtlich anders gelagerten Bedarf der Spielerinnen und Spieler angepasst werden. Weiterhin erwies es sich als äußerst wertvoll, dem Krisenmanagement hier einen explizit eigenen Raum geben zu können. Während das Handling von Krisen in der Praxis des Leistungssports häufig nebenbei laufen muss, konnte im Projektkontext bei Bedarf deutlich professioneller gehandelt werden.

¹Skala: 1 „trifft gar nicht zu“ bis 5 „trifft voll zu“.

Um das zu ermöglichen, war nicht nur die Bereitschaft des BISp erforderlich, den nachträglich integrierten Schwerpunkt zu fördern, sondern auch die Bereitschaft der sportlich verantwortlichen Bundestrainer unter der Führung von Volker Ziegler, Platz für notwendige Maßnahmen zu schaffen – teilweise auch auf Kosten von Trainingszeiten. Im Rückblick spricht vieles dafür, dass die Beteiligten davon profitieren konnten, und zwar nicht nur auf der Ebene einer erfolgreichen Medaillenbilanz.

5 Literatur

- Beckmann, J., & Elbe, A.-M. (2008). *Praxis der Sportpsychologie im Wettkampf- und Leistungssport*. Spitta.
- Caplan, G. (1964). *Principles of Preventive Psychiatry*. Basic Books.
- Conzelmann, A., Hänsel, F., & Höner, O. (2013). Individuum und Handeln – Sportpsychologie. In A. Güllich & M. Krüger (Hrsg.), *Sport* (S. 269-335). Springer.
- Eberspächer, H. (2012). *Mentales Training. Das Handbuch für Trainer und Sportler* (8. Auflage). Copress.
- Fröhlich-Gildhoff, K., & Rönna-Böse, M. (2011). *Resilienz*. Reinhardt.
- Hermann, H.-D., & Leber, T. (2010). Leistungsoptimierung im Kopf – Sportpsychologische Trainingstechniken zur Verbesserung leistungsrelevanter kognitiver Fertigkeiten. In H. Lange & L. Nordmann (Hrsg.), *Spitzensport. Training – Ethik – Trainerbildung* (S. 97-112). Cuvillier.
- Kleinert, J., & Ohlert, J. (2014a). Ergebnisqualität in der sportpsychologischen Beratung und Betreuung. Konstruktion und erste Ergebnisse des Befragungsinventars QS17. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 21(1), 13-22.
- Kleinert, J., & Ohlert, J. (2014b). QS17 – Qualitätssicherung 17 (Befragungsinventar zur Erfassung der Betreuungsqualität). *Tests Info*.
- Lames, M., Fuchs, M., & Wenninge, S. (2018). Wettkampfdiagnostik im Tischtennis. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISP-Jahrbuch Forschungsförderung 2016/17* (S. 85-92). Sportverlag Strauß.
- Link, D., Fuchs, M., & Ziegler, V. (2018). Spielanalyse Paratistennis. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISP-Jahrbuch Forschungsförderung 2017/18* (S. 95-97). Sportverlag Strauß.
- Nitsch, J. R. (2004). Handlungstheoretische Grundlagen in der Sportpsychologie. In H. Gabler, J. R. Nitsch, & R. Singer (Hrsg.), *Einführung in die Sportpsychologie. Teil 1: Grundthemen* (4. Aufl., S. 43-164). Hogrefe.
- Noeker, M., & Petermann, F. (2008). Resilienz: Funktionale Adaptation an widrige Umgebungsbedingungen. *Zeitschrift für Psychiatrie, Psychologie und Psychotherapie*, 56, 255-263.
- Staehr, J. K. (1998). The use of well-being measures in primary health care – the DepCare project. *World Health Organization, Regional Office for Europe: Well-Being Measures in Primary Health Care – the DepCare Project*. Geneva: World Health Organization.
- Wustmann, C. (2009). Die Erkenntnisse der Resilienzforschung – Beziehungserfahrungen und Ressourcenaufbau. *Psychotherapie Forum*, 17, 71-78.

Transfer Hockey-spezifische metabolische Beanspruchung, Metabolic Power und Energieumsatz

(AZ 071603/20-21)

Robin Schäfer, Jan Venzke & Petra Platen (Projektleitung)

Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Sportwissenschaft

1 Problem

Hockey ist ein hochgradig intermittierender Mannschaftssport mit schnellen Übergängen zwischen Angriffs- und Verteidigungsphasen (Polglaze et al., 2018). Um die Trainingsvorgaben zu verbessern, ist es wichtig, die physischen Anforderungen auf dem Spielfeld und die technisch-taktischen Aktionen zu verstehen (Polglaze et al., 2018). Unter anderem unterscheiden sich die körperlichen Anforderungen auf dem Spielfeld zwischen Spielern, die auf verschiedenen taktischen Positionen spielen (Polglaze et al., 2018).

Um den Umfang und die Intensität von intermittierenden Sportspielen zu erfassen, reicht es nicht aus, die Distanz/Geschwindigkeit zu bewerten. Da Beschleunigungen und Entschleunigungen selbst bei submaximaler Geschwindigkeit physiologisch relevant sind (Akenhead et al., 2014), kann die Geschwindigkeit allein nicht für die Intensität stehen. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass Beschleunigungen und Abbremsungen bei Mannschaftssportarten das energetisch anspruchsvollste Element darstellen und direkt zu den Energiekosten beitragen (Polglaze et al., 2018).

Die Bewertung der metabolischen Leistung, die sich aus dem Produkt der Energiekosten des Laufens und der Laufgeschwindigkeit selbst ergibt, kann daher von großer Bedeutung sein (Momentanwerte oder Zeitverläufe) (Osgnach & Di Prampero, 2018). Noch schlüssiger ist, dass Handball aus mehreren Richtungswechseln und Übergängen zwischen Episoden hoher und niedriger Intensität besteht, sodass die metabolische Leistung einen genaueren Ansatz zur Beschreibung der Intensität im Handballspiel liefert als Geschwindigkeit und/oder Beschleunigung allein.

Übergreifendes Ziel des Projektes war die Weiterentwicklung und Individualisierung der Metabolic Power Analyse für die Sportart Feldhockey, gepaart mit einer Implementierung des Konzeptes für das Monitoring der Belastungen in Trainings- und Wettkampfphasen sowie das Nutzen der Ergebnisse zur Optimierung der Trainings- und Belastungssteuerung.

2 Methode

Zielgruppe des Transferprojektes waren die erweiterten Feldhockey Olympia-Kader der Damen und Herren. Eingeschlossene Belastungs-, Trainings- und Turnierphasen waren die Olympiavorbereitung, das Olympische Turnier, die Europameisterschafts-Vorbereitung und die Europameisterschaft 2021.

Durch das vorangegangene BISp-Projekt konnten bereits vorhandene Auswerterroutinen genutzt werden, um dem Trainerteam kurzfristig Belastungsdaten zur Verfügung zu stellen, die bereits für die Trainingssteuerung genutzt werden konnten. Somit wurden anfangs die Bewegungsdaten und Herzfrequenzen aus der Polar Cloud noch händisch extrahiert. Dies soll im Laufe des Projektes automatisiert werden.

Für die allgemeine Trainingssteuerung mit Metabolic Power Daten liegen bislang wenig Studien im Fußball (Gaudino et al., 2013) bis keine Studien im Feldhockey vor. So sollen die regelmäßig erhobenen Daten der Trainings- und Wettkampfphasen mit leistungsphysiologischen Tests in Verbindung gebracht werden, die der Deutsche Hockey Bund (DHB) in regelmäßigen Abständen durchführt. Dies soll dazu dienen, dass Kenntnisse in der Arbeit mit Metabolic Power gewonnen werden und diese weiterhin nach Präferenzen des Trainerteams ausgebaut

werden. So sollen Auswerteprofile pro Spieler oder Spielerin angelegt werden, um einen individuellen Verlauf zu kennzeichnen, aber diese auch nach Positionsgruppen aufgeteilt werden. Somit ist für den Projektverlauf ein ständiger Austausch mit dem Trainerteam vorgesehen, das selbst stetig Positions- und Herzfrequenzdaten in den zuständigen Clouds zur Verfügung stellt und wiederholt leistungsphysiologische Tests durchführt. Das wissenschaftliche Team wertet diese Daten aus, erhebt individuelle Schwellenparameter für Internal und External Load, stellt die Ergebnisse dem Trainerteam in gewünschter Form zur Verfügung und entwickelt eine softwarebasierte Auswerte-Routine zur späteren Nutzung durch das Trainerteam.

3 Ergebnisse

Das Hauptergebnis dieses Projekts ist eine Desktop-App, mit der automatisiert Positions- und Herzfrequenzdaten heruntergeladen, verarbeitet und Reports erstellt werden können.

Weitere Ergebnisse des Projekts sind teilweise in die App-Entwicklung eingeflossen:

- Funktionen für zahlreiche zusammenfassende Parameter
- Individualisierte Loadparameter (TRIMP und anaerober Index)
- Sauerstoffaufnahme-Simulation anhand des Metabolic-Power Ansatzes
- Entwicklung eines Machine Learning Modells zur Bestimmung der Netto-Spielzeit.

3.1 Die App

Die entwickelten Matlab-Routinen und die daraus entwickelte App sind frei verfügbar. Der Workflow kann in drei Schritte unterteilt werden: Download, Datenverarbeitung und Reporterstellung.



Abb. 1: Matlab-App zum automatisierten Download, Auswertung von Positionsdaten (Polar & Kinexon) und Reporterstellung

3.1.1 Download & Daten

Momentan wird der manuelle Download (CSV, XLS) von Polar und Kinexon Dateien unterstützt sowie der automatisierte Download über die API von Polar Team Pro. Für die Nutzung des automatisierten Downloads ist eine Registrierung notwendig. Die Log-In-Daten (client id, client secret) gibt man anschließend im Programm ein. Danach können beliebig viele Einheiten bequem heruntergeladen werden.

3.1.2 Datenverarbeitung

Die Verarbeitung der Daten mehrerer Einheiten kann ebenfalls durch Mehrfachauswahl mit der Strg-Taste eingeleitet werden. Die Verarbeitung der Daten ist flexibel anpassbar, so kann die entsprechende Funktion („feature_calc“) im Quellcode angepasst werden um neue Trainingsparameter zu berechnen. Die Auswertung von Spielphasen und individuellen Werten je Spieler bzw. Spielerin wird hierbei unterstützt. Im Prototyp können die Daten im Bezug zum Spielfeld gesetzt werden, was den Einsatz des entwickelten Netto-Spielzeitmodells erlauben würde.

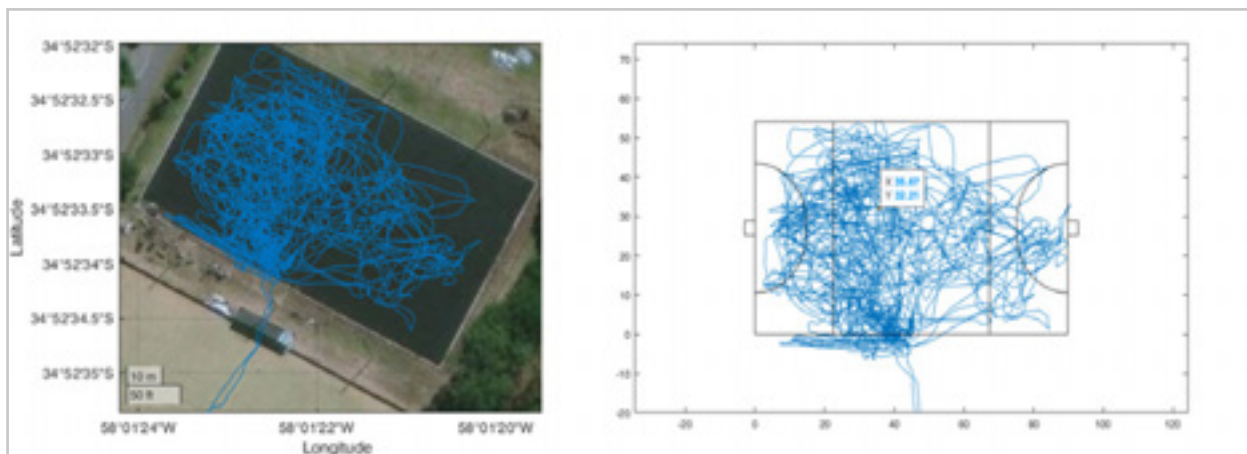


Abb. 2: Lineare Transformation von Längen- und Breitengraden in x-/y-Koordinaten im Bezug zum Spielfeld

3.1.3 Reporterstellung

Der Report für eine einzelne Einheit kann in Bezug zu einer beliebigen Anzahl und Auswahl vorheriger Einheiten gesetzt werden. Im Report wird dementsprechend der Verlauf verschiedener Parameter und ein Vergleich standardisierter oder prozentualer Werte dargestellt. Als output wird eine PDF-Datei generiert.

3.2 Parameter

3.2.1 Individualisierte Loads

Anhand von Laktat-Stufen-Tests mit Spirometrie wurden individuelle Parameter in der Datenauswertung genutzt: Metabolic Power bei 4mmol (zur Berechnung des anaeroben Index), TRIMP-Koeffizienten und die Laufökonomie.

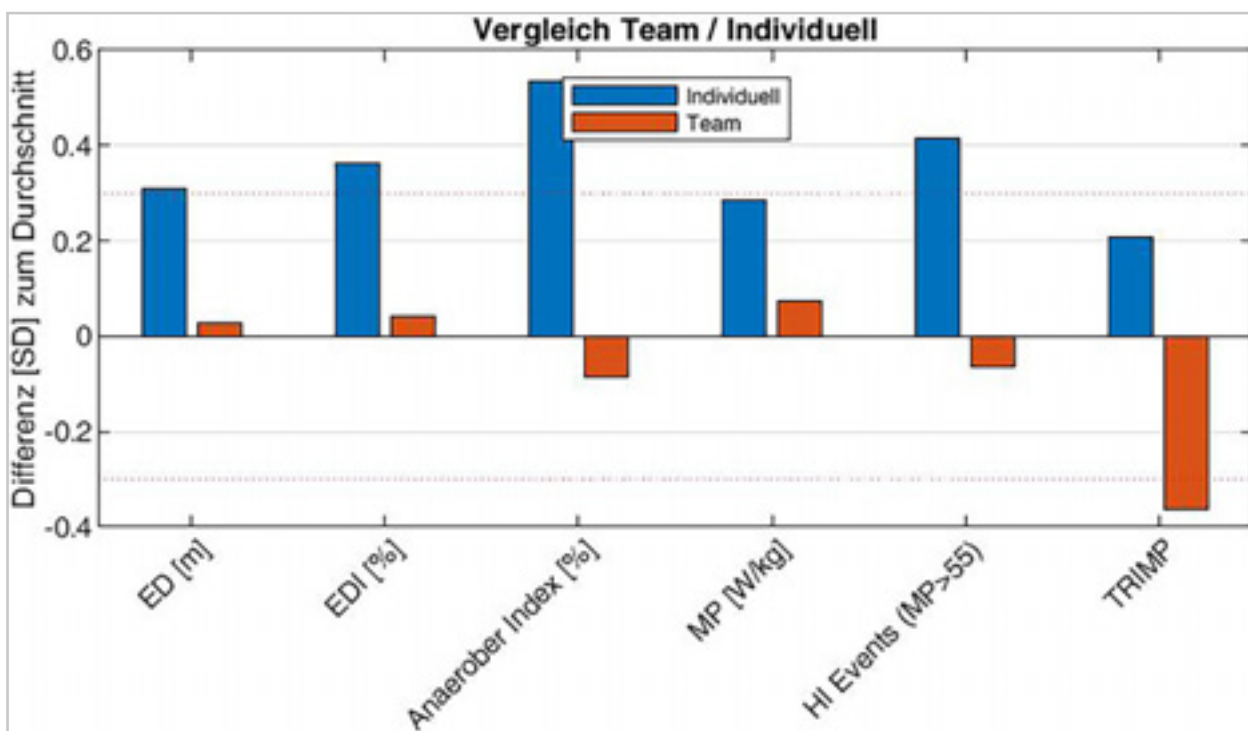


Abb. 3: Vergleich berechneter Parameter zwischen Individuum und Team

Der anaerobe Index ist der Quotient aus Energie über einer Schwelle (hier: Metabolic Power bei 4 mmol) geteilt durch die Gesamtenergie und kann somit näherungsweise zur Einschätzung des anaeroben Stoffwechsels genutzt werden.

Der Herzfrequenz-Load TRIMP basiert auf einem exponentiellen Fitting der Laktat-Herzfrequenz-Kurve. Die Koeffizienten der Gleichung werden benutzt, um den Load-Parameter einer Einheit anhand der Trainingsfrequenz zu bestimmen. Eine Individualisierung gestaltete sich schwierig wegen der wenigen Messpunkte (beendete Stufen im Stufentest je Spieler) schwierig, daher wurde eine gewichtete Regressionsanalyse eingesetzt um teilindividualisierte Koeffizienten, die näher am Gruppenmittelwert liegen, zu erhalten.

Die Laufökonomie wurde ebenfalls während des Stufentests erhoben und in die Metabolic-Power-Gleichung eingesetzt.

3.2.2 Simulierte $\dot{V}O_2$

Um die aerobe Belastung zu erfassen, wurde die Metabolic Power mithilfe einer Einheitsumrechnung von W/kg zu $\dot{V}O_2$ in ml/min/kg und

einer exponentiellen Formel berechnet. Diese simulierte Sauerstoffaufnahme wurde für die gesamte Einheit oder für verschiedene Phasen der Spiele dargestellt. Im folgenden Diagramm wird sie anhand einer Farbskala im Verlauf pro Spieler bzw. Spielerin dargestellt. Ebenso werden kurze, hochintensive Aktionen dargestellt. So können anaerob laktazide (hohe $\dot{V}O_2$ ggf. mit Sprints) und konstante (gleichbleibende $\dot{V}O_2$) vs. intermittierende (wechselhafte $\dot{V}O_2$) Belastungen differenzieren. Zudem können intensive Spielphasen oder individuelle Spielerprofile qualitativ beurteilt werden.

3.2.3 Nettospielzeitmodelle

Um die Intensitätsparameter während eines Spiels korrekt zu ermitteln, wurden Nettospielzeitmodelle mithilfe von Machine Learning Methoden entwickelt. Ziel der Untersuchung war es, anhand der von Polar erhobenen Parameter (z. B. Geschwindigkeit, Herzfrequenz) und den selbst erhobenen Spielphasen (Viertelzeiten) akkurat die Bank-/Netto-Spielzeiten individuell vorherzusagen. Random Forest und KNN (k-nearest neighbour) erreichten die höchste

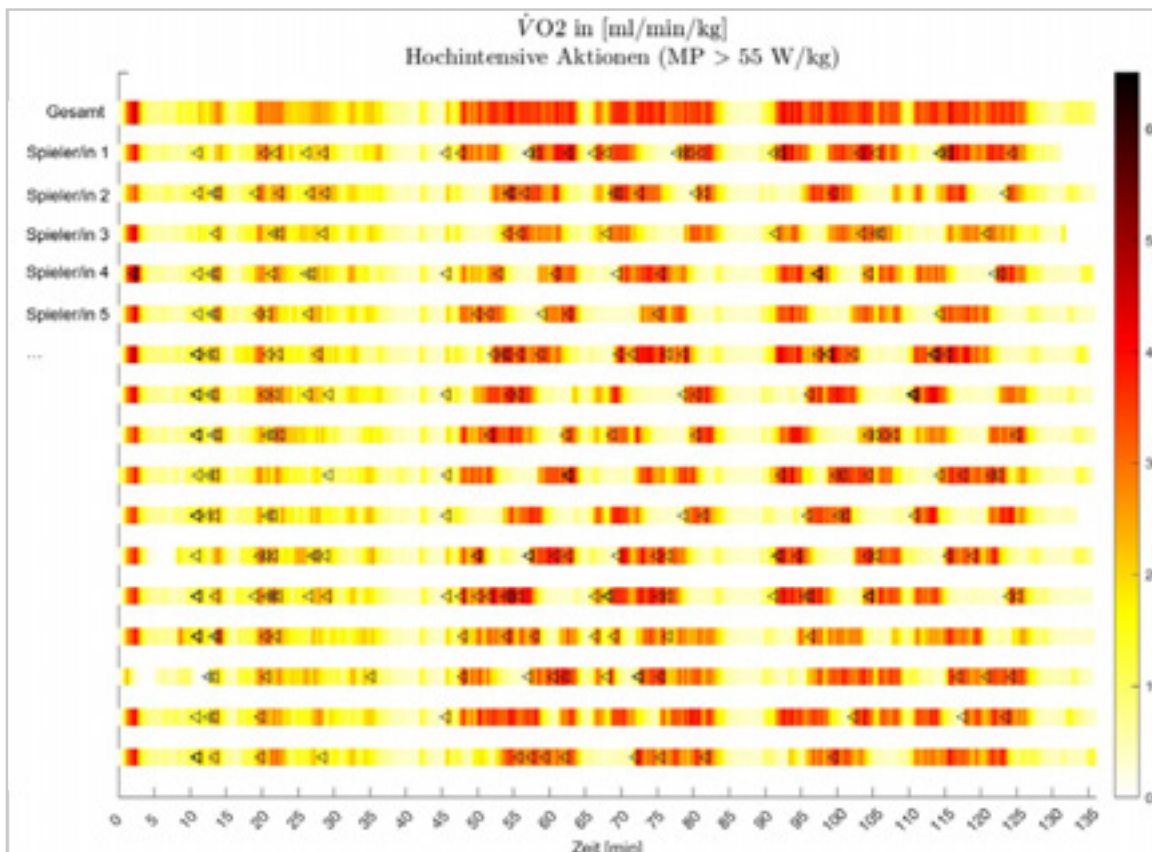


Abb. 4: Überblick der hochintensiven Aktionen bei einer MP > 55 W/kg

Leistung bei der Vorhersage der Spielzeit mit einer Validierungsgenauigkeit von mehr als 95 %. Zu untersuchen bleibt, welche Auswirkungen diese restliche Ungenauigkeit auf die zu erhebenden Parameter hat. Mit der Annahme eines geringen Einflusses ist demnach die Belastungsanalyse im Feldhockey unter Nutzung dieses Modells deutlich zu vereinfachen.

Durch die mehrmals im Jahr durchgeführten leistungsphysiologischen Tests wurde auf vereinfachte Art und Weise eine individuelle Metabolic Power Schwelle für jede Spielerin und jeden Spieler gefunden. Diese gilt es weiterhin zu validieren oder es in zukünftigen Projekten auf Basis der Publikation von Savoia et al. (2020) auf den Feldhockeysport zu spezifizieren.

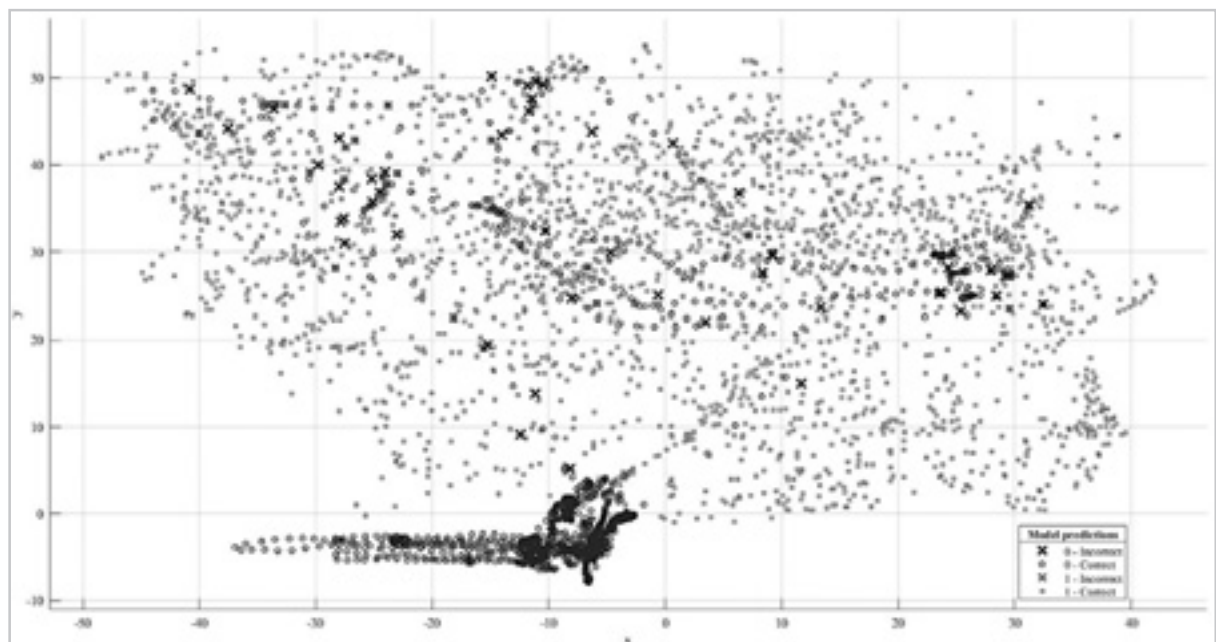


Abb. 5: Beispieldatensatz einer Athletin aus einem Spiel. X (schwarz) = falsch positiv; o (schwarz) = richtig positiv; X (grau) = falsch negativ, o (grau) = richtig negativ

Ausblick

Mit dem Projekt sollte ein verbesserter Austausch mit der Praxis stattfinden und durch einen einfachen Zugang zu komplexeren Datensätzen eine Verbesserung des Monitorings der Belastungen der Hockey Nationalmannschaften stattfinden. Dies konnte durch mehrere Meetings mit den Zuständigen und durch eine einfach zu bedienende Applikation realisiert werden.

Die Datenextraktion über die Polar-Cloud findet nun durch eine API-Schnittstelle statt, die verknüpft ist mit der Applikation. So können schneller mehrere Daten ausgelesen und die Analyse deutlich vereinfacht werden. Ebenso fanden Korrekturen der extrahierten Daten statt, und es wurde ein Algorithmus entwickelt für die automatische Bestimmung der Nettospielzeit, sodass rein die Belastungsdaten analysiert werden können.

Für den internal Load wurde mit dem individualisierten cTRIMP ein Parameter gefunden, der den Trainingsload akkurater darstellen kann. Die Applikation gibt den Coaches die Möglichkeit, jegliche Daten auf individueller Basis betrachten zu können, diese mit dem Teamschnitt zu vergleichen, aber auch mit vergangenen Daten der jeweiligen Athleten oder Athletin zu vergleichen und in Beziehung zu setzen. Vor Fertigstellung der Applikation wurden diese Daten händisch dem Trainerstab zugeschickt.

Für eine Weiterentwicklung des Projekts sollte weiterhin ein Austausch mit dem zuständigen Trainerteam stattfinden. Es sollte reflektiert werden, wie sehr die Erkenntnisse in die Trainingssteuerung einfließen und an welchen Stell-schrauben gedreht werden muss, damit eine stärkere Implementierung durchgeführt werden kann. Weiterhin müssten neue wissenschaftliche Erkenntnisse stetig in die Auswerteroutine einfließen, um diese fortlaufend zu optimieren.

4 Literatur

- Akenhead, R., French, D., Thompson, K. G., & Hayes, P. R. (2014). The acceleration dependent validity and reliability of 10 Hz GPS. *Journal of Science and Medicine in Sport, 17*, 562-566.
- Gaudino, P., Iaia, F. M., Alberti, G., Strudwick, A. J., Atkinson, G., & Gregson, W. (2013). Monitoring training in elite soccer players: systematic bias between running speed and metabolic power data. *International Journal of Sports Medicine, 34*, 963-968.
- Polglaze, T., Dawson, B., Butfield, A., & Peeling, P. (2018). Metabolic power and energy expenditure in an international men's hockey tournament. *Journal of Sports Sciences, 36*, 140-148.
- Osgnach, C., & di Prampero, P. E. (2018). Metabolic Power in Team Sports – Part 2: Aerobic and Anaerobic Energy Yields. *International Journal of Sports Medicine, 39*(8), 588-595.
- Savoia, C., Padulo, J., Colli, R., Marra, E., McRobert, A., Chester, N., Azzone, V., Pullinger, S. A., & Doran, D. A. (2020). The Validity of an Updated Metabolic Power Algorithm Based upon di Prampero's Theoretical Model in Elite Soccer Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17*(24), 9554.

ActionGuide für Wissenstransfer im Leistungssport

Entwicklung neuer Ansätze zum Wissenstransfer im Leistungssport am Beispiel des Krafttrainings im Nachwuchsleistungssport (KINGS 2.0)

(AZ 071611/20-21)

Lisa Knoche, Eckehard Moritz & Martin Strehler (Projektleitung)

Innovationsmanufaktur GmbH

1 Hintergrund und Zielsetzung

Die Erarbeitung von Wissen und Empfehlungen zur Verbesserung der Erfolgsvoraussetzungen im Leistungssport ist Inhalt vieler sportwissenschaftlicher Projekte. Wirksam werden diese jedoch erst, wenn sie bei Sportlerinnen und Sportlern und im Betreuungssystem ankommen und umfassend eingesetzt werden. Dieser Wissenstransfer scheint eine große Herausforderung darzustellen, denn in der Leistungssportpraxis halten sich hartnäckig diverse Trainingsmythen, über die Wissenschaft und informierte Trainerinnen und Trainer längst den Kopf schütteln. Prominentes Beispiel: „Mit Kindern macht man kein Krafttraining. Es bringt nichts und die Kinder verletzen sich nur.“ Es ist also dringend notwendig, die aktuellen Pfade der Wissensdissemination im Leistungssport zu hinterfragen.

Ziel des Projekts war, am Beispiel des KINGS 2.0 WVL-Projekts (Krafttraining im Nachwuchsleistungssport) aus Perspektive der Wissensanwender und -anwenderinnen innovative Ansätze zu entwickeln, wie neue Erkenntnisse und Empfehlungen aus dem Leistungssport vielfältig und treffsicher übermittelt werden können.

Dabei standen folgende Zielsetzungen im Vordergrund:

- › Analyse der Anforderungen und Erwartungen der Leistungssportpraxis an den Wissenstransfer

- › Entwicklung eines Konzepts zum Wissenstransfer einschließlich neuer Maßnahmen und Ansätze, die treffsicher die Zielgruppe der Aktiven, Trainerinnen bzw. Trainer und Betreuungskräfte adressieren
- › Experimentelle Pilotierung ausgewählter Maßnahmen
- › Zusammenstellung der Erkenntnisse im „ActionGuide“, einer Handlungsvorlage für künftige Projekte.

2 Vorgehen

Im Rahmen der Anforderungsanalyse wurden zunächst Recherchen über Wissenschaftskommunikation und das Informations- und Lernverhalten im Sport und bei jungen Menschen und eine Stakeholderbefragung durchgeführt. Befragt wurden 16 Sportlerinnen bzw. Sportler, Trainer bzw. Trainerinnen und Betreuungskräfte aus dem Leistungssport mittels eines halbstandardisierten Gesprächsleitfadens in viertel- bis einstündigen Interviews.

Inhalte der Befragung waren:

- › persönliches Informationsverhalten
- › Wünsche an den Wissenstransfer
- › Wissensvermittlung an jugendliche Athleten und Athletinnen.

Die Gesprächsergebnisse wurden anschließend qualitativ ausgewertet und bildeten die Grundlage für die Entwicklung eines Systembilds zum Wissenstransfer im Leistungssport.

Das analytische Vorgehen wurde durch ein systematisch-kreatives Vorgehen ergänzt, in dem u. a. mit Vertretern des KINGS-Konsortiums die Erfahrungen bisheriger Disseminationsmaßnahmen gesammelt und innovative Ideen für neue Maßnahmen entwickelt wurden. Ausgewählte Kommunikationsformate wurden jeweils in explorativen Events in einem geeigneten Kontext mit unterschiedlichen Sportarten und Verbänden getestet und mit den Beteiligten evaluiert.

Die analytischen und experimentellen Erkenntnisse wurden im „ActionGuide“ zusammengeführt. Dieses Dokument wurde in verschiedenen Entwicklungsstadien ausgewählten Stakeholdern aus Leistungssport-Praxis und -Forschung vorgestellt und im engen Austausch mit ihnen weiterentwickelt und fertiggestellt.

Das Projekt ActionGuide war ein Teamerfolg! Dank gilt den wissenschaftlichen Projektpartnern aus dem KINGS 2.0 WVL Projekt für ihre Unterstützung, den beteiligten Verbänden (Hessischer Turnverband, Deutscher Handballbund, Bob- und Schlittenverband für Deutschland, Bundesverband deutscher Gewichtheber, Deutscher Schützenbund) für ihre Mitwirkung sowie dem Bundesinstitut für Sportwissenschaft für die konstruktive Begleitung.

3 Anforderungsanalyse zum Wissenstransfer im Leistungssport

In einer Wissensgesellschaft darf die Schaffung von Wissen nicht mehr ohne die Kommunikation von Wissen gedacht werden. Verschiedene Facetten der Wissenschaftskommunikation sind Bestandteil des „Responsible Research and Innovation“ Ansatzes der Europäischen Kommission (Europäische Kommission, 2022), der die europäische Förderlandschaft prägt. Infolgedessen herrscht kein Mangel an Maßnahmenkatalogen, Büchern und Guidelines insbesondere für die Wissenschaft (z. B. Plattform Wissenschaftskommunikation.de der Wissenschaft im Dia-

log GmbH, 2022, Lettkemann et al., 2018). Diese geben zwar wertvolle Anregungen, gehen jedoch nicht auf die Besonderheiten des Leistungssports ein. Das Leistungssport-Umfeld in Deutschland ist hochorganisiert, Rollen und Verbandshierarchien sind über eine Vielzahl an Sportarten hinweg standardisiert. Die institutionelle Seite des Wissensmanagements im Leistungssport wird in entsprechenden Gremien und verbandsübergreifenden Projekten des organisierten Sports thematisiert (14. Sportbericht der Bundesregierung). In diesem Projekt stehen nicht die Institutionen, sondern die Anwender von Leistungssportwissen im Mittelpunkt. Dabei werden nicht nur Trainerinnen und Trainer, sondern auch die Athleten und Athletinnen berücksichtigt. Denn die Eigenverantwortung für den Trainingsprozess gemäß des Konzepts des selbstregulierten Lernens ist eine wichtige Kompetenz für Leistungssportlerinnen bzw. -sportler (McCardle et al., 2019), die Spitzen-athletinnen und -athleten von den anderen im Bereich des Leistungssports und Breitensports abhebt (Bartulovic, 2017). Insbesondere eine ausgeprägte Fähigkeit zu Selbstreflexion wird bereits bei jugendlichen Spitzethletinnen festgestellt (Jonker et al., 2010). Daher würde es den Athletinnen und Athleten nicht gerecht und an der Realität vorbeigehen, die Nutzung von Wissen und dessen Weitervermittlung gänzlich der Verantwortung der Trainer und Trainerinnen zuzuschreiben. Das junge Alter der zu einem großen Teil jugendlichen Zielgruppe der Leistungssportlerinnen bzw. -sportler und deren Informationsverhalten und Mediennutzung müssen jedoch berücksichtigt werden.

Vor dem Hintergrund dieser Besonderheiten im Leistungssport – dem hochorganisierten Umfeld, der Rolle der Athletinnen und Athleten in ihrer Beziehung zum Trainer bzw. der Trainerin und der teilweise jugendlichen Zielgruppe – vertiefen und konkretisieren die Erkenntnisse aus der Stakeholderbefragung die Anforderungen und Erwartungen an Wissenstransfer im Leistungssport:

- Die Welten der Wissenschaft und Leistungssport-Praxis sind nach wie vor nicht ausreichend verbunden. Erkenntnisse aus der Wissenschaft sind oft schwer direkt anwendbar in der Leistungssportpraxis,

da konkrete, praxisnahe Handlungsvorgaben fehlen. Insbesondere in der obersten Leistungsspitze wird ein Widerspruch wahrgenommen zwischen der in der Praxis gängigen Individualisierung der Trainingsmaßnahmen und dem Ziel der Verallgemeinerung der Erkenntnisse in wissenschaftlicher Forschung.

- Trainerinnen und Trainer haben als Vertrauenspersonen eine Schlüsselrolle als Wissensträger im Leistungssport und Wissensvermittler an Sportler und Sportlerinnen.
- Athletinnen und Athleten sind fokussiert auf ihr Trainingsprogramm, Wettbewerbe sowie ggf. Schule und Arbeit. Inwieweit sie sich mit theoretischen Hintergründen auseinandersetzen, hängt von der jeweiligen Persönlichkeit und dem Engagement der Trainer bzw. Trainerinnen ab. Tendenziell steigt die aktive Mitwirkung in der Trainingsgestaltung mit Alter und Leistungslevel. Ab einem Alter von ca. 15 Jahren kann vertiefter Input vermittelt werden.
- Traineraus- und -fortbildungen sind ein immens wichtiger Weg des Wissenstransfers in die Leistungssportpraxis. In der Breite bestimmen Bücher den aktuellen Stand der Trainingslehre, Impulse zu neuem Wissen entstehen hauptsächlich durch Gespräche im persönlichen Netzwerk.
- Social Media sind im Leistungssport eine wichtige Quelle für neue Inspiration und Szene-News; ebenso spielen Vorbilder eine große Rolle. Neue Impulse werden oft von Spitzensportlerinnen und -sportlern, die gleichzeitig große Strahlkraft und Glaubwürdigkeit haben, über Social Media in die Breite getragen. Junge Athleten bzw. Athletinnen werden auch stark von den besseren im Verein oder der Region beeinflusst, die nahbarer sind als die großen Idole.

- Den meisten Akteuren bzw. Akteurinnen im Leistungssport fehlen Zeit und Muße, sich mit wissenschaftlichen Beiträgen mit in der Wissenschaft etablierten Formaten auseinanderzusetzen. Sie wünschen sich kurze, für „Nicht-Wissenschaftler bzw. -Wissenschaftlerinnen“ übersetzte Inhalte in Text-, Video- oder Audioform. Erwachsenen ist die wissenschaftliche Fundierung wichtig. Für Kinder und Jugendliche steht dagegen die Unterhaltung im Vordergrund.
- Neue Beiträge aus Wissenschaft und Social Media stellen Empfänger vor das Problem der Qualitätsbewertung. Insbesondere Social Media Beiträge müssen kritisch hinterfragt werden.

Aus diesen Erkenntnissen können sechs Erfolgsfaktoren für Wissenstransfer im Leistungssport abgeleitet werden:

- › Zugänglichkeit des Wissens,
- › Anwendbarkeit der Inhalte,
- › Unterhaltungswert,
- › Vertrauenswürdigkeit der Quelle,
- › Vertiefungsangebot zur Information und
- › Dialog auf Augenhöhe.

4 Entwicklung eines Systembilds für Wissenstransfer

Das Systembild Wissenstransfer (Abb. 1) greift die Erkenntnisse der Anforderungsanalyse auf, indem es Wege der Wissenskommunikation aufzeigt, Agierende in Bezug setzt und die Bedeutung der Netzwerkeffekte im Wissenstransfer verdeutlicht. Wichtig ist, dass Wissensdissemination nicht als Einbahnstraße verstanden werden darf, sondern als Austausch auf Augenhöhe gestaltet werden sollte.

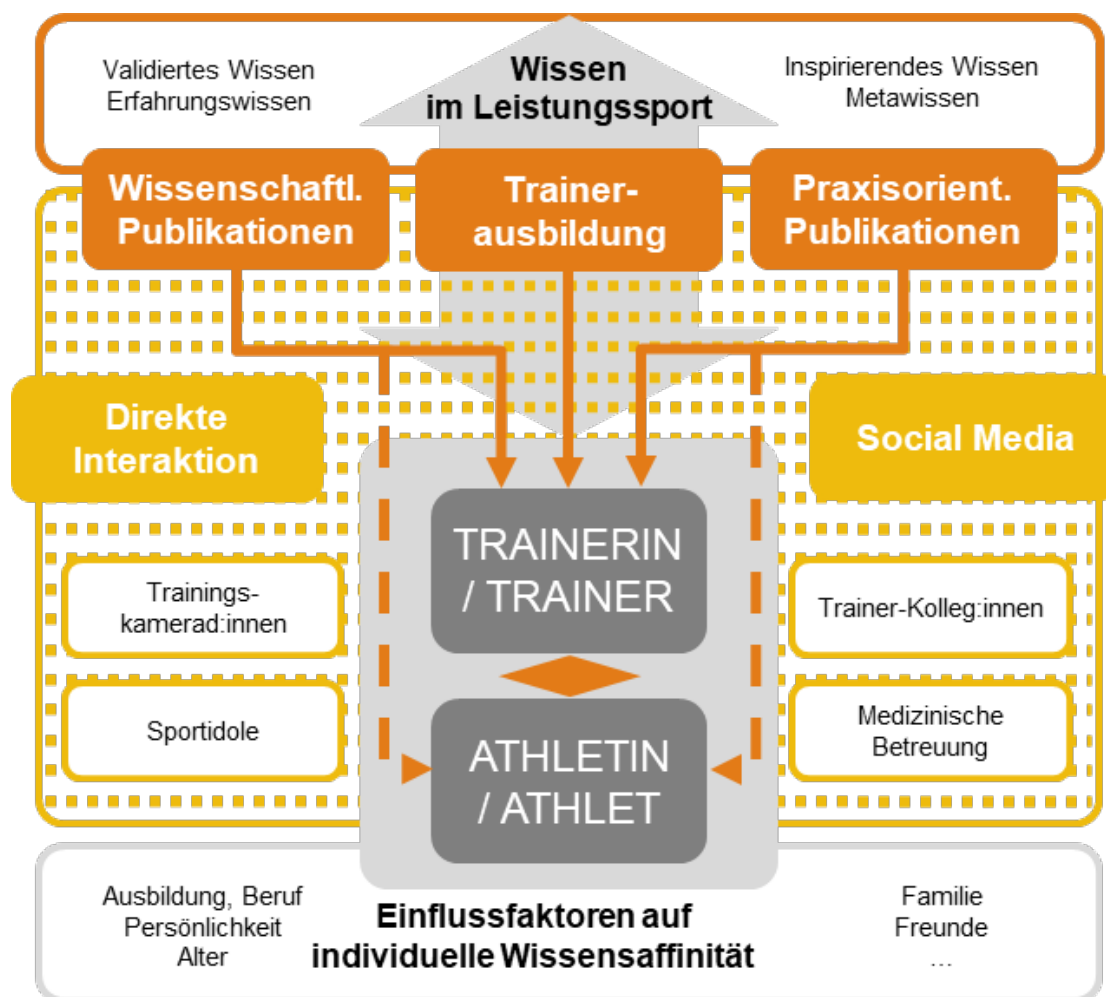


Abb.1: Systembild Wissenstransfer

Die fünf Säulen des Wissenstransfers im Leistungssport, die in der Grafik in gelben und orangenen Boxen abgebildet sind, werden nachfolgend beschrieben. Eine ausführliche Erklärung sämtlicher Bestandteile des Systembild Wissenstransfers zusammen mit Maßnahmenvorschlägen ist im „ActionGuide für Wissenstransfer im Leistungssport“ (Innovationsmanufaktur, 2022) zu finden.

- (1) *Traineraus- und -fortbildungen.* Sie bilden das Wissensfundament für Trainee-rinnen und Trainer auf allen Leistungsebenen und legen nicht nur inhaltlich den State of the Art in der Leistungssport-Praxis fest, sondern prägen auch eine Kultur im Umgang mit Wissenschaft und neuen Impulsen.
- (2) *Wissenschaftliche Publikationen.* Auch wenn sie außerhalb der wissenschaftlichen Community selten systematisch

verfolgt werden, werden sie doch bei spezifischen Problemstellungen punktuell nachgefragt. Voraussetzung ist allerdings die Existenz, Zugänglichkeit und vor allem Kenntnis geeigneter Datenbanken.

- (3) *Praxisorientierte Publikationen.* Neben der Trainerausbildung diktieren nach wie vor Lehrwerke den Status Quo in den verschiedenen Disziplinen. Solange neue Erkenntnisse nicht Einzug in diese Standardwerke finden, können sie über andere Medien zugänglich gemacht werden. Entscheidend ist dabei die anwendungsnahe, unterhaltsame, leicht verständliche Aufbereitung der Inhalte. Neben textbasierten Formen wie Artikeln in Fachzeitschriften oder Blog-Einträgen bieten sich auch Videos und Podcasts an, um neue Erkenntnisse in der Praxis nutzbar zu machen.

- (4) *Social Media*. Unter „Social Media“ fassen wir Medien zusammen, die zu Interaktion einladen, Dialog anregen und digitale Vernetzung herstellen. Über Social Media können praxisorientierte und wissenschaftliche Publikationen aufgegriffen und aktiv in Netzwerke hineingespielt werden. Auf Twitter werden Meinungen und Informationen mit einem Fachpublikum geteilt, YouTube wird gerne für die Suche nach Trainingsanleitungen genutzt und Instagram dient der Inspiration und Vernetzung mit der Szene.
- (5) *Direkte Interaktion*. Die wohl wirksamsten Impulse zur Auseinandersetzung mit Neuem stammen aus dem persönlichen Netzwerk. Während Social Media die digitale Vernetzung abdecken, geht es bei direkter Interaktion um den persönlichen Kontakt auf Events oder in formellen und informellen Netzwerken. Je höher das Leistungslevel, desto besser sind Athleten und Athletinnen sowie Trainerinnen und Trainer in Strukturen eingebunden, die Wissensaustausch fördern.

Personen aus dem persönlichen Umfeld von Trainern bzw. Trainerinnen und Athletinnen bzw. Athleten wirken als Multiplikatoren und Katalysatoren bei der Aufnahme neuer Erkennt-

nisse. Sportidole, medizinische Betreuung, Trainerkolleginnen und -kollegen sowie Sportkameraden und -kameradinnen beschleunigen Netzwerkeffekte, die die Verbreitung von Wissen fördern und den Dialog zwischen allen Stakeholdern ermöglichen.

5 Experimentelle Tests Innovativer Kommunikationsformate

Aus den unzähligen Möglichkeiten an Einzelmaßnahmen für Wissenstransfer griffen wir einige Ideen heraus, die die Besonderheiten im Leistungssport aufgreifen, nicht oder kaum verbreitet sind und daher besonderen Mut in der Anwendung erfordern. Drei stellen wir hier vor:

5.1 Eye-Catcher mit Botschaft: Cartoons und Comics

Comics sind eine zunehmend beliebte Form der Wissenschaftskommunikation, denn sie verknüpfen die Kraft der Bilder mit der Präzision von Worten. Sie eignen sich für die Vermittlung grundlegender Botschaften an ein breites Publikum. Cartoons und Comics spielen mit Stereotypen, mit denen sich die Zielgruppen identifizieren oder die sie wiedererkennen können. Sie sind breit einsetzbar: in Präsentationen, in Social Media, auf Webseiten oder in Print-Publikationen (Abb. 2).



Abb. 2: Grafik zur KINGS-Studie (Bild: Guido Schlaich)

Ausgehend von der Kernbotschaft der KINGS-Studien, die mit dem Mythos aufräumt, Krafttraining bringe nichts bei Kindern im Allgemeinen und im Nachwuchsleistungssport im Spezifischen, wurden in Zusammenarbeit einem Designer drei Figuren entwickelt, auf denen die Cartoons oder Comics basieren sollten: die junge Athletin, den Trainer und die Wissenschaftlerin. Mit diesen drei Figuren wurden Szenen entwickelt, die die Kernbotschaften verdeutlichen (Beispiel Abb. 2).

Fazit ist, dass Comics im positiven Sinne gut als provokativer Eye Catcher wirken. Wichtig ist allerdings, die Grafiken mit Hintergrundinformationen zu verknüpfen, um auch die Begründungen hinter der Botschaft anzubieten. Allerdings sollten diese Verknüpfungen nicht zu wissenschaftlichen Artikeln führen, sondern zu praxisorientierten Aufbereitungen.

5.2 Spielerische Wissensvermittlung an Kinder und Jugendliche: Kinder-Kraftquiz:

Experimentierkästen und Was-Ist-Was-Bücher sind Klassiker im Kinderzimmer. Spielerisch kann man Kinder auch an sportwissenschaftliche Inhalte heranführen. Aus diesem Grund luden wir eine Mädchen-Turn-Leistungsgruppe (Alter 7-10) zu einem Kinder-Kraftquiz ein, das sich an die Idee der Kinder-Show „1, 2 oder 3“ anlehnte und Turnübungen einbaute. Die Kinder verstanden das Spiel sofort, fieberten bei den 10 vorbereiteten Fragen begeistert mit und freuten sich über ihre meist richtigen Antworten.

Fazit ist, dass sich das Quizformat gut eignet, um etwa ein Mal im Monat oder im Quartal Wissen zu Trainingsthemen der vergangenen Wochen abzufragen. Beim Turnen können insbesondere Fragen sinnvoll sein, die Krafttraining mit konkreten Verbesserungen bei Turnelementen in Zusammenhang bringen. Außerdem kann das Format auf andere Themen übertragen werden, z. B. auf Kampfrichter-Entscheidungen. Um das Spiel spannend zu halten, sollten die Übungen variiert werden. Mit ein wenig Kreativität lässt sich das Spiel beliebig an andere Sportarten anpassen und mit anderen Übungen verbinden.

Wichtig ist immer die Verknüpfung mit Erklärungen zu den richtigen Antworten.

5.3 Wissenschaftlich begleiteter Erfahrungsaustausch: Kraft trifft Präzision

An der Spitze wird es erfahrungsgemäß dünn. Auf der Suche nach neuen Trainingsanregungen sollte über die eigene Sportart hinausgeblickt und der Austausch mit anderen Sportarten gesucht werden. Beim interdisziplinären Erfahrung- und Wissensaustausch kann es sowohl um gemeinsame als auch um komplementäre Kompetenzen gehen. Dieser Ansatz ist nicht neu. Neu ist der Vorschlag, einen zielgerichteten Austausch zwischen zwei oder mehr Sportarten wissenschaftlich zu begleiten, um eine Brücke zwischen erfahrungs- und evidenzbasiertem Wissen zu schaffen. Wir testeten diese Idee im Rahmen eines Erfahrungsaustauschs zwischen Gewichtheben und Schießsport unter dem Motto „Kraft trifft Präzision“ zusammen mit aktiven Athleten bzw. Athletinnen, Trainerinnen und Trainern sowie und Vertreterinnen und Vertretern aus dem Leistungssport-Betreuungssystem, aus Wissenschaft und aus dem Kraftsport.

Fazit ist, dass das Erleben und Hineindenken in andere Sportarten und die Einbindung von Kompetenzen aus verschiedenen Bereichen des Sports und der Wissenschaft neue Denkanstöße gibt. Konkret wurde eine Aktualisierung und Ergänzung des bisherigen Leitfadens für Krafttraining im Schießsport angeregt und dessen Basis geschaffen. Wichtig für einen erfolgreichen Austausch ist die Planung und Moderation, um die verschiedenen Interessen angemessen zu berücksichtigen.

6 Der Action Guide: Guidelines und Impulse für höhere Wirksamkeit und mehr Kreativität in der Wissenskommunikation

In der Zusammenführung der analytischen und experimentellen Erkenntnisse entstand der „ActionGuide: Guidelines und Impulse für höhere Wirksamkeit und mehr Kreativität in der Wissenskommunikation“ (Innovationsmanufaktur GmbH, 2022). Das als interaktives PDF angebotene Dokument soll anregen, neue Wege zu gehen, um Wissen wirksam und nachhaltig in der Leistungssportpraxis zu verbreiten. Enthalten ist auch eine Checkliste für Wissenstransfer (Abb. 3).

Diese Checkliste fasst die wichtigsten Botschaften knapp zusammen und soll bei der Entwicklung von Wissenstransfer-Konzepten für Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsprojekten helfen.

Mit dem ActionGuide plädieren wir für konsequente Orientierung des Wissenstransfers an Trainer und Trainerinnen sowie Betreuerinnen und Betreuer, für Kreativität und Mut zu neuen, kreativen Maßnahmen und für Kooperation und Kollaboration. Denn die Verantwortung für Wissenstransfer liegt nicht allein bei denen, die Wissen produzieren. Schlüssel für eine erfolgreiche Wissenskommunikation im Leistungssport ist die effiziente Kooperation und Kollaboration der verschiedenen Akteure im Leistungssport.

Wir haben die Kernbotschaften, die wir verbreiten wollen, identifiziert und klar formuliert.

Wir kennen und verstehen die Endnutzer bzw. -nutzerinnen des generierten Wissens.

Wir haben die richtigen Organisationen und Personen ins Boot, geholt, um das Wissen in die Ausbildungsprogramme dieser Zielgruppe aufzunehmen.

Wir haben geeignete Medien für praxisorientierte Publikationen ausgewählt, die wir effizient bespielen können.

Wir haben Social-Media-Kanäle identifiziert, über die man die Endnutzerinnen bzw. -nutzer erreichen kann, und ein Konzept entwickelt, um diese zu nutzen.

Wir bauen eine digitale Präsenz auf, die Informationskanäle zusammenführt und als Visitenkarte des Projekts dient.

Wir haben eine Strategie, wie wir in den persönlichen Dialog mit der Praxis gehen und ein Netzwerk aufbauen.

Wir wissen, wie sich dieses Projekt in der Kommunikation von all den anderen abhebt, wie es wiedererkennbar wird, wie es überrascht und Freude macht.

Abb. 3 Checkliste für Wissenstransfer in Forschungsprojekten

7 Literatur

- Bartulovic, D., W. Young, B. W., & Baker, J. (2017). Self-regulated learning predicts skill group differences in developing athletes, *Psychology of Sport and Exercise*, 31, 61-69, <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2017.04.006>
- Deutscher Bundestag (2019): *14. Sportbericht der Bundesregierung*, Drucksache 19/9150.
- Europäische Kommission (2022). *Responsible Research and Innovation*, verfügbar unter: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/responsible-research-innovation>
- Innovationsmanufaktur GmbH (2022). *Action Guide – Guidelines und Impulse für höhere Wirksamkeit und mehr Kreativität in der Wissenskommunikation*, verfügbar unter: <https://innovationsmanufaktur.com/actionguide-fuer-wissenstransfer-im-leistungssport/>
- Jonker, L., Elferink-Gemser, M. T., & Visscher, C. (2010). Differences in self-regulatory skills among talented athletes: The significance of competitive level and type of sport, *Journal of Sports Sciences*, 28(8), 901-908, DOI: 10.1080/02640411003797157
- Lettkemann, E., Wilke, R., & Knoblauch, H. (2018). *Knowledge in Action. Neue Formen der Kommunikation in der Wissensgesellschaft*, Springer <https://citations.springernature.com/book?doi=10.1007/978-3-658-18337-0>
- McCardle, L., Bradley, W., Young, B. W., & Baker, J. (2019). Self-regulated learning and expertise development in sport: current status, challenges, and future opportunities, *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 12(1), 112-138, DOI: 10.1080/1750984X.2017.1381141
- Wissenschaft im Dialog gGmbH (2022). *WISSENSCHAFTSKOMMUNIKATION.DE*, verfügbar unter <https://www.wissenschaftskommunikation.de/>

Transferprojekt MiSpEx

Teilprojekt [P3]: Transfer eines Übungsmodulkatalogs zur Reduktion von Rückenschmerzen

(AZ 071612/20-21)

Frank Mayer

Universität Potsdam, Hochschulambulanz, Zentrum für Sportmedizin, Freizeit-, Gesundheits- und Leistungssport

1 Hintergrund

Als maßgebliche Faktoren für das initiale Auftreten und die Wiederkehr von Rückenschmerzen gelten neuromuskuläre und strukturelle Defizite, häufig begleitet von biopsychosozialen Faktoren (Hoy et al., 2010; Bailly et al., 2015; Kamper et al., 2015; Radebold et al., 2000). Insbesondere Situationen, die durch ein plötzliches Auftreten von hohen Lasten am Rumpf gekennzeichnet sind, konnten wiederholt mit der Entstehung und dem erneuten Auftreten von Rückenschmerzen in Verbindung gebracht werden (Radebold et al., 2000; Burton et al., 2006; Taylor et al., 2014). Folglich wird in der Therapie und Prävention von Rückenschmerzen ein Training der aktiven Kompensation von Belastungen des Rumpfes zum Erhalt bzw. zur Optimierung der Rumpfstabilität als zunehmend relevant angesehen (Borghuis et al., 2008; Sargiotto et al., 2016; Mayer et al., 2018). Im Rahmen des 8-jährigen Forschungsprojektes des MiSpEx-Netzwerks (Medicine in Spine Exercise) konnte das Paradigma des Trainings der aktiven Rumpfkompensation externer Lasten durch ein perturbationsgestütztes sensomotorisches Training erfolgreich belegt werden. Differenziert in die Adressatengruppen Spitzensport und Allgemeinbevölkerung konnte aufgezeigt werden, dass im Leistungssport eine Konzeptvermittlung des Perturbationsprogramms zur Einbindung in das sportartspezifische Training erfolgen sollte, für die Umsetzung in der Allgemeinbevölkerung die Anwendung in Form von strukturierten Übungsprogrammen am geeignetsten ist.

Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass auch in der Allgemeinbevölkerung ein breites Spektrum an kompensatorischen Anforderungen an unterschiedliche Personengruppen gestellt wird, sowohl im beruflichen als auch freizeitbezogenen Kontext. Neben tätigkeitsbezogenen psychosozialen und sozioökonomischen Faktoren sind insbesondere biomechanische Arbeitsbedingungen die wichtigsten Risikofaktoren für das Auftreten von Rückenbeschwerden (Arzneimittelkommission der Deutschen Ärzteschaft, 2007; Raspe, 2012; Hartvigsen et al., 2018; Ozguler et al., 2000). Spezifische Belastungen wie beispielsweise das Tragen und Heben schwerer Lasten, als auch Vibrationen und Arbeiten in ungünstigen Körperhaltungen konnten als besonders relevante berufsbedingte Risikofaktoren für das Auftreten von Rückenbeschwerden identifiziert werden (Raspe, 2012; Bethge, 2010; DGUV, 2010; Hartmann & Spallek, 2009).

Für den Transfer des perturbationsgestützten sensomotorischen Trainings in unterschiedliche Adressatengruppen stellt die Umsetzung einer Individualprävention und Therapie unter Berücksichtigung von physischen Belastungen des Berufs- und Alltagsumfeldes einen wichtigen Aspekt dar. Ziel des Transferprojektes war daher die weiterführende Differenzierung hinsichtlich der individuellen Wirksamkeit und des Anpassungsbedarfs zur Optimierung des perturbationsgestützten sensomotorischen Trainings und daraus resultierend die Erstellung eines transferierbaren, modularen Trainingsprogramms für Personengruppen mit unterschiedlichen physischen Belastungsprofilen.

2 Methode

Das Forschungsprojekt wurde aufgegliedert in zwei Projektphasen. In der ersten Phase erfolgten Re-Analysen bestehender Datensätze der im MiSpEx Forschungsverbund durchgeführten Studien. Analysiert wurden Interventionseffekte und Trainingscharakteristika der durchgeführten Trainingsprogramme, basierend auf einer Reihe von Cluster-Verfahren. Belastungsorientierte Cluster-Analysen ohne berufliche Zuordnung erfolgten auf dem Interventions-Datensatz von 1500 Testpersonen anhand der Angaben zur „Charakterisierung ihrer Haupttätigkeiten“ in drei Haupt-Clustern (aktiv/ passiv, mixed), sowie in weiter differenzierten Sub-Clustern hinsichtlich spezifischer Belastungsformen (schwere Lasten, häufiges Bücken, etc.). Belastungsorientierte Cluster-Analysen mit beruflicher Zuordnung erfolgten auf Datenbasis aller im Forschungsverbund durchgeführten multizentrischen Interventionsstudien (rund 2300 Personen). Hierbei basierte die Cluster-Bildung auf Definitionen der „Klassifizierung der Berufe“ (KldB) und darauf aufbauend auf der „Job Exposure Matrix“ (JEM, berufsübergreifende Abschätzung physischer Arbeitsanforderungen belastungshomogener Personengruppen).

In der zweiten Projektphase wurde, unter Einbezug der Erkenntnisse aus der ersten Projektphase, eine modulare Erweiterung der bestehenden Übungsauswahl erstellt. Aufbauend auf die Grundstruktur wurden zusätzliche Übungsvariationen eingegliedert, welche fokussiert und bedarfsangepasst entweder Kraft oder neuromuskuläre Kontrollfähigkeiten adressierten. Ziel dieser Erweiterung war es, modulare, individuell angepasste Übungsverläufe zu ermöglichen, ohne dabei die grundlegende und validierte Struktur des bisherigen Übungsprogramms zu verlassen. Insgesamt wurden 88 ergänzende Übungsvariationen unter Modifikation der zugrunde liegenden Basis-Übungen entwickelt und implementiert. Der fertige modulare Übungssatz wurde anschließend in Kleingruppen auf seine Durchführbarkeit untersucht.

3 Ergebnisse und Diskussion

Beruhend auf den tätigkeitsbezogenen, berufsunabhängigen Cluster-Analysen ließen sich keine Unterschiede in der Passfähigkeit und Wirksamkeit des MiSpEx-Rückenprogramms zwischen Personengruppen mit unterschiedlichen physischen Belastungs-Profilen belegen (Abb. 1). Auch die Untersuchungen zu Trainings-Compliance, Dropout-Verhalten und Trainingsparametern (u. a. Einstiegslevel, Levelsteigerung, Endlevel) zeigten keine Differenzen zwischen den gebildeten Sub-Gruppierungen. Ebenso zeigten Cluster-Verfahren beruhend auf Berufsangaben (KldB) keine Unterschiede in der Wirksamkeit und Passfähigkeit des Trainings aller erfassten Interventionskriterien in den durchgeführten Multi-Center-Interventionsstudien. Deskriptiv traten bei Differenzierung nach Expositionsprofilen (JEM) vereinzelt belastungs-expositions-abhängige Unterschiede in den untersuchten Haupt-Interventionseffekten auf. Die Variabilität der Daten bezeugte jedoch eine hohe Streuung innerhalb der gebildeten Expositionsprofile und erlaubte keine trennscharfe Belegung belastungsabhängiger Differenzierungen (Abb. 1).

Für die Umsetzung des Transfers in der zweiten Projektphase ergab sich daraus, dass für eine Anwendung des Trainingskonzepts in Personengruppen mit unterschiedlichen physischen Belastungsprofilen auf die validierte Grundstruktur des Trainingsprogramms (individuelles Einstiegslevel, progressiver Aufbau über 12 Schwierigkeits-Level) zurückgegriffen werden sollte. Zur Optimierung der Transferierbarkeit wurde darüber hinaus eine Erweiterung der bestehenden Trainingsprogramme entwickelt. Modulare, individuell angepasste Übungsverläufe wurden dabei durch Anpassungen der Kraft- oder sensomotorischen Anforderungskomponenten differenziert. Modifikationen zur Adressierung der sensomotorischen/neuromuskulären Fähigkeiten erfolgten hauptsächlich über Anpassungen der Stütz- und Auflage-Punkte innerhalb des Übungsaufbaus. Modifikationen der Kraftanforderungen wurden durch den Einsatz zusätzlicher oder erhöhter Lasten an den bewegungsausführenden Extremitäten realisiert (Abb. 2).

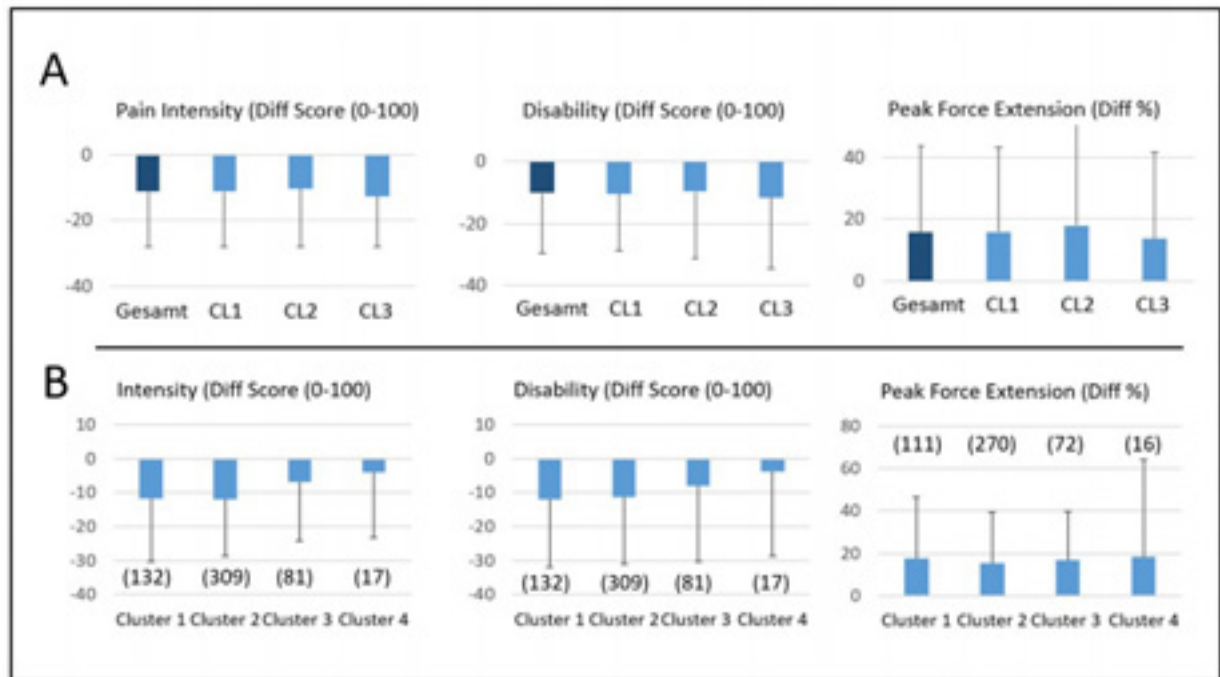


Abb. 1: Interventionseffekte (prä-post Vergleich) der Hauptausgangsgrößen Schmerzintensität, Beeinträchtigung und isokinetische Maximalkraft in Rumpf-Extension (Mittelwert ± Standardabweichungen)
A) Cluster-Definition nach „Haupttätigkeitsangaben (Gesamt: Gesamtstichprobe; CL1: ohne belastende Tätigkeiten, CL2: mit körperlich belastenden Tätigkeiten, CL3: gemischte Tätigkeiten)
B) Cluster-Definition nach „Physical Exposure Index“ der „Job Exposure Matrix-Definition (Cluster 1: Score 1 - 2; Cluster 2: Score 3-5; Cluster 3: Score 6-8, Cluster 4: Score 9 - 10; Gruppengröße angegeben in Klammern)

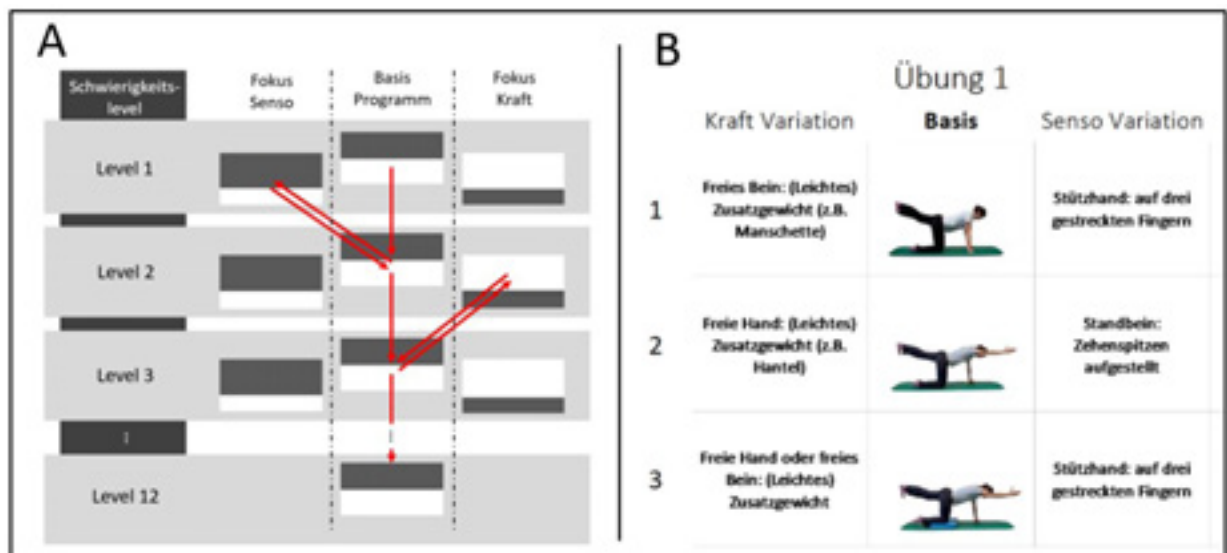


Abb. 2: Trainingsmodulation basierend auf individuellem Fähigkeitslevel und Progressionsverlauf
A) Schematischer Ablauf der Trainingsmodulation (Fokus Kraft und Fokus Sensomotorik)
B) Exemplarische Übungsvariationen für die Übungslevel 1 bis 3 der Übung 1

Zur Sicherstellung einer bestmöglichen Transferierbarkeit in verschiedene Trainings-Settings, vom eigenständig durchgeführten Heimtraining bis zu betrieblichen Gesundheitssportangeboten (mit variierender Ausstattungslage), kamen dabei einfache Trainings-/Hilfsmittel zum Einsatz. Im Rahmen der praktischen Überprüfungen der Übungsmodifikationen konnte gezeigt werden, dass trotz der teilweise nur geringfügigen Abwandlungen der Grundübungen, deutliche Effekte im Sinne einer Reiz-Variation bei den Übenden zu verzeichnen waren.

4 Relevanz für Praxis und Transfer

Das durchgeführte Transferprojekt konnte aufzeigen, dass das Paradigma des perturbationsgestützten sensomotorischen Trainings auf ein breites Spektrum an Personengruppen mit unterschiedlichen physischen Belastungsprofilen übertragbar ist. Aufbauend auf die im MiSpEx-Forschungsnetzwerk validierte Wirksamkeit in Populationen des Leistungssports als auch in der Allgemeinbevölkerung konnte die differenzierte Anwendbarkeit nach physischen Belastungsprofilen im beruflichen Kontext dargestellt werden.

Für den Transfer leitet sich daraus ab, dass für eine Anwendung des Trainingskonzepts für Personengruppen mit unterschiedlichen physischen Belastungsprofilen auf die validierte Grundstruktur des Trainingsprogramms zurückgegriffen werden sollte. Zur Optimierung der Transferierbarkeit wurde darüber hinaus eine Erweiterung der bestehenden Trainingsprogramme entwickelt. Resultierend daraus entstand ein auf Individualebene modulierbares Trainingsprogramm, welches die Grundstruktur und Übungsauswahl der validierten Übungsprogramme (4 Übungen, 12 Übungslevel, 3 Trainingseinheiten von jeweils ca. 25 Minuten; initial angeleitet, im Verlauf dann eigenständig als Home-Training fortgeführt) um einfache Übungs-Variationen zur gezielten Trainingsanpassung, differenziert nach Kraftfähigkeit und neuromuskulärer Kontrollfähigkeit, erweitert.

Das entstandene modulare Übungsprogramm bildet die Grundlage für langzeitliche Anwendungen und Überprüfungen unter realen Einsatzbedingungen in unterschiedlichen Settings der beruflichen Gesundheitsförderung.

5 Literatur

- Arzneimittelkommission der Deutschen Ärzteschaft (2007). Empfehlungen zur Therapie von Kreuzschmerzen. *Arzneiverordnung in der Praxis, Band 34, Sonderheft 2*.
- Bailly, F., Foltz, V., Rozenberg, S., Fautrel, B., & Gossec, L. (2015). The impact of chronic low back pain is partly related to loss of social role: A qualitative study. *Joint Bone Spine, 82*(6), 437-441.
doi:10.1016/j.jbspin.2015.02.019.
- Bethge, M. (2010). *Rückenschmerzpatienten. Psychosoziale arbeitsplatzbezogene Faktoren und berufliche Wiedereingliederung – eine Literaturübersicht, Orthopädie*. Springer.
- Borghuis, J., Hof, A. L., & Lemmink, K. a P. M. (2008). The importance of sensory-motor control in providing core stability: implications for measurement and training. *Sports Medicine, 38*, 893-916.
- Burton, A. K. et al. (2006). Chapter 2. European guidelines for prevention in low back pain : November 2004. *European Spine Journal, 15* Suppl 2, S136-68.
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V., (DGUV) (2010). *DGUV-Statistiken für die Praxis 2010. Aktuelle Zahlen und Zeitreihen aus der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung*.
- Hartmann, B., & Spallek, M. (2009). Arbeitsbezogene Muskel-Skelett-Erkrankungen. Eine Gegenstandsbestimmung. *Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Umweltmedizin* 423-436. Hoy, D., Brooks, P., Blyth, F., & Buchbinder, R. (2010). The Epidemiology of low back pain. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology, 24*, 769-81.

- Hartvigsen, J. et al. (2018). What low back pain is and why we need to pay attention. *Lancet*, 391, 2356-2367.
- Kamper, S. J. et al. (2015). Multidisciplinary biopsychosocial rehabilitation for chronic low back pain: Cochrane systematic review and meta-analysis. *BMJ* 350, h444.
- Mayer, F. et al. (2018). Medicine in Spine Exercise [MiSpEx] – a national research network to evaluate back pain. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, (7-8), 229-235.
- Ozguler, A., Leclerc, A., Landre, M. F., Pietri-Taleb, F., & Niedhammer, I. (2000). Individual and occupational determinants of low back pain according to various definitions of low back pain. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 54, 215-220.
- Radebold, A., Cholewicki, J., Panjabi, M. M., & Patel, T. C. (2000). Muscle response pattern to sudden trunk loading in healthy individuals and in patients with chronic low back pain. *Spine (Phila. Pa. 1976)*. 25, 947-54.
- Raspe, H. (2012). Rückenschmerzen. Gesundheitsberichterstattung des Bundes doi:10.1016/j.khinf.2010.03.002
- Saragiotto, B. T. et al. (2016). Motor control exercise for chronic non-specific low-back pain. The Cochrane Database of Systematic Reviews. CD012004.
- Taylor, J. B., Goode, A. P., George, S. Z., & Cook, C. E. (2014). Incidence and risk factors for first-time incident low back pain: A systematic review and meta-analysis. *Spine Journal*, 14, 2299-2319.

Charakterisierung und Kategorisierung von Belastungsmustern der Wirbelsäule im Spitzensport und bei Personengruppen mit unterschiedlichen Belastungsprofilen

(AZ 071617/20-21)

Robin Schäfer, Hendrik Schäfer & Petra Platen (Projektleitung)

Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Sportwissenschaft,
Lehrstuhl für Sportmedizin und Sporternährung

1 Einleitung

Die mechanische Belastung spielt eine bedeutende Rolle in der Entstehung von Rückenschmerzen und -verletzungen (Frymoyer et al., 1983; Marras et al., 1995; Hoogendoorn et al., 2000; Kelsey et al., 1984; Manchikanti, 2000; Thiese et al., 2014). Die Kenntnis der Belastungsgrößen, wie z. B. Kompressions- und Scherkräfte bei alltäglichen als auch Leistungssportlichen Belastungen ist daher bedeutsam, um Verletzungsrisiken und Präventionsmaßnahmen abzuleiten. Quantitative Angaben sind nur selten in der Literatur zu finden. Zudem sind in-vivo Messungen während sportlicher Bewegungen mit einem hohen Risiko verbunden und ethisch kaum zu rechtfertigen. Mithilfe mathematischer Modelle konnte in unseren bisherigen Parallelstudien eine gute Übereinstimmung mit den wenigen gemessenen Werten aus der Literatur gefunden werden (MiSpEx, 2019). Das Ergebnis wird ein umfassender, erweiterbarer Katalog von Belastungsmustern der Wirbelsäule.

In der Arbeitswelt ist die Prävention von muskuloskelettalen Erkrankungen von besonderer Bedeutung und seit 2013 ein Arbeitsschwerpunkt der Deutschen Gemeinsamen Arbeitsschutzstrategie (GDA). Einen großen nationalen Beitrag leisteten die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) und die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) in den letzten Jahren im Rahmen des

Gemeinschaftsprojektes „Mehrstufige Gefährdungsanalyse physischer Belastungen am Arbeitsplatz – MEGAPHYS“.

Durch das Projekt wurde das bestehende System der „Leitmerkmalmethoden“ weiterentwickelt und so um sechs neue Leitmerkmalmethoden erweitert (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2019). Die Leitmerkmalmethoden bestehen aus Beobachtungsbögen wiederholter Bewegungen, die eine Beurteilung der Arbeitsbelastung erlauben. Die Prüfung der Gütekriterien bewährte diese Methoden, in einigen Aspekten besteht aber noch weiterhin Entwicklungsbedarf (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2019). Die in den Leitmerkmalmethoden dargestellten Wichtungen sollen als Orientierung für die im Rahmen des zu erstellenden Atlas von Belastungsmustern der Wirbelsäule im Sport vorgesehenen Wichtungen dienen. Zudem könnte eine Verknüpfung der Leitmerkmalmethoden mit dem entstehenden Katalog der Wirbelsäulenbelastung in einer besseren Quantifizierbarkeit im Sinne von biomechanischen Messgrößen (wie z. B. Kompressions- und Scherkräften) resultieren.

Dieses Projekt beinhaltet die Sichtung aller durchgeführten MiSpEx-Studien und einer Literatur-Recherche zu Wirbelsäulenbelastungen, Bewegungshäufigkeiten und -dauer der Arbeits- und Sportwelt.

Ziele sind:

- › eine Erweiterung des bestehenden Katalogs von Wirbelsäulenbelastungen,
- › die Anwendung dieses Katalogs auf longitudinale Bewegungsbeobachtungen zur Beurteilung der akkumulierten Gesamtbelastung (proof-of-concept) und
- › die Erstellung von Risikoprofilen für Berufsgruppen hinsichtlich funktioneller Parameter anhand von Baseline-Daten von drei multizentrischen MiSpEx-Studien.

Das o. g. Regressionsmodell ist probabilistisch (Bayes) und wurde mit dem brms-Paket in R berechnet, was erlaubt die Unsicherheit der Schätzung auf Basis der zugrunde liegenden Daten mit einzubeziehen. Für eine einzelne Bewegung können so beliebig viele Werte aus der posterior'schen prädiktischen Verteilung (posterior predictive distribution) simuliert und daraus Prädiktionsintervalle (prediction intervals) generiert werden. Mehrere Bewegungen sollen anhand der simulierten Werte mit Histogrammen und Kerndichteschätzern („Kernels“) zusammengefasst werden und als Belastungsprofil interpretiert werden. So sollen u. a. verschiedene Bewegungsszenarien direkt miteinander verglichen werden.

2 Methodik

2.1 Studie 1: Erweiterung des Belastungskatalogs

Mithilfe mathematischer Modellierung wurden über 600 Messungen von mehr als 200 Probandinnen und Probanden analysiert. Auf Basis einer systematischen Recherche wurden die häufigsten sportspezifischen Bewegungen, durchgeführt von Athleten bzw. Athletinnen der jeweiligen Disziplin, als auch alltägliche Bewegungen (z. B., Stehen, Heben) untersucht. Zielwerte sind (standardisierte) Kompressionskraft und Drehmoment der lumbalen Wirbelsäule (L4/L5). Die Ergebnisse wurden für eine Publikation (Schäfer et al., 2022a) aufbereitet und interaktiv in einer Web-App (Schäfer et al., 2022b) visualisiert.

2.2 Studie 2: Anwendung des Belastungskatalogs

Um den Atlas auf langfristige Beobachtungen anzuwenden, wird ein gemischtes Regressionsmodell für alle bisher getesteten Aktivitäten genutzt. Zielparameter ist die körperrgewichtsnormalisierte Kompressionskraft in der Lendenwirbelsäule. Mit diesem Modell werden Schätzwerte für longitudinale, zunächst simulierte Bewegungsszenarien ermittelt.

2.3 Studie 3: Profilbildung

Für die Charakterisierung und Kategorisierung von Belastungsprofilen wurde auf die im MiSpEx Projekt durchgeführten multizentrischen Interventionsstudien zurückgegriffen. Die Datensätze enthalten überwiegend Informationen über die ausgeübten Berufe der Testpersonen im Freitext-Format. Diesen Freitextangaben wurden KldB-Nummern („Klassifizierung der Berufe“) zugeordnet. Diese standardisierte und anerkannte Klassifizierung beinhaltet eine vielschichtige Klassifizierung von Berufen und Berufsgruppen. Die Zuteilung erfolgte über die vierte KldB-Ebene. Die KldB-Nummern wurden den sogenannten Job-Exposure-Matrizen (JEM) zugeordnet, wodurch indirekt die physische Belastung durch den Subparameter OPI (Overall Physical Exposure) beurteilt werden kann (Meyer & Siefer, 2021; Kroll, 2016). Die Diagnostikparameter (Sprunghöhe (CMJ), Stabilisationsweg (COP), Rumpfkraft, Schmerz & Beeinträchtigung, BMI) wurden innerhalb der Studien standardisiert (Z-Score) und in Abhängigkeit des OPI's mit Radar Plots dargestellt. Weiterhin wurde der Einfluss der physischen Belastung auf die Rückenschmerzintensität anhand von Regressionsmodellen überprüft.

3 Ergebnisse

3.1 Studie 1: Erweiterung des Bewegungskatalogs

Abb. 1 zeigt die Verteilung der normalisierten Kompressionswerte für die untersuchten Bewegungen je Population mittels Gauss'scher Kerndichteschätzer. Die Einschätzungen der berechneten Kompressionskräfte zeigen eine gute Übereinstimmung mit *in vivo* Messungen

intradiskaler Drücke (Rohlmann et al., 2014, 2008, 1999; Nachemson, 1966; Sato, Kikuchi & Yonezawa, 1999; Takahashi et al., 2006). Ein linearer Anstieg der Kompressionskraft mit steigender Intensität konnten für das Vorbeugen, Laufen, Kreuzheben und Springen gezeigt werden (Schäfer et al., 2022a). Eine Vielzahl an sportlichen Bewegungen (z. B. Basketball, Volleyball, Hockey, Leichtathletische Disziplinen) konnte in den Katalog aufgenommen werden (s. Schäfer et al., 2022a).

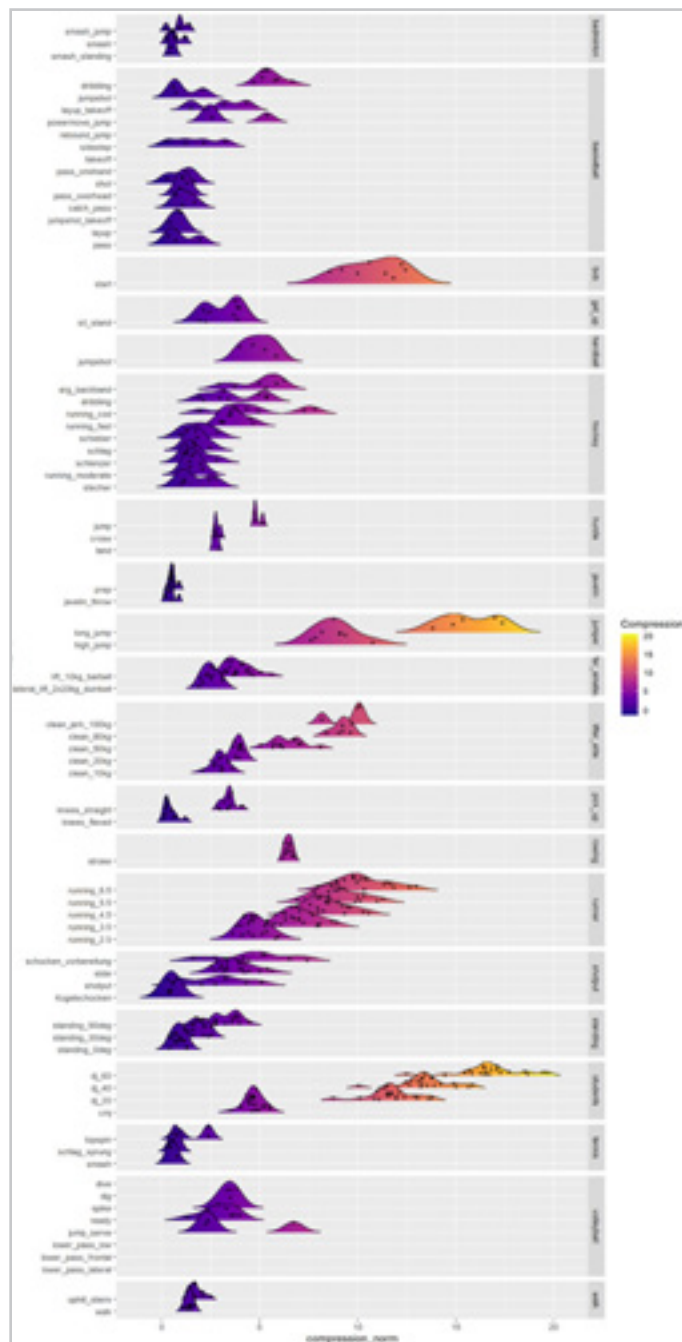


Abb. 1: Ridge-Plot der Normalisierten Kompression (x-Achse – Vielfaches vom Körpergewicht) in Abhängigkeit der untersuchten Aktivitäten (y-Achse links) in den getesteten Populationen (y-Achse rechts)

3.2 Studie 2: Anwendung des Belastungskatalogs

Eine mögliche Umsetzung der Bewertung von zwei willkürlichen, simulierten Bewegungsprofilen (Badminton und Gewichtheben) wird im Folgenden präsentiert. Abb. 2 zeigt den R-Code zur Simulation der Bewegungsprofile. Der Input kann hierbei variabel angepasst werden und auf reale Bewegungsbeobachtungen angewandt werden. Abb. 3 und 4 zeigen die Bewegungsprofile auf Basis von je 1000 Simulationen pro Bewegung. Anhand der Höhe der Kurve kann die Belastungsfrequenz (y-Achse) in Bezug zu einer bestimmten Belastungsintensität (Kompressionskraft, x-Achse) abgeschätzt werden. Abb. 5 entspricht dabei dem seitlichen Teil der Abb. 4 (um 90° gedreht); zusätzlich wurde in Abb. 5 die Höhe der Kurven um die Gesamtzahl der Bewegungen aus den jeweiligen Bewegungsszenarien angepasst.

```
personA <- data.frame(
  Activity = c("badminton_smash",
              "dj_20",
              "badminton_smash",
              "badminton_smash",
              "cmj",
              "badminton_smash"),
  t = c(5, 10, 20, 30, 50, 55),
  person = "A"
)

personB <- data.frame(
  Activity = c("clean_10kg",
              "clean_20kg",
              "clean_50kg",
              "clean_80kg",
              "cmj"),
  t = c(2, 12, 25, 60, 70),
  person = "B"
)
```

Abb. 2: R-Code zur Simulation von zwei Bewegungsprofilen. Exemplarisch werden Bewegungen aus dem Badminton (Person A) und aus dem Gewichtheben (Person B) verglichen.

Das bedeutet, dass die Fläche unterhalb der Kurve bei doppelt so vielen Bewegungen doppelt so groß ist (im Gegensatz zu Abb. 4, wo die Flächen gleich groß sind). Risikoabschätzungen können im Vergleich zu Standardprofilen oder einem direkten Ablesen der Häufigkeit einer bestimmten Intensität/Kompression getroffen werden. Ebenso können Bewegungsprofile anhand eines Höhenvergleichs der Kerndichteschätzer qualitativ als auch quantitativ verglichen werden. Dies kann an beliebigen Punkten geschehen und erweitert damit die übliche Cut-Off-Betrachtung (z. B. Grenzwert von 3400 N (Waters et al., 1993) oder Kategorisierung in hoch-mittel-niedrig etc.).

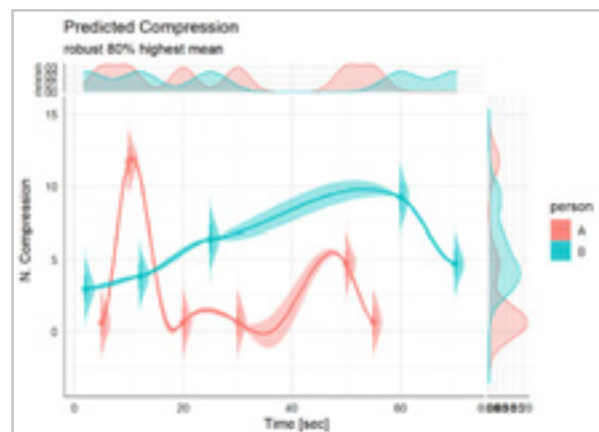


Abb. 3: Geschätzte normalisierte Kompressionswerte der Bewegungsprofile aus Abb. 2 im zeitlichen Verlauf. Für jede Bewegung werden 1000 Samples (posterior predictions) aus einem Bayes'schen Regressionsmodell simuliert. Dargestellt werden die Mittelwerte, 95 % Kreditäritätsintervalle und Kerndichteschätzer („Half-Eye's“). Der zeitliche Verlauf wird mittels kubischer splines (additives lineares Modell) und Kerndichteschätzern im oberen Teil der Abbildung dargestellt. Im rechten Teil wird das Bewegungsprofil mittels Kerndichteschätzer anhand Samples zusammengefasst (s. auch Abb. 4).

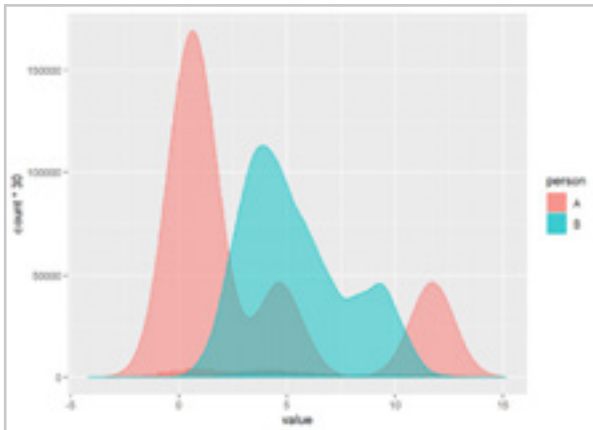
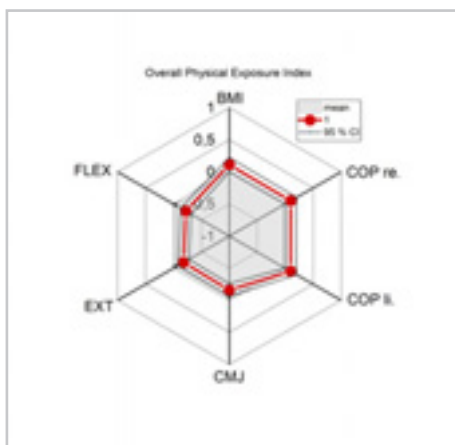


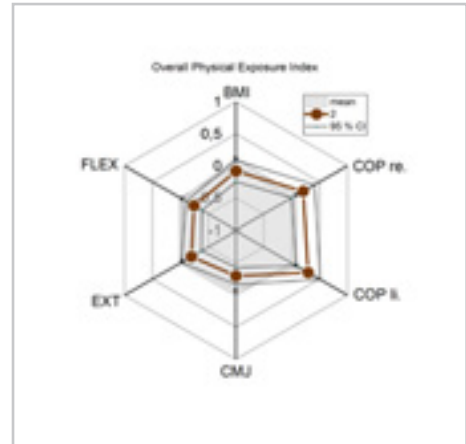
Abb. 4: Vergleich der simulierten Bewegungsprofile. Gezeigt werden Kerndichteschätzer aller simulierten samples (1000 je Bewegung). Im Vergleich zu Abb. 3 findet eine Gewichtung statt, sodass die Integrale nicht unbedingt gleich sind.

3.3 Studie 3: Profilbildung

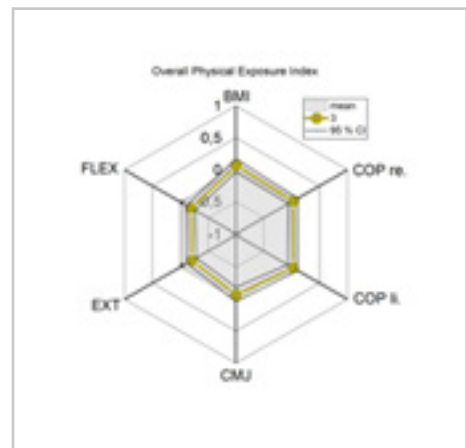
Abb. 5 zeigt die standardisierten Werte stratifiziert nach OPI (Overall Physical Exposure Index; Skala von 1: wenig belastend bis 10: hoch belastend). Positive Z-Werte für die Standstabilität (COP) stehen hierbei für einen erhöhten Regulationsweg und somit schlechter Koordination. Die Auswertungen mit dem OPI zeigen, dass niedrig belastete Berufsgruppen in den Untersuchungsgruppen überrepräsentiert sind. Physisch stark belastete Berufsgruppen zeigen tendenziell höhere Kraftwerte.



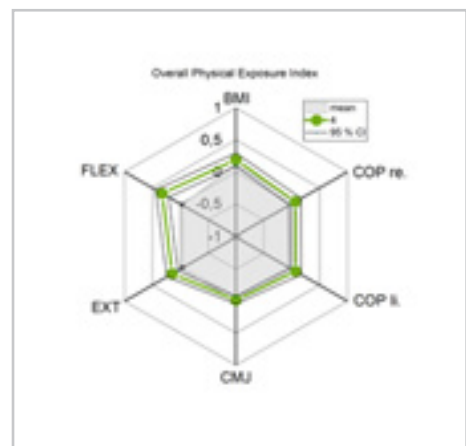
OPI = 1, n = 356, 62,6 % weiblich
 Rumpfkraft unterdurchschnittlich
 Sprungkraft unterdurchschnittlich
 BMI leicht erhöht
 Standstabilität leicht reduziert



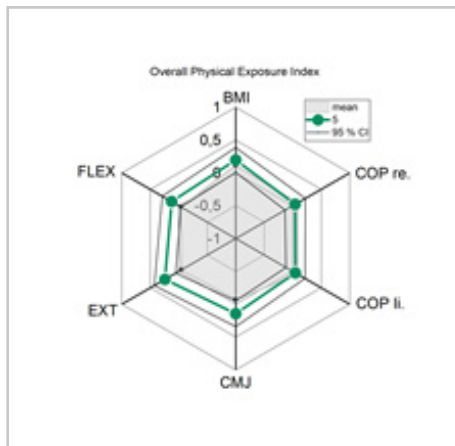
OPI = 2, n = 122, 59,0 % weiblich
 Rumpfkraft unterdurchschnittlich
 Sprungkraft unterdurchschnittlich
 BMI leicht reduziert
 Standstabilität reduziert



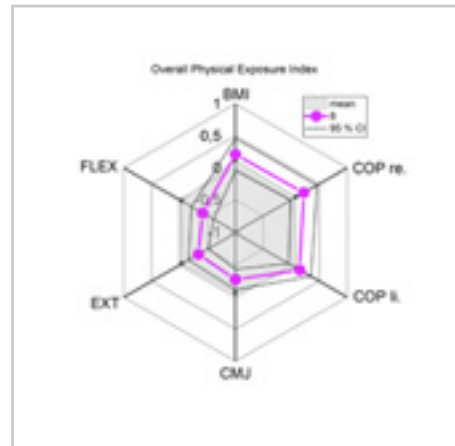
OPI = 3, n = 498, 64,7 % weiblich
 Rumpfkraft unterdurchschnittlich
 Sprungkraft durchschnittlich
 BMI leicht erhöht
 Standstabilität sehr leicht reduziert



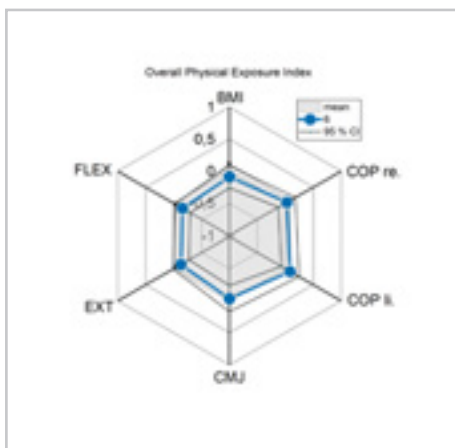
OPI = 4, n = 403, 47,6 % weiblich
 Rumpfkraft überdurchschnittlich
 Sprungkraft durchschnittlich
 BMI leicht erhöht
 Standstabilität leicht reduziert



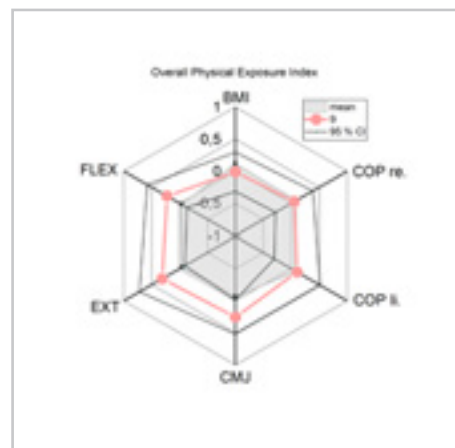
OPI = 5, n = 154, 42,9 % weiblich
 Rumpfkraft überdurchschnittlich
 Sprungkraft überdurchschnittlich
 BMI leicht erhöht
 Standstabilität durchschnittlich



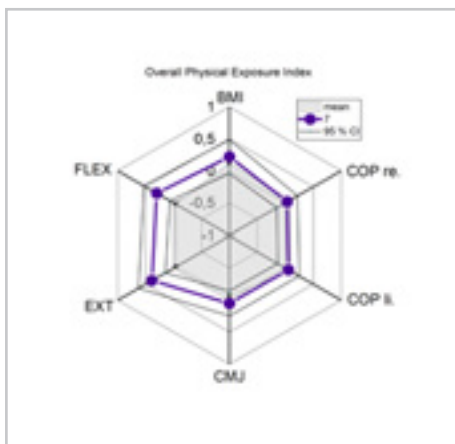
OPI = 8, n = 93, 77,4 % weiblich
 Rumpfkraft deutlich reduziert
 Sprungkraft deutlich reduziert
 BMI leicht erhöht
 Standstabilität leicht reduziert



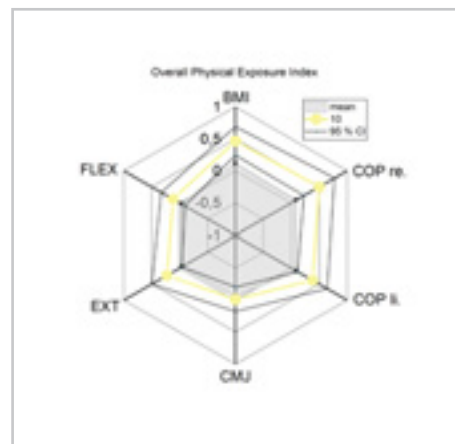
OPI = 6, n = 158, 63,3 % weiblich
 Rumpfkraft unterdurchschnittlich
 Sprungkraft durchschnittlich
 BMI leicht reduziert
 Standstabilität durchschnittlich



OPI = 9, n = 32, 18,8 % weiblich
 Rumpfkraft überdurchschnittlich
 Sprungkraft überdurchschnittlich
 BMI leicht reduziert
 Standstabilität durchschnittlich



OPI = 7, n = 98, 46,9 % weiblich
 Rumpfkraft überdurchschnittlich
 Sprungkraft durchschnittlich
 BMI leicht erhöht
 Standstabilität durchschnittlich



OPI = 10, n = 59, 53,6 % weiblich
 Rumpfkraft überdurchschnittlich
 Sprungkraft durchschnittlich
 BMI erhöht
 Standstabilität reduziert

Niedrig und stark physisch belastete Berufsgruppen weisen etwas höhere Schmerzwerte auf (Abb. 6). Eine U-Kurve, wie sie beispielsweise Heneweer et al. (2011) beschreiben, kann mit einer quadratischen Regressionsgleichung nur bedingt bestätigt werden. Die Kurve ist eher flach. Wenn auch statistisch signifikant zeigt sich eine hohe individuelle Varianz ($R^2 = 0.01$). Deutliche Unterschiede zwischen Männern und Frauen zeigten sich in geringeren Werten für den BMI, der Rumpfextensions- und -flexionskraft und der Sprunghöhe (Abb. 7). Die Standstabilitätswerte sind etwas geringer bei Frauen, was auf bessere koordinative Fähigkeiten hinweisen würde.

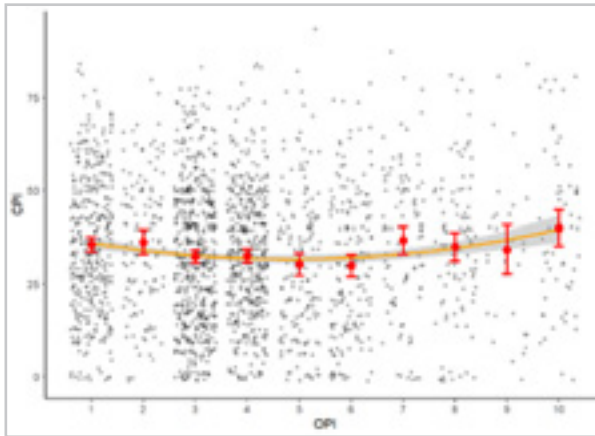


Abb. 6: Quadratisches und faktorielles Regressionsmodell mit Schmerzintensität (CPI – Characteristic Pain Intensity) auf der y-Achse als abhängige Variable und der beruflichen körperlichen Belastung (OPI – Overall Physical Exposure) als unabhängige Variable auf der x-Achse. Gezeigt wird die Kurve des gefitteten quadratischen Modells ($CPI = OPI + OPI^2$, $R^2 = 0.1$, $p < 0.001$) und Konfidenzintervalle des Faktormodells (ANOVA), sowie die Einzelwerte der Studienteilnehmenden zur Eingangsuntersuchung.

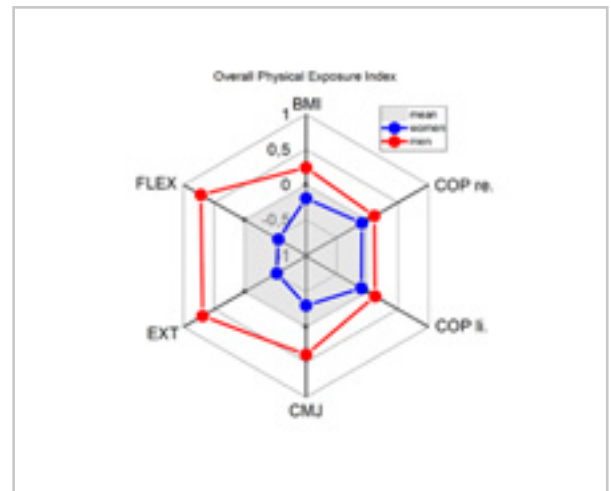


Abb. 7: Vergleich der standardisierten Diagnostikprofile zwischen Männern und Frauen

4 Diskussion

Das Hauptergebnis dieses Projekts ist ein umfassender Katalog von Wirbelsäulenbelastungen bei körperlichen und sportlichen Aktivitäten, sowie die Anwendung dieser Daten zur Bestimmung von kumulativen Belastungen in longitudinalen Bewegungsszenarien. Zudem wurde die Grundlage für eine Risikobeurteilung von Berufsgruppen durch die Zuordnung der Job-Exposure-Matrizen innerhalb eines großen Datensatzes geschaffen.

In der **Erweiterung des Bewegungskatalogs** wurden bereits Intensitäts- und Zeitparameter in Bezug zur Zeit gesetzt und deren Auswirkungen auf Rückenschmerzen oder -verletzungen diskutiert. Dabei konnten allerdings noch keine geschlechterspezifischen Unterschiede abschließend untersucht werden. Die höheren Werte in der normalisierten Kompression für Männer gegenüber Frauen beim Kugelstoßen könnten zum Beispiel durch eine höhere Muskelmasse begründet werden, da das Körpergewicht in den Berechnungen schon mit berücksichtigt wurde. Das Modell berücksichtigt nur die gemessene Muskelaktivität über EMG. Sollten sich geschlechterspezifische Unterschiede in weiteren Untersuchungen herausstellen, könnte dies als Faktor in das Modell der Anwendung des Atlas miteinbezogen werden.

Die gezeigte **Modellierung von longitudinalen Bewegungsszenarien** anhand des erweiterten Datensatzes stellt zunächst einen Prototypen dar, der vielfältige Vergleichsmöglichkeiten und praktische Anwendungsmöglichkeiten noch offen lässt. Neben der Simulation und dem Vergleich von Einzelbewegungen können beliebige Bewegungsszenarien (aufeinanderfolgende Bewegungen) analysiert und verglichen werden. So kann durch Miteinbezug der Intensität und der Frequenz das Problem der Eindimensionalität bei Bildung eines üblichen Load-Zeit-Integrals überwunden werden. Des Weiteren kann die Unsicherheit (Messfehler und biologische Variabilität) in die Beurteilung miteinbezogen werden. Vergleiche mit diesem Modell können helfen, passende Belastungsgrenzen durch Vergleiche von Bewegungsprofilen zu finden. Dieser Ansatz erlaubt zudem eine individuelle Betrachtung realer Bewegungsprofile. So könnte dieses Verfahren auf Bewegungsbeobachtungen im Rahmen der betrieblichen Gefährdungsbeurteilung analog zu den Leitmerkmalmethoden (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2019) umgesetzt werden. Der nächste Arbeitsschritt wäre eine Feinjustierung des Modells (s. oben – Negativwerte ausschließen), um bessere Modellvorhersagen zu generieren. Anschließend müsste das Modell intern validiert werden (sind die Vorhersagen konsistent). Zu überprüfen gilt zudem, ob weitere, individuelle Faktoren (Geschlecht, Alter, anthropometrische Merkmale) die Modellvorhersagen zu besseren (individuellen) Ergebnissen führen.

Die Darstellung des **Funktionsprofils** stellt eine Grundlage für die Beurteilung von Risikofaktoren dar. Durch die Untersuchung hat sich herausgestellt, dass die Stichproben der multizentrischen Studien repräsentativ für Berufe mit niedriger körperlicher Belastung sind und dass Daten für beruflich Hochbelastete fehlen. Die Zuteilung der Job-Exposure Matrizen dient zudem als Grundlage für weitere Analysen von Arbeitsgruppen im Konsortium, z. B. durch Nutzung der vielschichtigen KldB-Klassifizierung oder weiterer Skalen des JEM. Des Weiteren zeigten sich Trends für Kraft-Defizite, Schmerzen und weitere Funktionsparameter. Die physische Belastung allein ist allerdings unzureichend, um Rückenschmerz zu erklären.

Individuelle und andere erklärende Faktoren (z. B. psychosoziale (OSI) oder Gesamtbelastung (OJI) aus den JEM) sollten in weiteren Analysen berücksichtigt werden.

Eine mögliche **Verknüpfung der dargestellten Teilstudien** wäre eine Validierung des Overall Physical Impacts (OPI) aus den JEMs. Dieser Parameter wurde aus Beobachtungen und Anwendung der Leitmerkmalmethoden bestimmt. Wendet man den Atlas auf die Leitmerkmalmethoden an, könnte man zum einen die Leitmerkmalmethoden um eine spezifische Betrachtungsweise (modellierte Kompressionswerte) ergänzen und zum anderen diese Werte mit dem jeweiligen OPI-Wert vergleichen. Ebenso sind Ergänzungen des OPI's zur Beurteilung der Wirbelsäulenbelastung denkbar. Dafür kann ein Score entwickelt, aber auch eine differenzierte Sichtweise in Form eines kontinuierlichen Belastungsprofils (s. Abb. 4 und 5) genutzt werden. Dieses Verfahren ist dann sowohl für den betrieblichen als auch den sportlichen Kontext nutzbar und erlaubt eine individuelle Beurteilung, als auch den Bezug zum sportlichen Kontext, z. B. durch Nutzung von Referenzprofilen.

5 Fazit

In dem aktuellen Projekt wurden Daten aus vergangenen MiSpEx-Studien aufgearbeitet und eine neue Prototyp-Methode entwickelt, um die Belastung der Wirbelsäule im Längsschnitt von wiederkehrenden Bewegungen zu beurteilen. Neben einer individuellen Beurteilung ergibt sich ein hohes Verknüpfungspotenzial mit bestehenden Methoden (z. B. Leitmerkmalmethoden), als auch einem breiten Anwendungskontext im Sport und im Betrieb. Weitere Untersuchungen zur Anwendung des entwickelten Verfahrens mit simulierten und realen Bewegungsprofilen sollten im nächsten Schritt durchgeführt werden, um dieses Verfahren weiterzuentwickeln und zu testen.

6 Literatur

- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) (2019). *Gefährdungsbeurteilung bei physischer Belastung – die neuen Leitmerkmalmethoden (LMM)*.
- Frymoyer, J. W., Pope, M. H., Clements, J. H., Wilder, D. G., MacPherson, B., & Ashikaga, T. (1983). Risk factors in low-back pain. An epidemiological survey. *The Journal of bone and joint surgery (American volume)*, 65(2), 213-218.
- Heneweer, H., Staes, F., Aufdemkampe, G., van Rijn, M., & Vanhees, L. (2011). Physical activity and low back pain: a systematic review of recent literature. *European Spine Journal: official publication of the European Spine Society, the European Spinal Deformity Society, and the European Section of the Cervical Spine Research Society*, 20(6), 826-845.
DOI: 10.1016/j.pain.2008.12.033
- Hoogendoorn, W. E., Bongers, P. M., Vet, H. C. de, et al. (2000). Flexion and rotation of the trunk and lifting at work are risk factors for low back pain: results of a prospective cohort study. *Spine*, 25(23), 3087-3092.
- Kelsey, J. L., Githens, P. B., White, A. A, et al. (1984). An epidemiologic study of lifting and twisting on the job and risk for acute prolapsed lumbar intervertebral disc. *Journal of Orthopaedic Research: official publication of the Orthopaedic Research Society*, 2(1), 61-66.
- Kroll, E. (2016). Construction and Validation of a General Index for Job Demands in Occupations Based on ISCO-88 and KldB-92. methods, data, analyses. [28 Pages / *Methods, Data, Analyses*, 5(1), 28. Available at: <http://mda.gesis.org/index.php/mda/article/view/2011.003>
- Manchikanti, L. (2000). Epidemiology of low back pain. *Pain Physician*, 3(2), 167-192.
- Marras, W. S., Lavender, S. A., Leurgans, S. E., et al. (1995). Biomechanical risk factors for occupationally related low back disorders. *Ergonomics*, 38(2), 377-410.
- Meyer, S.-C., & Siefer, A. (2021). *Entwicklung einer Job-Exposure-Matrix (JEM) auf Basis der BIBB/BAuA-Erwerbstätigen-befragung 2018*.
- MiSpEx – National Research Network for Medicine in Spine Exercise, ed. (2019). *Das MiSpEx-Parallelstudienbuch: Sammelband der Parallelstudien in MiSpEx I + II 2011-2018*. [(unveröffentlicht)].
- Nachemson, A. (1966). The load on lumbar disks in different positions of the body. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 45, 107-122.
- Schäfer, R., Trompeter, K., Fett, D., et al. (2022a). Mechanical Loading of the Spine in Physical Activities. Available at: <https://doi.org/10.51224/SRXIV.166>
- Schäfer, R., Fett, D., Trompeter, K. (2022b). The Mechanical Loading of the Spine in Physical Activities: Supplements. Available at: <https://osf.io/vecgy/>
- Rohlmann, A., Pohl, D., Bender, A., et al. (2014). Activities of everyday life with high spinal loads. *PloS one*, 9(5), e98510.
- Rohlmann, A., Graichen, F., Kayser, R., Bender, A., & Bergmann, G.. (2008). Loads on a telemeterized vertebral body replacement measured in two patients. *Spine*, 33(11), 1170-1179.
- Rohlmann, A., Calisse, J., Bergmann, G., & Weber, U. (1999). Internal spinal fixator stiffness has only a minor influence on stresses in the adjacent discs. *Spine*, 24(12), 1192-1195; discussion 1195-1196.
- Sato, K., Kikuchi, S., & Yonezawa. T. (1999). In vivo intradiscal pressure measurement in healthy individuals and in patients with ongoing back problems. *Spine*, 24(23), 2468-2474.
- Takahashi, I., Kikuchi, S., Sato, K., & Sato. N. (2006). Mechanical load of the lumbar spine during forward bending motion of the trunk-a biomechanical study. *Spine*, 31(1), 18-23.

- Thiese, . M.S, Hegmann, K. T., Wood, E. M., et al. (2014). Prevalence of low back pain by anatomic location and intensity in an occupational population. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 15, 283.
- Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Garg, A., & Fine, L. J. (1993). Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*, 36(7), 749-776.

Entwicklung eines Katalogs qualitativer Beurteilungskriterien zur individuellen Trainingssteuerung, Teilprojekt 5

(AZ 071601/21)

H. Beck (Projektleitung), F. Beyer, P. Flößel, C. Lütznier

Universitätsklinikum Carl Gustav Carus der TU-Dresden,
UniversitätsCentrum für Orthopädie, Unfall- und Plastische Chirurgie

1 Einleitung

Je nach Branchenzugehörigkeit variiert die physische Aktivität erheblich. Bei der Entstehung von Rückenschmerzen wird ein „parabelförmiger“ Zusammenhang vermutet. Sowohl extrem hohe, repetitive oder einseitige körperliche Aktivitäten als auch Bewegungsmangel führen zu einem erhöhten Rückenschmerzrisiko (Müller et al., 2017; Heneweer, Vanhees & Picavet, 2009). Im Rahmen der multizentrischen MiSpEx-Studie konnte nachgewiesen werden, dass ein sensomotorisches Training mit Perturbationen in der Prävention und Therapie von unteren Rückenschmerzen im Spitzensport und in der Allgemeinbevölkerung wirksam ist (Engel et al., 2018). Zu untersuchen wäre noch, inwieweit sich individuelle Einflussfaktoren auf die Compliance und die optimale Dosierung von Trainingsintensität und Umfang auswirken. Vor dem Hintergrund der Wirksamkeit des in MiSpEx durchgeführten perturbationsgestützten sensomotorischen Trainings und der Tatsache, dass die berufliche Belastung Einfluss auf die Adaptation haben könnte, scheint es sinnvoll, die MiSpEx Trainingsdaten Setting-spezifisch hinsichtlich individueller Belastungsprofile zu analysieren (Wippert & Wiebking, 2016; Mierswa & Kellmann, 2014). Ziel dieser Studie war es, Kriterien zu ermitteln, anhand derer ein sensomotorisches Trainingsprogramm mit Perturbationen zur primären und sekundären Prävention von unspezifischen Rückenschmerzen individuell erstellt und dosiert werden kann. Das Hauptzielkriterium dafür war die optimale Compliance der Trainierenden, welche als langfristige, kontinuierliche Durchführung der empfohlenen Trainingseinheiten definiert wurde.

Weiterführend sollten die ermittelten Kriterien für ein individualisiertes Übungsprogramm mit Probandengruppen des nichtärztlichen medizinischen Bereiches sowie Spitzensportlerinnen und -sportlern im Rahmen einer Machbarkeitsstudie überprüft werden.

Anhand der Projektzielsetzung wurden folgende Arbeitshypothesen formuliert:

1. Aus den MiSpEx Trainingsdaten lassen sich eindeutige Kriterien identifizieren, anhand derer eine Responder- und Nonresponder-Kategorisierung vorgenommen werden kann und Setting-spezifische Schwellenwerte, in Abhängigkeit des individuellen Belastungsprofils definiert werden können.
2. Aus den identifizierten Schwellenwerten lässt sich ein individualisiertes Trainingsprogramm ableiten, welches die Compliance der Probandengruppe steigert.
3. Es finden sich berufsgruppenspezifische Risikofaktoren zur Auswahl und Gestaltung individueller Präventionsprogramme.

2 Methode

Die Studie wurde in Übereinstimmung mit den ethischen Standards der Deklaration von Helsinki durchgeführt und von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der TU Dresden genehmigt (EK BO-EK-502112020).

Die Basis für das erste Arbeitspaket bildeten die Daten der multizentrischen MiSpEx-Studie, MCSB, in welcher ein sensomotorisches Training mit Perturbationen bei 1.580 Probandinnen und Probanden, zunächst während einer dreiwöchigen Anleitungsphase einer Therapeutin und anschließend als 9-wöchiges Heimtraining durchgeführt wurde. Anthropometrische Faktoren (Alter, Geschlecht, BMI), konditionelle Faktoren (Trainingszustand, körperliche Aktivität-IPAQ, Rückenextensionskraft, posturale Kontrolle-COPTrack), psychosoziale Faktoren (berufliche Tätigkeit, Depressivität HADS, Stress TICS) sowie der Rückenschmerz (VAS, Korff, Schmerzmedikationen) wurden als Prädiktoren auf die Compliance (primärer Endpunkt) sowie auf das Start- und Endlevel der Übungen und die Steigerungsrate des Übungsprogrammes (sekundäre Endpunkte) betrachtet. Für die Compliance wurden Responder in 2 Varianten definiert. Variante 1: Als Responder wurde eingestuft, wer zwischen Woche 1 und Woche 12 mindestens 2x wöchentlich trainiert hatte. Variante 2: Als Responder wurde eingestuft, wer zwischen Woche 1 und Woche 12 insgesamt 10x und dabei in den letzten 3 Wochen mindestens 1x trainiert hatte. In den anschließenden Arbeitspaketen 2 und 3 sollten, basie-

rend auf den Regressionsanalysen, Kriterien abgeleitet werden, die die Grundlage für die Erstellung eines individuellen Trainingsprogrammes bilden und jene entsprechend in einer Machbarkeitsstudie getestet werden. Aufbauend auf den Ergebnissen von Arbeitspaket 1 wurden die Arbeitspakete 2 und 3 modifiziert, da keine eindeutigen Kriterien identifiziert werden konnten, die einen Einfluss auf die Compliance hatten. Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass eine optimale, individuelle Einstufung der Testpersonen in Form einer angeleiteten Selbsteinschätzung die Compliance steigert. Zu untersuchen war, inwieweit die selbstständige Einstufung von Probanden bzw. Probandinnen oder die professionelle Anleitung einen Einfluss auf die Compliance hat. Darauf aufbauend wurde ein Tool entwickelt, welches die adäquate Selbsteinschätzung der Probandengruppe gewährleistet. Im Rahmen eines Pre-Study-Tests wurde das Selbsteinschätzungstool an zehn Personen getestet, wobei zwei geschulte Experten bzw. Expertinnen unabhängig voneinander die Übungsausführung entsprechend des Tools bewerteten und ein Trainingsstartlevel empfahlen. Abb. 1 verdeutlicht das Vorgehen innerhalb der Selbsteinschätzung: Im MiSpEx-Trainingsprogramm gibt es 4 Grundübungen mit jeweils

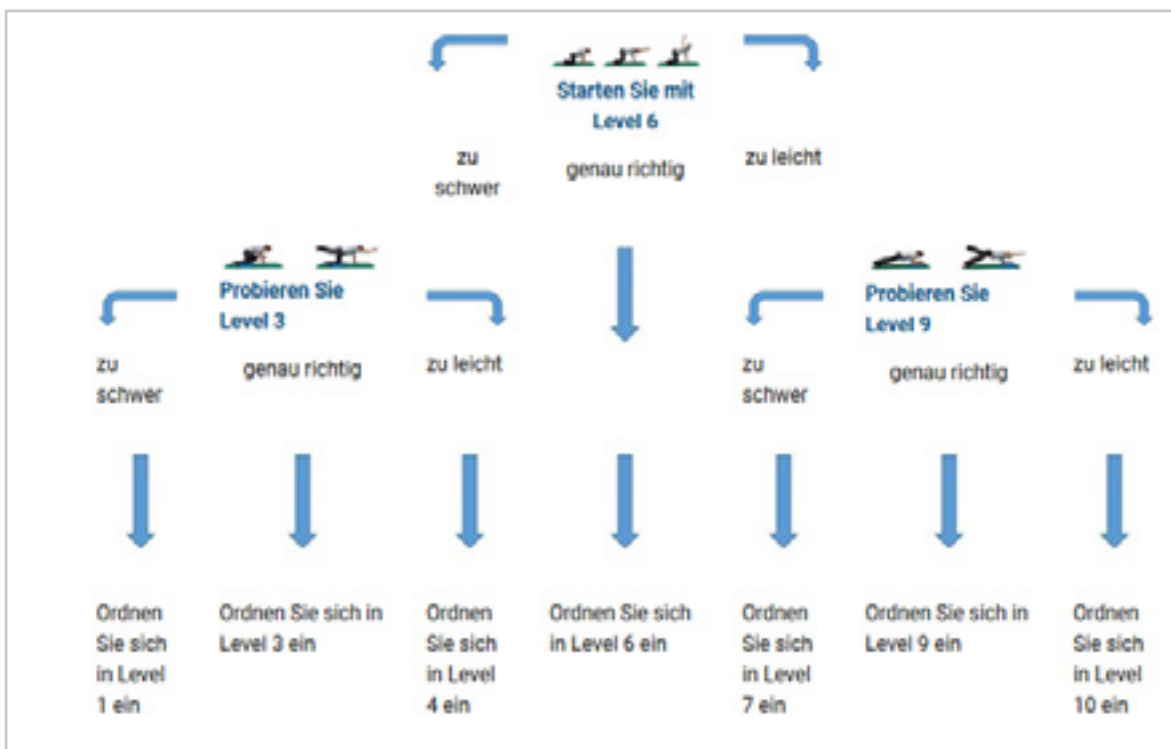


Abb. 1: Selbsteinschätzungstool

12 Schwierigkeitsleveln. Die Probandinnen bzw. Probanden probieren jede Grundübung im Level 6 aus und schätzen diese als „zu leicht“, „passend“ oder „zu schwer“ ein. In Abhängigkeit von dieser ersten Einschätzung werden weitere Schwierigkeitslevel probiert. Bei „zu leicht“ das Level 9 mit Wiederholung der Selbsteinschätzung, bei „zu schwer“ das Level 3. Anhand des Selbsteinschätzungstools können die Testpersonen verfolgen, welches Schwierigkeitslevel sie für den Trainingsbeginn identifiziert haben.

Nach erfolgreicher Testung des Selbsteinschätzungstools erfolgte die Rekrutierung von Krankenhausmitarbeitern und -mitarbeiterinnen und deren Einteilung in eine Interventionsgruppe (IG), deren Trainingsprogramm die eigene Selbsteinschätzung zu Grunde lag, und in eine Kontrollgruppe (KG), deren Trainingsprogramm durch zwei Sporttherapeutinnen bzw. -therapeuten geplant wurde. Analog zum Pre-Study-Test bewertete sich die Probandin bzw. der Proband selber sowie 2 Experten bzw. Expertinnen unabhängig voneinander die Einschätzung vor. Anschließend wurden beide Gruppen angehalten, ein 12-wöchiges Training heimbasiert durchzuführen und mittels Trainingstagebuch zu dokumentieren.

2.1 Statistische Methodik

Für Arbeitspaket 1 wurden zuerst mittels univariater logistischer Regression der Einfluss einzelner Prädiktoren auf die Compliance in Form der 2 Responder-Varianten analysiert. Alle Prädiktoren, die einen p-Wert von $p < 0,2$ aufwiesen, wurden im Anschluss in ein multivariates logistisches Regressionsmodell aufgenommen. Prädiktoren die einen p-Wert $< 0,05$ zeigten, wurden als statistisch signifikant gewertet. In einer zweiten Analyse wurden analog erst univariat und später multivariat Prädiktoren für das Startlevel in Woche 1 (Start des center-based Trainings) sowie für das Level in Woche 4 (Start des home-based Trainings) mittels linearer Regression untersucht. Die Ergebnisse des modifizierten Arbeitspakets 2 wurden wie folgt analysiert: Die Übereinstimmung wurde als relativer Anteil der identischen Einschätzungen angegeben, als Maß der Übereinstimmung wurde Cohen's Kappa berechnet.

Die deskriptive Statistik zu den Trainingsergebnissen erfolgte mittels absoluter und relativer Häufigkeiten für kategoriale Variablen und Mediane und Perzentile für metrische Variablen. Unterschiede zwischen den Gruppen wurden für kategoriale Variablen mittels Chi²-Test und für metrische Variablen mittels Mann-Whitney-U-Test analysiert.

3 Ergebnisse

3.1 Arbeitspaket 1

Die Daten von 939 Probandinnen bzw. Probanden wurden ausgewertet. Sowohl bei der Analyse der Compliance Variante 1 für Responder-Nonresponder (27 % der Probanden bzw. Probandinnen = Responder) als auch bei der Variante 2 (29 % der Probanden bzw. Probandinnen = Responder) fanden sich keine signifikanten Ergebnisse in der multivariaten Analyse (Tab. 1, S. 4)

Ebenso zeigten die Ergebnisse der Regressionsanalysen zu den sekundären Endpunkten, Start- und Endlevel sowie Steigerungsrate einen sehr geringen Erklärungsgehalt.

3.2 Modifizierte Arbeitspakete 2 und 3

Insgesamt konnten 66 Probandinnen und Probanden für die Machbarkeitsstudie rekrutiert werden. Die Level-übergreifende Analyse der Selbsteinschätzung zeigte für alle vier Grundübungen einen höheren Übereinstimmungsgrad zwischen den Experten bzw. Expertinnen als zwischen den Experten bzw. Expertinnen und der Probandengruppe (siehe Abb. 2)

Bezüglich der Trainingscompliance konnte kein signifikanter Unterschied zwischen der KG (Festlegung des Startlevels durch den „Experten“) und der IG (Festlegung des Startlevels durch den „Nichtexperten“) gefunden werden. 17 Testpersonen (52 %) in der IG und 15 Testpersonen (45 %) in der KG trainierten bis Woche 12. Ein Peak der Drop-outs konnte vor der ersten Trainingswoche festgestellt werden, mit insgesamt 17 (23 %) Trainingsabbrüchen (7 in der IG = 21 % und 10 in der KG = 30 %).

Tab. 1: Ergebnisse der uni- und multivariaten Regressionsanalyse zu den Responder-Varianten

	Responder-Variante 1		Responder-Variante 2	
	univariat	multivariat	univariat	multivariat
Gewicht (in kg)			p<0.05	
BMI (in kg/m ²)			p<0.05	
Einnahme von Schmerzmedikamenten (j/n)			p<0.2	
Einnahme von COX-2-Hemmern (j/n)		p<0.2		p<0.2
regelmäßig Sport in den letzten 12 Monaten (j/n)	p<0.05		p<0.2	
Freizeitsport (j/n)	p<0.05		p<0.05	
Isokinetische Maximalkraft in Extensionsbewegung nach Körpergewicht (Nm/kg)	p<0.05		p<0.2	
Isokinetische Maximalkraft Flexion/Extension nach Körpergewicht	p<0.05		p<0.05	
NRS Rückenschmerz nach Messung (Skala 0-10)		p<0.2	p<0.2	p<0.2
KORFF IntensityScore			p<0.2	
IPAQ Low vs Moderate+High	p<0.05		p<0.2	
IPAQ Low+Moderate vs High	p<0.05		p<0.05	
TIC: Überforderung bei der Arbeit (0-23)	p<0.2			
TIC: chronischer Stress (0-48)	p<0.2			
HADS-D: Subskala Depression (0-21)	p<0.05		p<0.2	

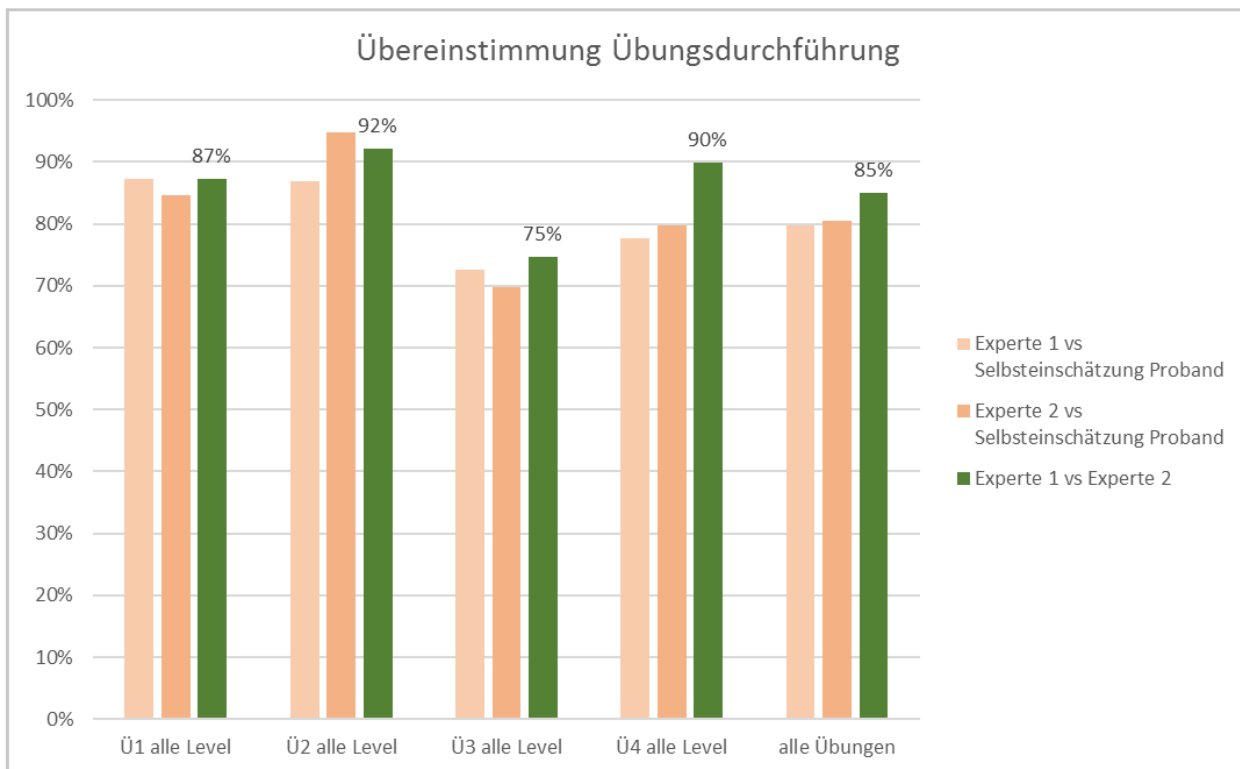


Abb. 2: Übereinstimmung Übungsdurchführung

Die Ergebnisse der Trainingshäufigkeit zeigen, gruppenübergreifend, dass sich die große Mehrheit der Probandinnen und Probanden an der gestellten Vorgabe von drei Trainingseinheiten pro Woche orientierte. Im Gruppenvergleich zeigte sich, dass Testpersonen der IG etwas häufiger trainierten als Testpersonen der KG (siehe Abb. 3,). Der Unterschied war jedoch nicht signifikant ($p = 0,474$).

Im Median zeigte sich eine signifikant höhere Steigerung der Übungslevel und ein signifikant höheres Endlevel in der IG gegenüber der KG. Im Median steigerten sich die Probandinnen und Probanden der IG bis Woche 10 um zwei Level, wohingegen sich die Probanden und Probandinnen der KG nicht steigerten.

4 Diskussion

Ziel der Studie war es, Kriterien zu finden, anhand derer ein individuelles Trainingsprogramm mit dem Ziel einer optimalen Compliance, abgeleitet werden kann. Es konnten jedoch wider Erwarten keine Kriterien identifiziert werden, anhand derer eine Responder- und Nonresponder-Kategorisierung vorausgesagt werden könnte. Weder anthropometrische, konditionelle oder psychosoziale Faktoren oder der Rückenschmerz konnten als Prädiktoren für die Compliance sowie für das Start- und Endlevel der Übungen oder die Steigerungsrate des Übungsprogrammes identifiziert werden.

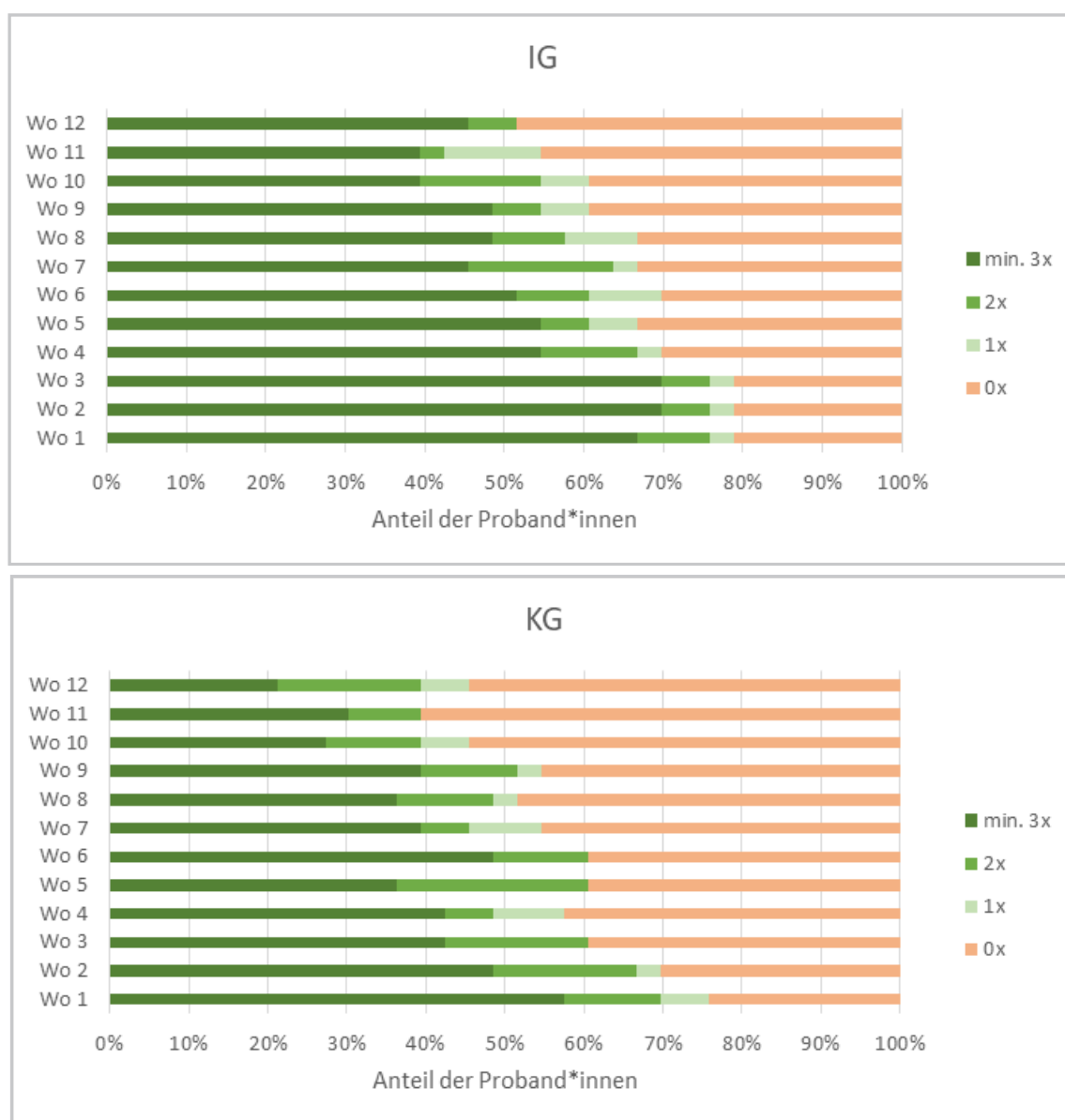


Abb. 3: Anteil der Probanden*innen vs. Trainingshäufigkeit pro Woche

Die univariate Betrachtung der Faktoren auf jeweils die abhängige Variable erbrachte signifikante Ergebnisse, welche jedoch in den multivariaten Modellen nicht bestätigt wurden.

Dies lässt die Vermutung zu, dass die betrachteten Faktoren eine sehr hohe Variabilität und Streubreite aufweisen und sich ihre Effekte letztendlich egalisieren.

Daraus ließe sich schlussfolgern, das nicht zwingend eine Individualisierung des MiSpEx-Trainings im Hinblick auf bestimmte Berufsgruppen oder die sportliche Leistungsfähigkeit erforderlich ist, sondern die individuellen sensomotorischen Fähigkeiten ausschlaggebend sein sollten. Weiterführende Studien wären erforderlich, um diese These zu stützen oder zu widerlegen.

Diese Ergebnisse ließen die Fragestellung aufkommen, ob sich die Compliance durch Einbeziehung der sensomotorischen Fähigkeiten und der eigenen Einschätzungen der Testpersonen steigern lässt.

Aus den bisherigen Erfahrungen der Therapeuten und Therapeutinnen im Rahmen der multizentrischen MiSpEx-Studie wurde angenommen, dass sich Probandinnen und Probanden oft überschätzen, bzw. mit der eher niedrigeren Einstufung der Therapeutin oder des Therapeuten beim Trainingsbeginn nicht ganz zufrieden sind. Es wurde daher vermutet, dass die selbstständige Einschätzung von Testpersonen einen positiven Einfluss auf die Compliance hat. Für die praktische Umsetzung wurde ein Selbsteinschätzungstool entwickelt und evaluiert. Die Analyse zeigte, dass die Probanden bzw. Probandinnen in der Lage waren, ihre sensomotorischen Fähigkeiten moderat einzuschätzen, auch wenn die Übereinstimmung zwischen ihnen und Experten bzw. Expertinnen geringfügiger ausfiel als jene zwischen den Experten oder Expertinnen untereinander. Daraus kann geschlussfolgert werden, dass zwar eine Einstufung durch Therapeuten wünschenswert wäre, aber nicht immer zwingend erforderlich sein muss. Ob die Art der Einstufung einen Einfluss auf die Compliance hat, kann anhand unserer Ergebnisse nicht sicher beantwortet werden. Es konnte zwar kein signifikanter Zusammenhang festgestellt werden, aber im Gruppenvergleich zeigte sich, dass die Testpersonen der IG häufiger trainierten als die der KG.

Es ist also ein Trend erkennbar, dass eine selbstständige, durch ein Schema angeleitete, Einstufung des Trainingslevels die Compliance unterstützt. Dies wäre anhand einer größeren Kohorte noch umfassender zu evaluieren.

Bei unserem Transfer der sensomotorischen Übungen zeigte sich zudem, dass der Trainingsprogressionsverlauf innerhalb des zwölfwöchigen Interventionszeitraumes eher moderat war, so dass eine Reduzierung des Gesamttrainingsprogrammes auf beispielsweise 8 Level ausreichend für berufstätige Personen sein könnte. Das Trainingsprogramm im Rahmen der MiSpEx-Studie sollte auch für Spitzensportler bzw. -sportlerinnen mit sehr hohen sensomotorischen Fähigkeiten, wie beispielsweise im Kunstturnen etc. geeignet sein, daher waren hier auch die sehr anspruchsvollen Level 9-12 entwickelt worden.

Vernachlässigt man die Dropouts der Testpersonen vor der ersten Trainingswoche, welche scheinbar niemals mit dem Training begonnen hatten, ergibt sich eine Gesamtdropoutquote von 23 %.

Dies ist vergleichbar mit center-based durchgeführten Interventionsstudien und als grundlegend positiv einzuschätzen.

Hinsichtlich der Limitationen der Studie muss zunächst das Abweichen des Studienprotokolls von der ursprünglichen Planung erwähnt werden. Die modifizierte Fragestellung, die die Bildung sowohl einer KG als auch einer IG erforderlich machte, ließ es nicht mehr zu, die Machbarkeit an Profisportlern bzw. -sportlerinnen zu untersuchen. Die Anzahl der Testpersonen beider Gruppen kann als gering eingestuft werden, was möglicherweise verhindert haben könnte, signifikante Zusammenhänge zwischen beiden Gruppen nachzuweisen. Nichtsdestotrotz stellt diese Machbarkeitsstudie eine erste explorative Untersuchung eines Selbsteinschätzungstools zur Steigerung der Trainingscompliance dar. Die Ergebnisse können zur Planung weiterführender Studien genutzt werden. Das eingeschlossene Krankenhauspersonal bestand nicht aus Physio- bzw. Sporttherapeutinnen und -therapeuten, beinhaltet jedoch zwangsläufig Personen mit medizinischen Kenntnissen. Diese Tatsache könnte die Fähigkeit der Selbsteinschätzung beeinflusst haben.

Weitere Untersuchungen der Fähigkeit zur Selbsteinstufung in anderen Berufsgruppen könnten die Folgerung daraus sein.

Zusammenfassend weist die Studie nach, dass ein pertubationsgestütztes sensomotorisches Trainingsprogramm in die Gruppe des Krankenhauspersonals transferiert und auf Basis eines Selbsteinschätzungstools adäquat und individuell als home-based Training gestaltet werden kann.

5 Literatur

Müller, S., Cassel, M., Stoll, J., Müller, J., & Mayer, F. (2017). Rückenschmerzen bei Athleten – wirkt Sport protektiv? *Sportphysio*, 5(02), 57-65.

Heneweer, H., Vanhees, L., & Picavet, H. S. J. (2009). Physical activity and low back pain: a U-shaped relation? *Pain*, 143(1-2), 21-5.

Engel, T., Arampatzis, A., Català, M. M., Kopski, S., & Mayer, F. (2018). Perturbations in Prevention and Therapy of Low Back Pain: a New Approach. *German Journal of Sports Medicine (Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin)*, 69, 247-254.

Wippert, P.-M., & Wiebking, C. (2016). Adaptation an körperliche Aktivität und psychischen Stress im Kontext von Schmerz. *Der Schmerz*, 30(5), 429-36.

Mierswa, T., & Kellmann, M. (2014). Psychosoziale Arbeitsbedingungen und Rückenschmerz. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie*, 22(3), 129-141.

Spielverlaufsanalyse Beach-Volleyball

(AZ 071604/21)

Steffen Lang¹, Raimund Wenning² & Daniel Link¹ (Projektleitung)

¹Technische Universität München, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaften, Lehrstuhl für Trainingswissenschaft und Sportinformatik

²Projektleiter Scouting & Analyse Beach-Volleyball, Deutscher Volleyball-Verband e. V.

1 Einleitung

Die Spielanalyse im Deutschen Volleyball-Verband e. V. (DVV) erfolgt durch zwei Softwaretools (BeachViewer und BeachScouter). Der BeachViewer wird intensiv von allen Spitzen- und Perspektivteams verwendet und kam unter anderem bei den Gewinnen der Olympia-Goldmedaillen 2012 und 2016 in London und Rio sowie der Vizeweltmeisterschaft 2019 in Hamburg bei der Wettkampfanalyse zum Einsatz. Die operative Durchführung der Spielanalyse erfolgt durch zwei hauptamtliche Spielanalysten, die im Jahr ca. 650 Spiele annotieren, um den Trainern eine Datengrundlage für ihre Wettkampfstrategie, aber auch zur Eigenanalyse für die Trainingssteuerung zu bieten.

Aufbauend auf dem BISp-Anwendungsprojekt „Einsatz von Data Mining Verfahren in der Spielanalyse im Beach-Volleyball“ (Wenninger, Link & Lames, 2019) wurde der BeachViewer in diesem Projekt um die Möglichkeit einer Spielverlaufsanalyse erweitert. Bisher war die Analyse der zeitlichen Abhängigkeiten von Spielerverhalten zwischen Ballwechseln mit dem bestehenden Software-Tool nur eingeschränkt möglich.

Daher wurden mit diesem Projekt zwei Zielstellungen verfolgt:

- › die Integration einer Spielverlaufsanalyse in die bestehende Wettkampfanalytisesoftware des DVV und

- › die Unterstützung der Wettkampfanalyse durch neue Einblicke in Sequenzverhalten von eigenen und gegnerischen Teams.

Weiterhin wurde die Spielverlaufsanalyse um eine grafische Darstellung des Punkteverlaufs ergänzt.

2 Technologie- und Methodenentwicklung

Die bestehende Struktur des BeachViewer sollte durch das hier durchgeführte Projekt um eine Spielverlaufsanalyse erweitert werden. Hierzu wurde für den zweiten Schritt der Analyse (Sektion Treffermenge, optische Voranalyse) eine Erweiterung eingefügt. Diese zusätzliche Visualisierung ermöglicht den Scouts auf einem Blick alle wichtigen Informationen der gespielten Rallys zu erfassen sowie entscheidende Spielphasen und Änderungen in der Taktik eines Teams oder eines Einzelnen erkennen zu können. Hierzu wurde im engen Austausch mit den Spielanalysten und Trainern ein Konzept erarbeitet, welches die wichtigsten Informationen berücksichtigt und dennoch die Übersichtlichkeit wahrt.

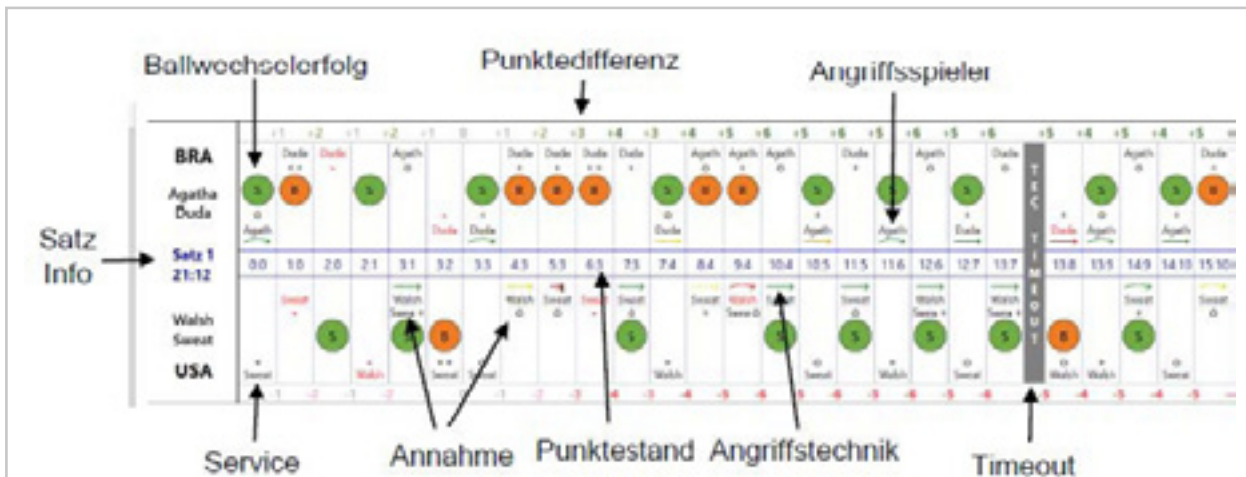


Abb. 1: Beispiel einer Spielverlaufsanalyse Darstellung für einen Satz-Ausschnitt im BeachViewer

Die Spielverlaufsanzeige (Abb. 1) spiegelt den zeitlichen Ablauf eines Ballwechsels wider, wobei die Aktionsfolge von außen nach innen dargestellt wird.

Die Spielverlaufsanzeige besteht aus den folgenden Teilen:

- 1) Die Punktedifferenz gibt einen schnellen Überblick, ob und wie hoch das Team vorne oder hinten liegt zum aktuellen Ballwechsel. Zur besseren Visualisierung wird ein Punktevorteil mit Grün und ein -nachteil mit Orange und Rot gekennzeichnet.
- 2) Beim Service werden sowohl der Name des aufschlagenden Spielers als auch die Servicequalität angezeigt. Die Servicequalität wird in vier Stufen (-, o, +, ++) eingeteilt, wobei, ++' ein Aufschlag-Ass darstellt und, -' einen Fehler. Beim einem Servicefehler werden der Spieler und die Servicequalität zusätzlich in Rot eingefärbt, um diesen besonders hervorzuheben.
- 3) Der Ballwechselerfolg zeigt an, welches Team den Punkt gemacht hat und ob es sich hierbei um ein Side Out oder ein Break handelt. Side Outs werden mit Grün markiert und Breaks mit Orange. Dadurch sollen Stärke- oder Schwächephasen in der Analyse schneller erkannt werden. Die Videoclips der einzelnen Ballwechsel können durch Klick auf den Ballwechselerfolg abgespielt werden.
- 4) Der Annahmespieler wird zusammen mit der Qualität seiner Annahme, unterteilt in drei Stufen (-, o, +), dargestellt. Dabei ist, -' ein Annahmefehler, der zusätzlich mit dem

Spielernamen Rot markiert wird, 'o' ist eine suboptimale Annahme und, '+' eine optimale Annahme. Wenn der Annahmespieler nicht auch der angreifende Spieler ist, d. h. es handelt sich um keinen ‚Standard Angriff‘, wird dies hier zusätzlich angezeigt (Abb. 1: Ballwechsel 9:4).

- 5) Der angreifende Spieler des ersten Angriffs wird zusammen mit der Angriffstechnik ebenfalls dargestellt. Für die Darstellung der Technik stehen ein gerader (Smash), gebogener (Shot) und gestrichelter (Drive) Pfeil in Grün (Kill im ersten Angriff), Gelb (Ballwechsel wurde nicht durch den ersten Angriff beendet, er läuft weiter), Rot (Angriffsfehler bzw. Kill-Block) und Orange (Sonderfälle) zur Verfügung. Bei einem Angriffsfehler (nicht beim Kill-Block) wird der Spieler zusammen mit der Technik Rot markiert.

Die folgenden Bestandteile sind unabhängig vom Ballwechsel und folgen daher nicht der chronologischen Darstellung von innen nach außen. Es gibt zwei Arten von Timeouts (Technical Timeout und normales – von einem Team genommenes – Timeout) die jeweils unterschiedlich dargestellt werden. Dabei wird ein „TEC TIMEOUT“, nach 21 gespielten Punkten in den ersten beiden Sätzen, als grauer Balken dargestellt und ist somit in allen Sätzen an der gleichen Stelle. Bei einer normalen Auszeit wird lediglich der Begrenzungsbalken zwischen den Ballwechseln dicker und in grau angezeigt. Die Darstellung des Spielverlaufs eines Satzes beinhaltet noch eine Infobox zu Beginn.



Abb. 2: Spielverlaufsanalyse mit aktivierten Filter „Annahme von Spielerin Agatha“. Es werden nur Ballwechsel mit einer Annahme dieser Spielerin angezeigt, weitere Ballwechsel sind ausgegraut und die Detailinformationen ausgeblendet.

Der BeachViewer verfügt über drei Sektionen in denen der Spielanalyst Einstellungen vornehmen kann:

- › Filterung,
- › Treffermenge bzw. optische Voranalyse und
- › Videoansicht bzw. qualitative Tiefenanalyse.

Für die entwickelte Spielverlaufsanalyse wurde der Bereich Filterung ebenfalls angepasst, sodass die Möglichkeit besteht innerhalb der Treffermenge die angezeigten Bälle so zu reduzieren, dass nur das Wesentliche, entsprechend der Fragestellung, angezeigt wird (Abb. 2).

Nach Anregung der Trainer wurde zur Sektion Filterung ein Punkteverlauf integriert, der es ermöglicht die Punktedifferenz eines Spiels grafisch darzustellen.

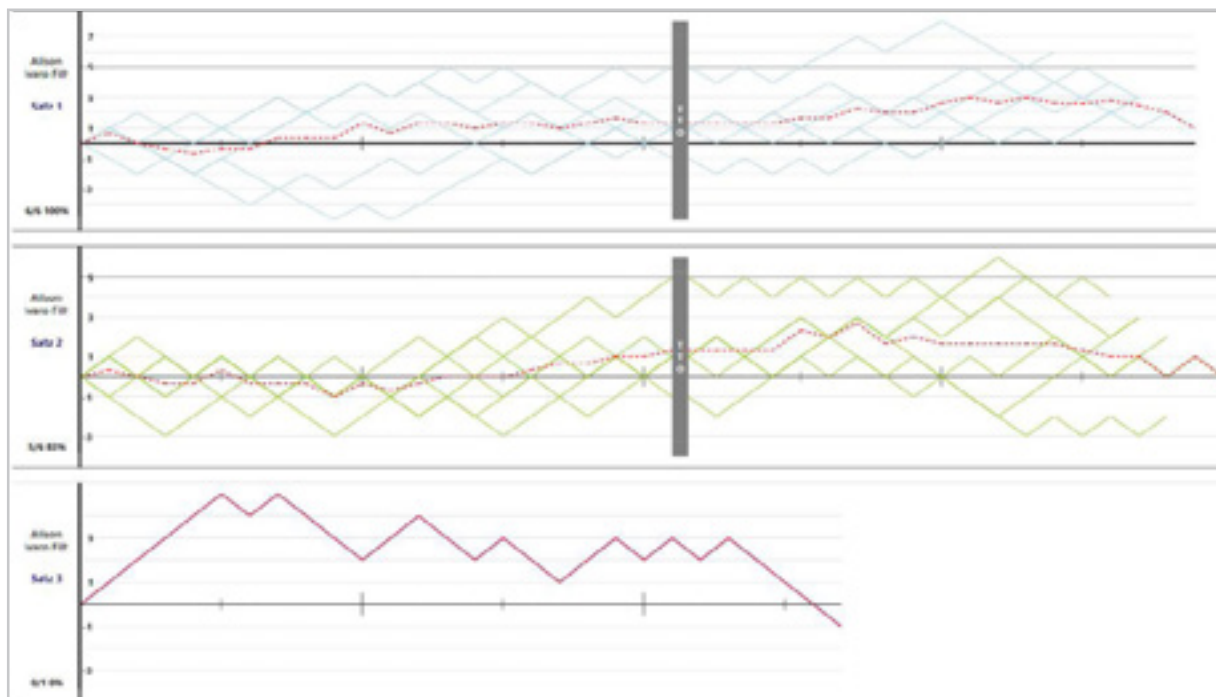


Abb. 3: Punkteverlauf von sechs Spielen eines Teams. Eine rote gestrichelte Linie markiert den Durchschnitt über alle Sätze. In den sechs Spielen musste das Team nur einmal in einem dritten Satz antreten und verlor diesen, trotz permanenter Führung mit bis zu 5 Punkten, am Ende noch.

Weiterhin besteht die Möglichkeit dies für einzelne Sätze mit vielen Spielen darzustellen, sodass man anhand einer Durchschnittskurve Tendenzen erkennen kann, ob ein Team in bestimmten Abschnitten eines Spiels oder Satzes stärkere oder schwächere Phasen hat (Abb. 3, S. 3).

3 Fazit

Mit der aktuellen Version des BeachViewer steht dem DVV eines der weltweit führenden Analysetools für Beach-Volleyball zur Verfügung. Die Spielverlaufsanalyse konnte bereits bei Olympia 2021 in Tokyo gewinnbringend eingesetzt werden. Die erzeugten Spielverlaufsdarstellungen sind bereits in das regelmäßig Reporting über gegnerische wie eigene Teams eingeschlossen worden, und Anregungen seitens der Trainer wurden in einer Evaluierungsphase integriert.

4 Literatur

Wenninger, S., Link, D., & Lames, M. (2019). Data Mining in Elite Beach Volleyball – Detecting Tactical Patterns Using Market Basket Analysis, *International Journal of Computer Science in Sport*, 18(2), 1-19. doi: <https://doi.org/10.2478/ijcss-2019-0010>

Wettkampfanalyse Para Badminton 2021

(AZ 071605/21)

Fabian Hammes¹, Christopher Skrzeba², Christoph Weber³ & Daniel Link (Projektleitung)¹

¹Lehrstuhl für Trainingswissenschaft und Sportinformatik,

Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaften, Technische Universität München

²Deutscher Badminton-Verband e. V.

³Deutscher Behindertensportverband e. V.

1 Einleitung

Para Badminton ist seit Tokio 2021 Bestandteil des paralympischen Programms. Im Rahmen dieses Transferprojektes wurde erstmals eine Weltstandanalyse in dieser Sportart, basierend auf dem Konzept des *Keyplay*, durchgeführt. Es ist leicht zu argumentieren, dass die entscheidende Aktion im Para Badminton wie auch im olympischen Badminton zumeist nicht der finale Schlag ist, sondern vielmehr der Schlag, der im Laufe des Ballwechsels den entscheidenden Vorteil erzeugt. Unser Ansatz unterteilt daher den Ballwechsel in Phasen, in denen ein Gleichgewicht zwischen den Parteien besteht und in solche, in denen eine Partei aufgrund der räumlich-zeitlichen Dynamik Vorteile aufweist (z. B. früher Balltreffpunkt) (vgl. auch Fischer et al., 2017; Gawin et al., 2012). Als *Keyplay* bezeichnen wir den Übergang von einem Gleichgewichts- in einen Ungleichgewichtszustand – in Anlehnung an die Theorie der dynamischen Systeme findet sich in der sportwissenschaftlichen Literatur auch die Bezeichnung *Perturbation* (Robins & Hughes, 2015). *Keyplays* halten ein großes Potential für die Leistungsdiagnostik bereit, da sich über ihre Analyse beschreiben lässt, wie Spieler bzw. Spielerinnen versuchen, Vorteile zu generieren, auszuspielen und sich aus nachteiligen Situationen zu befreien.

Fokussiert wurde in diesem Projekt auf die sitzenden Klassen WH1 und WH2, da zum einen deutsche Spitzenspielerinnen und -spieler in diesen Klassen am stärksten bei den Paralympics vertreten waren, aber auch weil sich die Spieldynamik hier am stärksten vom olympischen Badminton unterscheidet und somit umfassendere Anpassungen an der Erfassungssystematik nötig waren.

Von Mota Ribeiro und Bezerra de Almeida (2020) und Strapasson et al. (2021) gab es bereits Veröffentlichungen in Bezug auf technisch-taktische Analysen in den sitzenden Klassen im Para Badminton, diese erreichen aber nicht den Detailgrad, der im vorliegenden Projekt erreicht wurde.

2 Entwicklung einer Erfassungssystematik

Bei der Erfassungssystematik handelt es sich um eine Weiterentwicklung bzw. Anpassung des entwickelten Modells für das olympische Badminton im BISp-Transferprojekt FKZ 2521BI1610. Die Weiterentwicklung in Bezug auf die Terminologie und Erfassung des Modells bezieht hierbei explizit das olympische Badminton ebenfalls ein. So wurde ein *Keyplay* nun definiert als eine Folge von maximal drei Schlägen mit dem *Keyplayimpuls* als Auslöseschlag des *Keyplays*. In Abb. 1 ist das verwendete Modell mit der Unterscheidung zwischen positiven *Keyplays* (A) – hier ist der Impuls ein besonders guter Schlag, der das Ungleichgewicht herstellt – und negativen *Keyplays* (B) – hier ist ein besonders schlechter Schlag der Auslöser – dargestellt. Zu beachten ist hierbei, dass die Folgehandlungen ebenfalls Teil des Modells sind, wobei es sich beim *Follow-Up* um ein Deckungsverhalten handelt, während *Survival* und *Convert* weitere Schläge darstellen. Diese Erfassung wurde eingeführt, um evtl. aufkommende Muster nach einem erspielten Vorteil erfassen und auswerten zu können. Trotz dessen ist die Erkennung des Impulses weiterhin die wichtigste Aufgabe in der Erfassungssystematik.

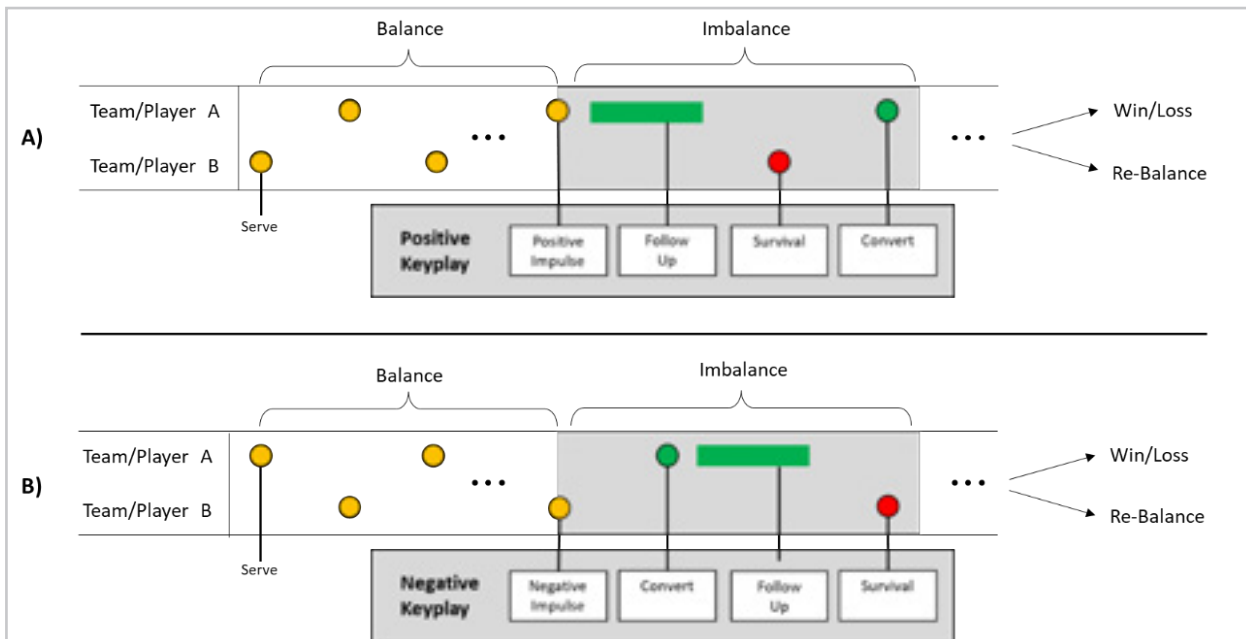


Abb. 1: Keyplaymodell mit a) positivem Impuls und b) negativem Impuls

Weiterhin musste eine Anpassung des Modells im Vergleich zum olympischen Badminton erfolgen, die sich im Wesentlichen auf die spieldynamischen Unterschiede stützt. Hierbei ist zu beachten, dass das Spielfeld in den Klassen WH1 und WH2 im Einzel lediglich das halbe Badmintonfeld abdeckt, sowie ohne das Vorderfeld gespielt wird. Die Gründe dafür liegen in der beeinträchtigten Bewegung mit einem Rollstuhl im Gegensatz zu Fußgängern. Aufgrund des verkleinerten Spielfeldes und der unterschiedlichen Spieldynamik erfolgt die Unterteilung in Feldzonen nun nicht mehr in insgesamt neun Zonen, sondern nur noch in sieben. Die Feldzonen Mitte rechts und Mitte links fallen im Vergleich zum olympischen Badminton weg, da nach intensiven Diskussionen mit dem Bundestrainerteam keine Relevanz für die Klassen WH1 und WH2 festgestellt wurde. Somit bleiben die Feldzonen links vorne, Mitte vorne, rechts vorne, Mitte, links hinten, Mitte hinten und rechts hinten übrig (vgl. auch Abb. 2).

Auch die Anhaltspunkte für die Erfassung von Vorteils- oder Nachteilsituationen mussten angepasst werden, da die Bewegungsdynamik sehr unterschiedlich ist. So wurde die Position des Oberkörpers im Schlagzeitpunkt zu einem entscheidenden Faktor, ob ein Vorteil oder Nachteil festgestellt werden kann – wenn bspw. der Oberkörper bei einem Schlag aus dem Hin-

terfeld waagrecht nach hinten zeigt, handelt es sich um ein eindeutiges Indiz für eine Nachteilsituation.

3 Exemplarische Einzelfallanalyse

Eine umfangreiche Datensammlung während der Paralympische Spiele 2021 wurde vorgenommen. Daten wurden für insgesamt 29 Spiele in den Einzeln der Klassen WH1 und WH2 erhoben, darunter alle Spiele mit deutscher Beteiligung, alle Finalspiele, alle Spiele um die Bronzemedaille sowie alle Halbfinals.

Für eine Verdeutlichung des Prinzips wird im Folgenden eine exemplarische Einzelfallanalyse eines Spiels über drei Sätze in Bezug auf die Impulse dargestellt (Abb. 2). Während auf der linken Hälfte die Auswertung in Bezug auf die negativen Impulse gezeigt wird, behandelt die rechte Hälfte die positiven Impulse. Auf allen dargestellten Spielfeldern gibt die untere Hälfte die Spielfeldseite der analysierten Person an, und somit aus welcher Zone die Impulse erfolgten, während die obere Hälfte die Spielfeldseite des Gegners darstellt, womit diese die Schlagplatzierung anzeigt. Die Summe der unteren Hälfte ergibt somit auch immer die Summe der oberen Hälfte. Die groß dargestellten Spielfelder geben eine Übersicht über alle vorkommenden Impulse.

Die am häufigsten vorkommenden Impulse werden in den kleineren Spielfeldern nochmals mit höherer Informationsdichte dargestellt – die jeweils oberen drei Spielfelder zeigen die häufigsten Schlagplatzierungen, die jeweils unteren drei Spielfelder die am häufigsten vorkommenden Schlagzonen. Zusätzlich wird hier dargestellt, von wo die entsprechenden Impulse kommen (oben) bzw. wohin die Impulse gespielt werden (unten). Ebenfalls gezeigt wird – durch die kleinen Zahlen in der linken und rechten unteren Ecke einer Zone –, ob die Schläge mit der Vor- oder der Rückhand ausgeführt wurden.

gesehen mittleren Zone gespielt (Mitte vorne, Mitte, Mitte hinten), während die Schlagplatzierung nur bei 27 Impulsen in diese drei Zonen beobachtet wurde. Auch diese Erfassung deckt sich explizit mit Expertenmeinungen in Bezug auf die sitzenden Klassen, dass ein großer Teil des Spiels in der Vertikalen stattfindet.

Ein entscheidendes Kriterium für den Erfolg allerdings ist, wenn man es schafft, die gegnerische Partei in Situationen zu zwingen, in der sie sich vertikal und horizontal bewegen muss.

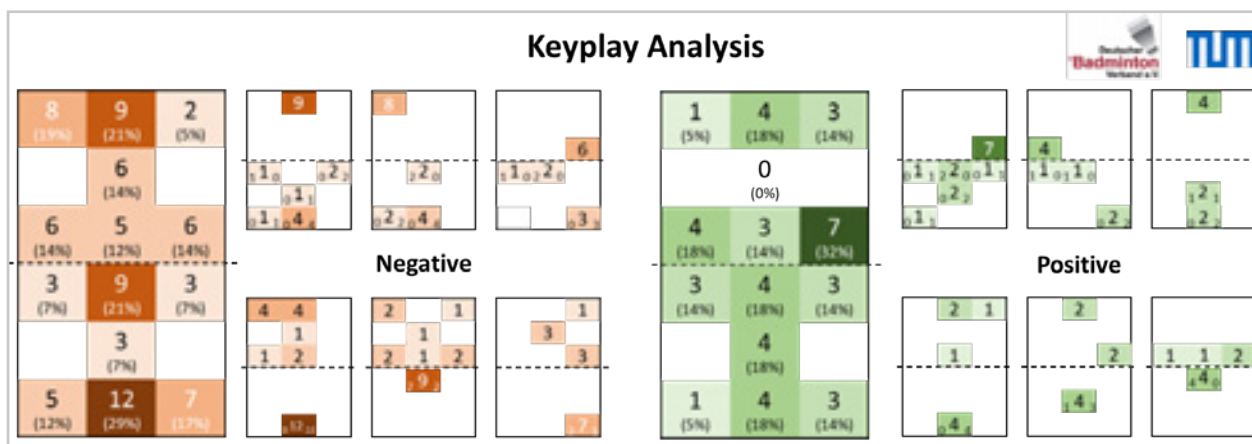


Abb. 2: Exemplarische Einzelfallanalyse

Aus der vorliegenden Analyse sind insbesondere zwei Punkte ersichtlich, die sich aus Erfahrungswerten durchaus verallgemeinern lassen. Eine genaue wissenschaftliche Untersuchung dazu steht allerdings noch aus.

Erstens sind deutlich mehr negative als positive Impulse zu erkennen – in diesem Fall 42 negative und 22 positive. Dieser Punkt lässt sich zum einen aus der Erfassungssystematik ableiten, zum anderen spiegelt es aber auch Experten-erfahrungen wider, dass Punkte mehrheitlich durch schlechte als durch besonders gute Aktionen entschieden werden.

Zweitens wird ein großer Teil der Impulse – 36 der insgesamt beobachteten 63 – aus der vertikal

4 Fazit

Der Übertrag des Ansatzes der Keyplayanalyse aus dem olympischen Badminton auf das paralympische (sitzende) Badminton kann im vorliegenden Projekt als erfolgreich angesehen werden.

Dies wird insbesondere auch durch Rückmeldungen aus dem Trainerteam der DBV bestätigt. Zukünftig sollen weitere Untersuchungen auf Basis von Keyplays erfolgen, in denen beispielsweise geprüft wird, ob Unterschiede zwischen der Weltspitze und den deutschen Spielerinnen und Spielern bestehen. Aus diesen Ergebnissen lassen sich möglicherweise Hinweise für die Trainings- und Wettkampfgestaltung ableiten.

5 Literatur

- Fischer, D., Schemel, U., Kranitz, M., & Hasse, H. (2017). Analyse der Olympischen Spiele 2016 im Badminton. In J. Wick & Seidel, Ilka., Büsch, Dirk (Hrsg.), *Olympiaanalyse Rio 2016: Olympiazklusanalysen und Auswertungen der Olympischen Spiele 2016* (S. 222-237). Meyer & Meyer.
- Gawin, W., Beyer, C.-N., Büsch, D., & Hasse, H. (2012). Analyse der Olympischen Spiele 2012 in der Sportart Badminton. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft*, 19(2), 16-34.
- Mota Ribeiro, W., & Bezerra de Almeida, M. (2020). Performance analysis in wheelchair para-badminton matches. *International Journal of Racket Sports Science*, 2(1).
<https://doi.org/10.30827/Digibug.63718>
- Robins, M., & Hughes, M. (2015). Dynamic systems and 'perturbations'. In M. Hughes & I. M. Franks (Hrsg.), *Essentials of Performance Analysis in Sports* (2. Aufl., S. 239-269). Routledge.
- Strapasson, A. M., Moura Simim, M. A. de, Chiminazzo, J. G. C., Leonardi, T. J., & Paes, R. R. (2021). Are Technical and Timing Components in Para-Badminton Classifications Different? *International Journal of Racket Sports Science*, 3(1), 22-27.

Entwicklung eines akustischen Feedbacksystems zur Diagnostik von Abweichungen vom Technikleitbild von DBS Para Ski Nordisch Athletinnen und Athleten

(AZ 071607/21-22)

Markus Gruber (Projektleitung), Christian Weich, Valentin Barth & Nikolai Killer

Universität Konstanz

1 Problembeschreibung

Das BISP förderte in der Vergangenheit mehrere Projekte im Bereich Para Ski Nordisch (AZ 070401/16¹ sowie AZ 071607/18-19)². Um deren Erkenntnisse in die Sportpraxis erfolgreich zu implementieren, stellt die Anwendung der optimalen Lauftechniken einen wichtigen Erfolgsfaktor dar. Das vorliegende Transferprojekt beschäftigte sich mit der Entwicklung eines Prototyps zur Diagnostik von Abweichungen vom Technikleitbild im paralympischen Skilanglauf.

Abweichungen von Idealpositionen eines Körper- bzw. Gelenkpunktes können so mittels akustischer Rückmeldung, bei manuell festlegbarer Fehlertoleranz, wiedergeben werden. Diese Punkte werden durch IMU-Sensoren markiert und die ideale Bewegung, auf Basis der subjektiven Rückmeldung des Trainers, vorab kalibriert.

Ein zugrundeliegender Algorithmus, die sogenannte *Attraktor Methode*, verarbeitet die einkommenden IMU-Daten und gibt die akustischen Signale verzögerungsarm über ein Endgerät (Desktop PC oder Laptop) aus. Das Feedback dient der Möglichkeit einer direkten Korrektur bei den Ausübungen der Sportart und beim Training mit spezifischen Trainingsmitteln. Zudem wird hierüber auch die Schulung der Bewegungsvorstellung unterstützt. Mit den beiden letztgenannten Punkten zielte das Projekt insbesondere auf die individuelle Athletenentwicklung ab. Zunächst erfolgte die Anwendung im Spitzen- und Nachwuchsleistungssport des paralympischen Langlauf des DBS (Stützpunkt Freiburg). Im Sinne einer qualitativ hochwertigen Technikausführung im Kontext des Technikleitbildes ist die innovative Diagnostik von großer sportpraktischer Bedeutung.

Aus der Projektbeschreibung ergaben sich vorab folgende Ziele:

- Stabile „Live Verbindung“ von 1-2 Sensoren zu einem Laptop/PC (indoor)
- Kalibrierungs- und Bedienmöglichkeit über eine App
- Anwendungsbereich zunächst für drei Bewegungstypen:
 - Oberkörperbewegung (befestigt an BWS)
 - Beinarbeit (Befestigung am Knie)
 - Armarbeit (Befestigung am Handgelenk)

1 „Streckenprofiltraining und Doppelstocktraining für die Optimierung der Vorschubleistung im Nordischen Skisport von Paralympischen Athleten“ Prof. Dr. Veit Wank (Institut für Sportwissenschaft, Universität Tübingen), Dr. Walter Rapp (Institut für Sport und Sportwissenschaft, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg), Ralf Rombach (Projektberatung) (Bundestrainer Nordische Skidisziplinen im Behindertensportverband)
Förderzeichen: AZ 070401/16

2 „Vergleich von Belastungsparametern im Parabiathlon/-skilanglauf zwischen dem Training auf dem Skirollerlaufband und dem Training mit Skirollern auf Asphalt und mit Ski auf Schnee.“ Prof. Dr. Veit Wank (Institut für Sportwissenschaft, Universität Tübingen), Dr. Walter Rapp (Institut für Sport und Sportwissenschaft, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg), Ralf Rombach (Projektberatung) (Bundestrainer Nordische Skidisziplinen im Behindertensportverband)
Förderzeichen: AZ 071607/18-19

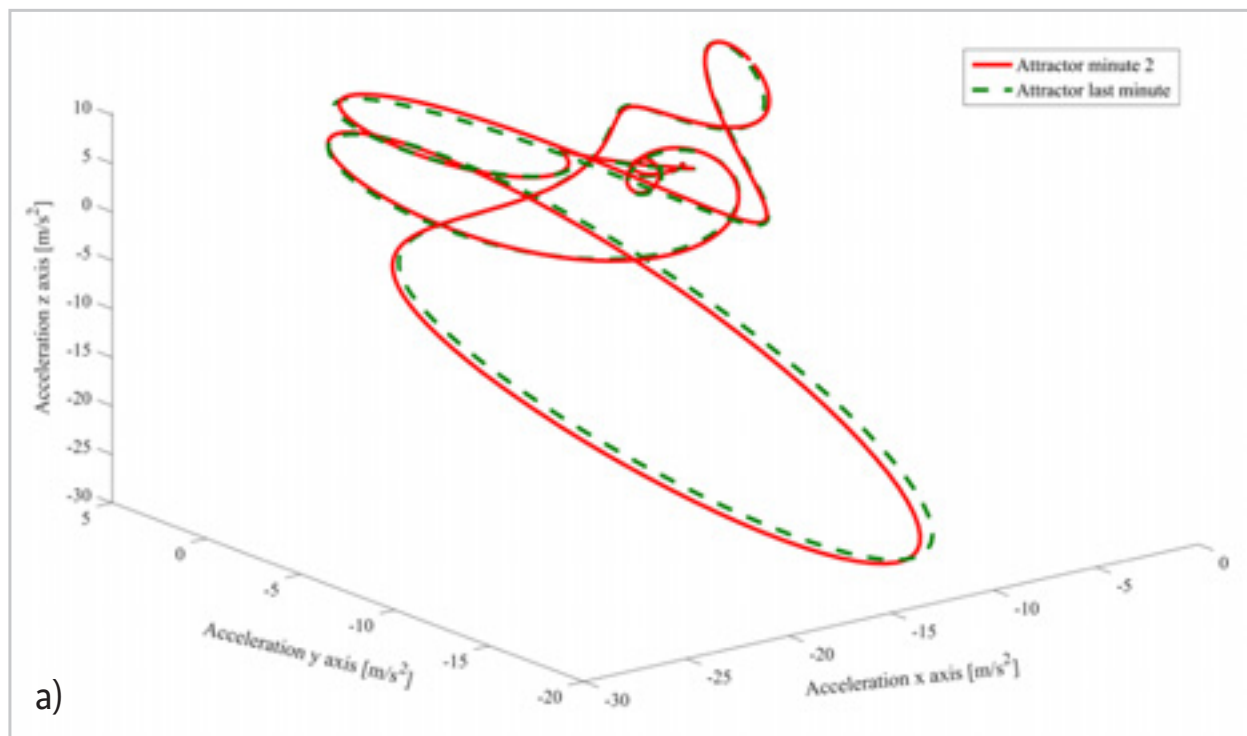
- › Die Anwendung soll insoweit bereitgestellt werden, dass sie von eingewiesenen Trainern am OSP Freiburg einfach und praktikabel eingesetzt werden kann (indoor).

Bei erfolgreicher Realisierung einer funktionsfähigen prototypischen Anwendung (App) kann diese in zukünftigen Folgearbeiten validiert und technisch ausgereift werden.

2 Methode

Die Attraktor Methode ist ein praxisnaher Ansatz, um Veränderungen zyklischer Bewegungen wie Gehen, Radfahren oder Laufen zu quantifizieren.

Hier werden Beschleunigungsdaten von kosteneffizienten Inertialsensoren genutzt, um verlustfrei und unter Einbezug der gesamten Bewegungsinformation Abweichungen im Bewegungsbild selbst, sowie auch in der Ausführungsgenauigkeit sichtbar zu machen. Das Konzept wurde 2013 erstmals von der Arbeitsgruppe um Prof. Manfred Vieten (Vieten, Sehle, & Jensen, 2013) publiziert und angewendet. Hierbei werden sogenannte Attraktoren, vorstellbar als ein Mittelwert oder individueller Fingerabdruck der Bewegung, berechnet. Diese Attraktoren repräsentieren das gesamte dynamische System (z. B. das Gangbild) ohne Informationsverlust und können somit, etwa bezüglich zwei verschiedener Zeitpunkte oder Bedingungen, verglichen werden (Abb. 1a und b).



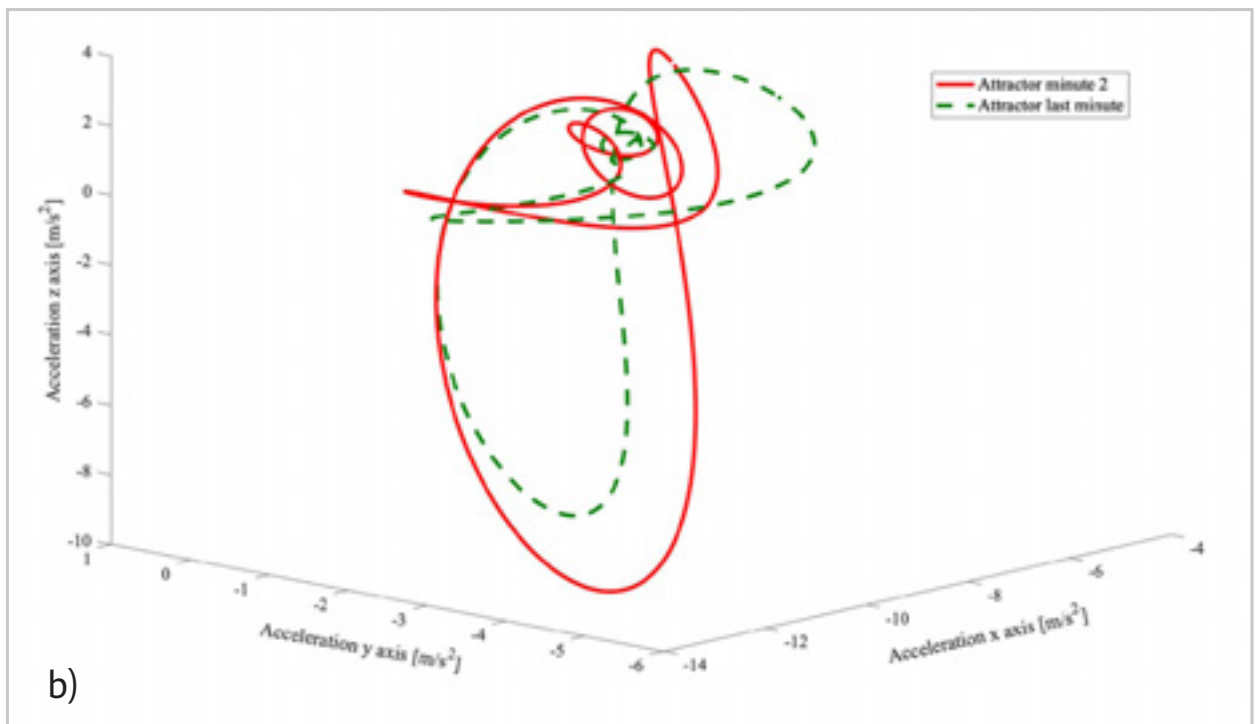


Abb. 1: a) Vergleich zweier ähnlicher Bewegungen (Gehen). b) zwei Bewegungen (Gehen), mit deutlich sichtbarer Abweichung. Beide Abbildungen stellen einen Vergleich zwischen drei-dimensionalen Beschleunigungsdaten zu Beginn und am Ende einer Belastung auf dem Laufband dar.

Der entscheidende Mehrwert der Idee ist, dass sich mögliche intern (z. B. muskuläre Ermüdung) oder extern (z. B. variable Umweltbedingungen) verursachte Veränderungen der (zyklischen) Bewegungen praxisnah, nutzerfreundlich und kosteneffizient objektiv quantifizieren lassen. Der Proof of Concept erwies sich im Wesentlichen durch die theoretischen Beiträge der Arbeitsgruppe von Prof. Manfred Vieten. Dies sind zum einen die grundlegende Einführung der Attraktor Methode durch Vieten, Sehle & Jensen (2013 & 2015) und, aufbauend darauf, die ausführliche Darstellung eines theoretischen kinematischen Modells zyklischer menschlicher Bewegung durch Vieten und Weich (Vieten & Weich, 2020; Weich, 2021).

Ein Attraktor verkörpert eine Gleichgewichtsregion im Phasenraum, der das gesamte dynamische System widerspiegelt. Ein Phasenraum ist im physikalischen Sinne ein mathematisches Konstrukt, das alle möglichen Zustände eines Systems auf der Grundlage einer oder mehrerer Variablen beschreibt.

Unter Berücksichtigung der Variabilität dieser Zustände über die Zeit wird die dynamische Entwicklung eines Systems ausgedrückt. Ein Attraktor stellt einen Pfad im Phasenraum dar, zu dem die Trajektorien eines Systems unabhängig von ihrem Anfangszustand konvergieren, selbst wenn sie von einer Störung beeinflusst werden. Diese *magnetische Anziehungskraft* (Briggs & Peat, 1990) auf das gesamte System charakterisiert den Attraktor als Gleichgewichtsregion. Attraktor-Typen lassen sich anhand ihrer Komplexität sehr deutlich unterscheiden. Die einfachste Version wäre ein Fixpunkt-Attraktor, ein System, in dem alle Variablen zu einem einzigen Punkt konvergieren, wie eine Murmel in einer Schüssel, die schließlich am tiefsten Punkt zum Stillstand kommen muss.

Die zyklische Bewegung des Menschen ist jedoch viel komplizierter – stetig wird Energie ins System gesteckt, welches zudem sehr viele Freiheitsgrade besitzt, insbesondere mehrgelenkige Bewegungen. Anstatt zu einem festen Punkt zu konvergieren, findet sie vielmehr einen mehrdimensionalen Weg, eine Art geschlossene Schleife, die als *Grenzzzyklus-Attraktor* bekannt ist (Briggs & Peat, 1990; Vieten et al., 2013).

Die analysierten Daten basieren stets auf Beschleunigungs- sowie Gyrometersignalen, die mit einem Inertialsensor leicht erfasst werden können. Diese Daten werden maschinell insoweit verarbeitet, dass dabei eine gemittelte Repräsentation der erfassten Bewegungssequenz (*Attraktor*, Abb. 2 in Rot), umgeben von seinen Bewegungszyklen (Abb. 2, in Grün), entsteht.

Auf dieser Grundlage zielten die Autoren darauf ab, objektive Daten zur Quantifizierung von Unterschieden zwischen menschlichen Bewegungsdaten (siehe Abb. 1) zu erhalten, indem sie drei Hauptparameter berechneten: Erstens, δM , ein Kennwert, der die geschwindigkeitsnormierte Differenz zwischen zwei Attraktoren beschreibt (Vieten et al., 2013, S. 3).

Dies wäre zum Beispiel der Unterschied zwischen den Attraktoren zweier Geh- oder Laufphasen. δM gibt dann Aufschluss über Veränderungen im individuellen Lauf- bzw. Gangmuster. Zweitens das absolute D , das das Ausmaß der Bewegungsabweichung um einen einzelnen Attraktor charakterisiert (*grüner „Schlauch“*, Abb. 2), zum Beispiel die durchschnittliche Abweichung aller Zyklen innerhalb eines einminütigen Laufintervalls. Dementsprechend entspricht δD der Differenz zwischen den Fluktuationen zweier separater Attraktoren. Letztere liefern Informationen über potentielle Veränderungen der Präzision der Bewegung, sprich ob die *Breite des Schlauchs* größer wird, also die Bewegung instabiler bzw. variabler oder ob die einzelnen Zyklen ihrem Mittelwert (Attraktor) ähnlicher werden, also stabiler werden. Dieser Ansatz wurde von Sehle, Vieten, Sailer, Mündermann et al. (2014) mit dem Ziel weiterentwickelt, die Multiplikation von δM und δD zu δF zu kombinieren, um hierrüber den *Fatigue Index Kliniken Schmieder* zu definieren. Mit dieser Entwicklung konnte die Quantifizierung motorischer Ermüdung (*Fatigue bzw. Performance Fatigability*) als klinisches Diagnoseinstrument, auch für einzelne Patienten bzw. Patientinnen, eingesetzt werden.

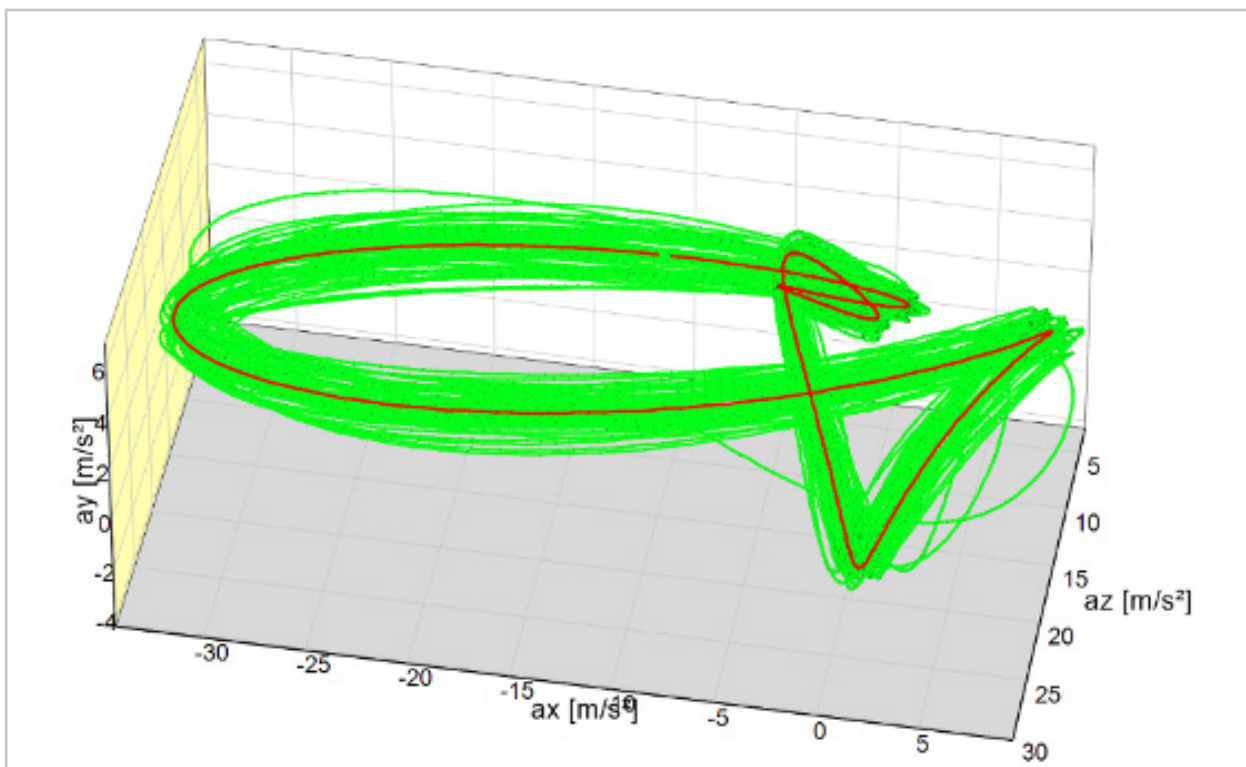


Abb. 2: Darstellung eines Attraktors (rot) mit erfassten Beschleunigungsdaten (grün) einer Gehbewegung über 60 Sekunden (Abbildung aus (Vieten & Jensen, 2015))

Gegenstand des vorliegenden Projekts war die Integration der beschriebenen Attraktor-Methode in die Ski-Langlauf Praxis zur Quantifizierung und Analyse von Live Daten, die infolgedessen maschinell bewertet werden sollten. Erzeugte Attraktoren bieten eine individuelle unmittelbare Rückmeldung hinsichtlich der Ausführung einer spezifischen Bewegung und ggf. Veränderungen über die Zeit oder zwischen Testbedingungen. Die Methodik ermöglicht Ist-Soll-Vergleiche bzw. Untersuchungen oder Anwendungen, die dem Nutzerkreis ein (akustisches) Feedback hinsichtlich Gleichheit, Ähnlichkeit oder Abweichung zur Verfügung stellen. Um die akut relevante Bewegung bewerten zu können, wird zunächst eine repräsentative Basismessung angefertigt, die dem Wunschzustand, z. B. im Sinne der qualitativ bestmöglichen Ausführung, angelehnt an die subjektive Einschätzung des Trainers, entspricht.

Hierdurch lässt die Methodik eine vollständig individuelle Bewegungserfassung und -verarbeitung zu und ist nicht auf Mittelwerte oder Normwertetabellen gesamter Populationen angewiesen. Dies fördert letztlich ein gezieltes Feedback-gestütztes Training und verbessert somit die Effizienz des Techniktrainings.

Technisch wurde die beschriebene Methodik mit MEMS Sensoren (SpoSens 2.0 Live) der Firma Wille Engineering direkt an einen PC mit 40 Hz übermittelt. Diese sind 77.5 x 37 x 34.5 mm groß und wiegen jeweils 45 g. Sie arbeiten als 3D-Beschleunigungssensor (16 G), 3D-Gyroskop (2000°s) sowie als Magnetometer (16 Gauss). Die Sensoren wurden im Rahmen dieses Projekts explorativ an relevanten Stellen des Körpers (Brust- oder Lendenwirbelsäule (siehe Abb. 3), Oberschenkel, Schuh und Handgelenk) befestigt.



Abb. 3: Testdurchlauf im Ski-Langlauf mit Befestigung eines Sensors an der Brustwirbelsäule zur Betrachtung der Oberkörperbewegung

Das Signal wurde dort per Bluetooth empfangen und über den programmierten Attraktor-Algorithmus verarbeitet und ausgewertet. Nach mehreren Testdurchläufen erwies sich der Parameter δF (siehe oben), der sowohl die Bewegungsausführung selbst, als auch die Bewegungspräzision wiedergibt, als bester Indikator für Veränderungen. Ein entsprechendes Feedback erfolgte, falls der manuell einstellbare Grenzwert überschritten wurde, über die Lautsprecher des PCs oder, auf Wunsch, per Kopfhörer. Im Rahmen dieses Projekts wurde die Anwendbarkeit bisher lediglich auf dem Laufband getestet. Potentiell ist eine Realisierung im Feld (per mobilem Endgerät) denkbar.

Die vorgestellte Technologie bietet insbesondere dort ihr größtes Fortschrittspotential, wo individuelle bzw. personalisierte Lösungen in Bewegungsdiagnostik, -training sowie -therapie in digitaler Form nötig sind. Nach wie vor finden diese Entwicklungen noch keine flächendeckende Anwendung, wenngleich die Bereitschaft für die Integration digitaler Ansätze in Leistungssport, Medizin und Alltag zunimmt. Weiterhin wäre es technisch schon heute realisierbar, weitere Datenquellen wie Herzfrequenz oder Körpertemperatur mit unseren Sensoren zu empfangen und simultan aufzuzeichnen.

3 Ergebnisse

Als technische Voraussetzung wurde eine stabile Verbindung von einem Sensor, mit einer geringen Latenz von etwa 40 ms, zu einem PC/Laptop hergestellt. Die übermittelten Live-Daten (Übertragungsrate 40 Hz) wurden per Bluetooth empfangen und am PC von einer Anwendung (App) zur Weiterverarbeitung eingelesen. Eine mit Python programmierte App (*LiveSpo*) bietet die Möglichkeit, Kalibrierungs- und Kontrollmessungen unter Anwendung der Attraktor-Methode durchzuführen. Um eine Kontrollmessung durchführen zu können, muss eine bestehende Baselinemessung geladen oder eine neue aufgezeichnet werden (Abb. 4 & 5). Neue Messungen können stets nach vollständiger Aufzeichnung für zukünftige Trainings gespeichert werden. Hierbei können die Aufzeichnungsdauer (meist 120 Sekunden) sowie eine Achse ausgewählt werden (in der Regel, die mit dem saubersten Signal) auf deren Basis ein automatisiertes Schneiden der Bewegungszyklen erfolgt. Infolgedessen können Kontrollmessungen über den Hauptbildschirm (Abb. 4) durchgeführt werden.

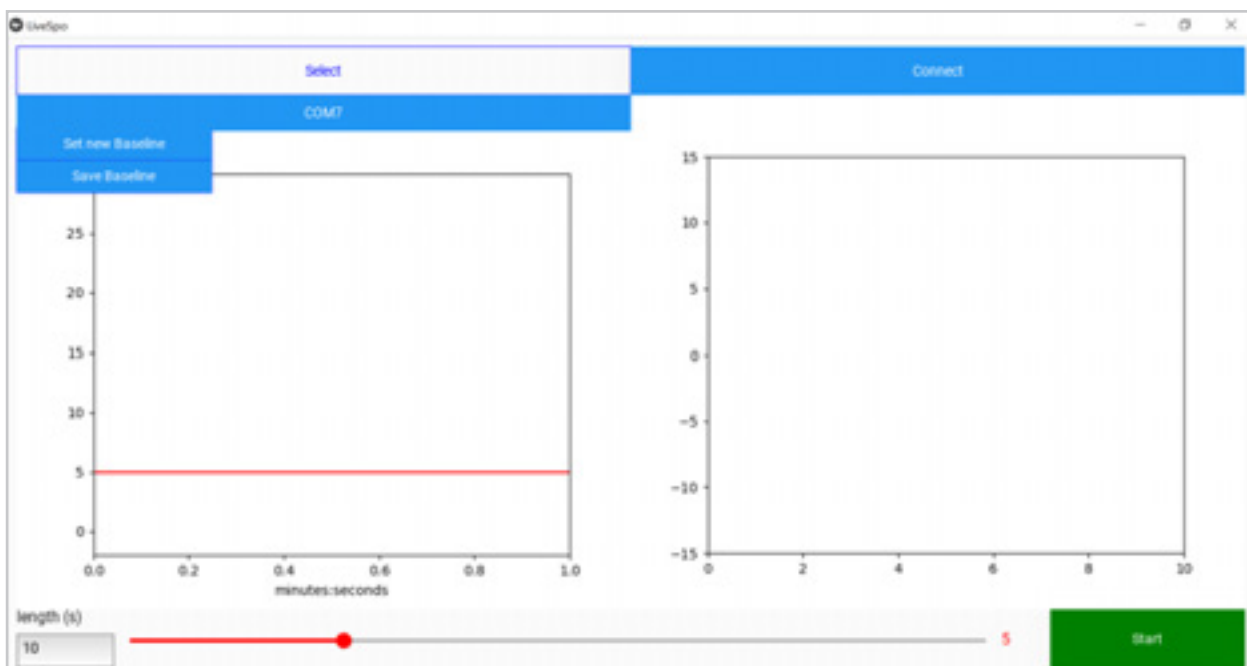


Abb. 4: Aufbau der Hauptseite der *LiveSpo* App mit Auswahlleiste, Performance Chart (links), Rohdatenanzeige (rechts) sowie dem Toleranz-Regler (unten)

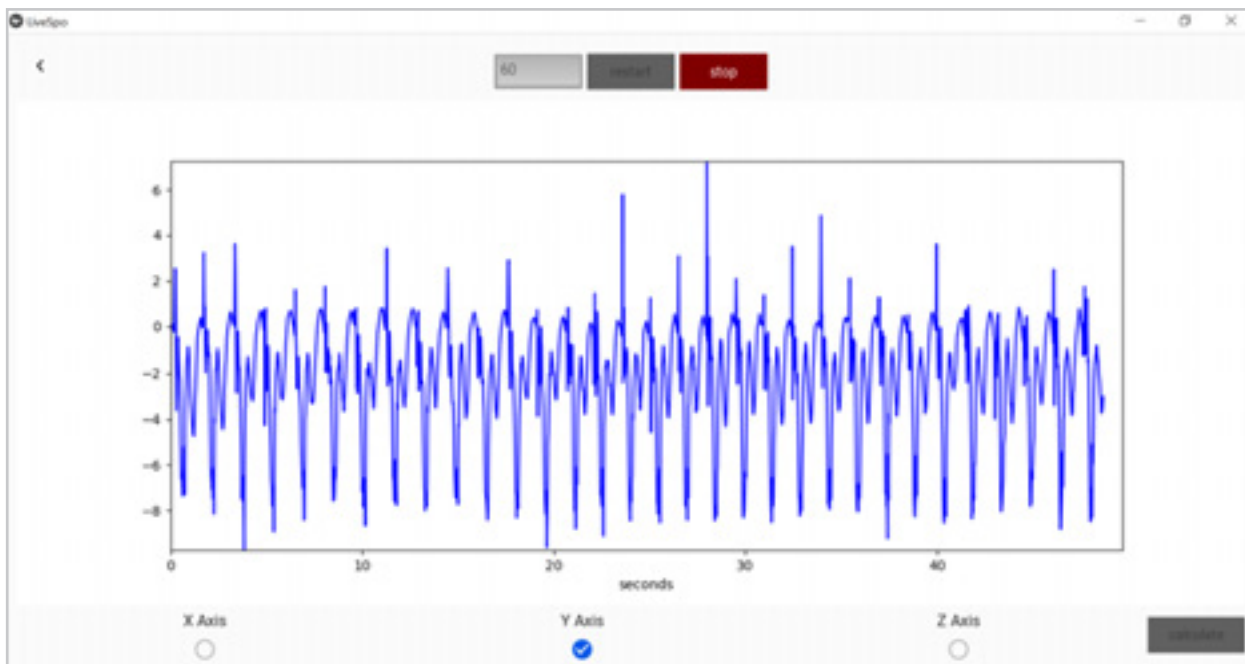


Abb. 5: Aufbau der Baselinemessung der LiveSpo App mit Auswahlmöglichkeit der Messlänge und der Cutting-Achse. Beispieldaten zeigen eine sehr gut sichtbare, zyklische Struktur.

Die Länge der einzelnen, sich wiederholenden Kontrollmessungen kann über ein Eingabefeld festgelegt werden (unten links). Mittels Schieberegler (unten mittig) kann die Toleranz des Feedbacks jederzeit eingestellt werden. Entwickelt sich der Attraktorparameter im Performance

Chart (linker Graph) oberhalb dieser Linie, was einer größeren Abweichung (δF) von der Baseline-Bewegung entspricht, erfolgt ein Tonsignal. Im rechten Graph werden dauerhaft die Rohdaten dargestellt (siehe Abb. 6).

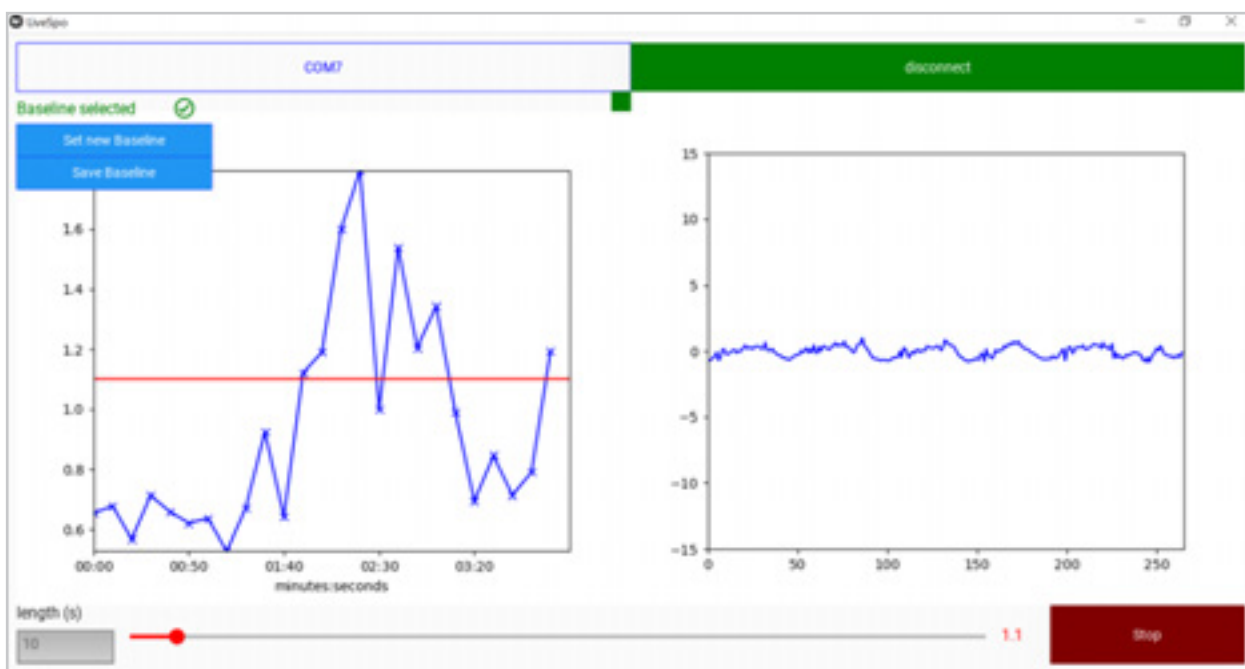


Abb. 6: LiveSpo App zeigt eine Testmessung für eine Bewegungsausführung im Langlauf mit einer Befestigung des Sensors am Oberschenkel oberhalb des Knies. Die (absichtliche) Verschlechterung der Lauftechnik wird deutlich durch ein höheres δF oberhalb der Toleranzlinie (linker Graph in rot) angezeigt und durch einen Ton signalisiert.

Um die Funktionalität der App zu überprüfen, wurden drei Testdurchläufe mit je einer Basis-messung über 120 Sekunden und mehreren Kontrollzyklen zu je 10 Sekunden durchgeführt. Die ersten, etwa 5-6 Kontrollzyklen sollten stets mit guter Technik, vergleichbar mit der Basis-messung, gelaufen werden. Im Anschluss wurde die Toleranzlinie (rot, Abb. 6) etwas oberhalb der Basiswerte gesetzt, bevor der Läufer bzw. die Läuferin instruiert wurde, gezielt die Technik zu verschlechtern, um zu überprüfen, ob der Algorithmus dies erkennt. Dies wurde für folgende Sensor-Settings im Langlauf durchgeführt:

a) Oberkörperbewegung (befestigt an BWS)

Das System lieferte *häufig ein korrektes Feedback*, nachdem die Lauftechnik, angelehnt an klassische Fehlerbilder, reproduziert wurde. Hier war allerdings ersichtlich, dass die Ausprägung von δF abhängig vom Fehlerbild mehr oder weniger deutlich (hoch) war. Für diesen Use-Case kann die vorgestellte Methodik in einer umfangreichen Validierungsphase quantitativ getestet werden.

b) Beinarbeit (Befestigung oberhalb des Knies, dargestellt in Abb. 6)

Das System lieferte ein *überwiegend korrektes Feedback*, nachdem die Lauftechnik, angelehnt an klassische Fehlerbilder, reproduziert wurde. Für diesen Use-Case kann die vorgestellte Methodik in einer umfangreichen Validierungsphase quantitativ getestet werden.

c) Armarbeit (Befestigung am Handgelenk)

Das System zeigte grob den Unterschied zwischen guter und schlechter Technik, allerdings verhielt sich δF *sehr schwankend*. Auch der Absolutwert von δF war bereits bei guter Technik sehr hoch (> 4). Dies bedeutet möglicherweise, dass die Varianz der einzelnen Bewegungszyklen in derselben Größenordnung oder höher liegt als die Varianz, die durch die simulierte Verschlechterung der Technik produziert wurde. Für diesen Use-Case muss der Algorithmus nochmals überarbeitet werden.

4 Diskussion

Das vorliegende Transferprojekt beschäftigte sich mit der Entwicklung eines Prototyps zur Diagnostik von Abweichungen des Technikleitbilds im paralympischen Skilanglauf. Die Umsetzung bezog sich zunächst auf die Anwendung auf einem (indoor) Laufband. Die technischen Voraussetzungen, eine stabile Verbindung von einem (wahlweise zwei) Sensoren zu einem PC zur Übermittlung der Live-Daten sowie die Weiterverarbeitung der Rohdaten über eine App (LiveSpo), wurden realisiert. Starke Veränderungen im Bewegungsbild konnten mittels Kontrollmessungen (mindestens im 10-Sekunden-Intervall) visuell am PC und auditiv über ein Tonsignal rückgemeldet werden. Weiterhin ist die Speicherung der Roh- und Attraktordaten für nachträgliche Analysen möglich. Testmessungen wurden hinsichtlich Veränderungen bzw. Fehlererkennung der Oberkörperbewegung (Sensor an BWS), Beinarbeit (Sensor am Knie) sowie der Armarbeit (Handgelenk) mehrfach durchgeführt. Etwaig aufgetretene technische Probleme bei Datenaufnahme und Attraktorberechnung wurden in einem iterativen Prozess durch Messungen am OSP Freiburg stetig verbessert. Zum Abschluss dieses Projekts lieferte die Anwendung im beschriebenen Rahmen insbesondere in niedrigdimensionalen Bewegungen (Fallbeispiel Beinarbeit und BWS) bereits sehr zufriedenstellende Ergebnisse. Komplexere Ausführungen, wie die Hand- bzw. Stockbewegung, mussten „übertrieben falsch“ ausgeführt werden, um diese sehr gut diskriminieren zu können. Dem liegt wahrscheinlich die hohe Komplexität der Bewegung zugrunde (hohe Anzahl an Freiheitsgraden), aus der der Algorithmus nicht immer klare Zyklen erkennen konnte. Auch wenn diese Problematik in der Entwicklung bereits mehrfach verbessert worden ist, muss dies in zukünftigen Meilensteinen nochmals verstärkt überarbeitet werden. Insbesondere dann, wenn die Messungen im Feld mit einer höheren Anzahl an Einflussfaktoren durchgeführt werden sollen. Um eine definitive Aussage über die Anwendbarkeit machen zu können, müssen bedeutend mehr Testdurchläufe aufgezeichnet und ausgewertet werden.

Limitation und Vorteil zugleich ist die Notwendigkeit, dass für die Attraktorberechnung zunächst eine Basismessung aufgezeichnet bzw. zugrunde gelegt werden muss – vorteilhaft in der Hinsicht, dass sehr individuell und flexibel praktisch jede Zielbewegung erfasst werden kann; limitierend, da die Basismessung subjektiv bewertet werden muss und daher sehr auf dem Erfahrungs- und Expertenwissen des Betreuers beruht. Gelingt jedoch ein zufriedenstellender Versuch, kann dieser gespeichert und für zukünftige Trainings immer wieder herangezogen werden.

Die oben beschriebenen Anwendungen wurden, im Rahmen des Projekts, den verantwortlichen Trainern und Sportwissenschaftlern am OSP Freiburg vorgestellt und können zukünftig im Trainingsprozess eingesetzt werden. Zusätzlich zur durchgeführten Demonstration wird der Gruppe eine PDF mit den wesentlichen Funktionen als Anleitung übermittelt. Eine erweiterte Nutzung im Feld, in Kombination mit weiteren Messparametern wie Herzfrequenz oder GPS, kann bei Bedarf in zukünftigen Projekten realisiert werden.

5 Literatur

- Briggs, J., & Peat, F. D. (1990). *Die Entdeckung des Chaos: Eine Reise durch die Chaos-Theorie*. Hanser.
- Sehle, A., Vieten, M., Sailer, S., Mündermann, A., & Dettmers, C. (2014). Objective assessment of motor fatigue in multiple sclerosis: The Fatigue index Kliniken Schmierer (FKS). *Journal of Neurology*, *261*(9), 1752-1762. <https://doi.org/10.1007/s00415-014-7415-7>
- Vieten, M. M., & Jensen, R. L. (2015). The Attractor method – A technique to quantify differences of cyclic processes and their variability. Proceedings of the 33rd International Conference on Biomechanics in Sports. Presented at the 33rd International Conference on Biomechanics in Sports, Poitiers.
- Vieten, M. M., Sehle, A., & Jensen, R. L. (2013). A Novel Approach to Quantify Time Series Differences of Gait Data Using Attractor Attributes. *PLoS ONE*, *8*(8), e71824. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071824>
- Vieten, M. M., & Weich, C. (2020). The kinematics of cyclic human movement. *PLOS ONE*, *15*(3), e0225157. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225157>
- Weich, C. (2021). *The Attractor Method and its application in running, bicycling and Nordic skiing* (Dissertation, University of Konstanz). University of Konstanz, Konstanz. Retrieved from <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:bsz:352-2-1op56v75zqhjm0>

Sozial- und Verhaltenswissenschaften

Psychological Skills Training (PST) im deaflympischen Spitzensport:

Analyse und Optimierung sportpsychologischer Betreuungsarbeit bei hörgeschädigten Spitzenathletinnen und -athleten

(AZ 070401/19-20)

Rainer Schliermann¹ (Projektleitung) & Alon Glezer²

¹Ostbayerische Technische Hochschule (OTH) Regensburg, Fakultät Angewandte Sozial- und Gesundheitswissenschaften

²Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, Institut für Sportpsychologie & Sportpädagogik

1 Theoretischer Hintergrund und Problemstellung

Psychological Skills Training (PST) hat sich mittlerweile als wesentlicher Bestandteil eines spitzensportlichen Trainings etabliert. Es ist davon auszugehen, dass systematisches, kontinuierliches und zielbezogenes psychologisches Training im Sport positive Effekte auf die Leistung von Aktiven bzw. Trainerinnen und Trainern sowie deren Zufriedenheit hat (Vealey, 2007; Williams, 2010). Insofern nehmen inzwischen die Spitzenverbände des Sports bzw. deren Athleten und Athletinnen zunehmend sportpsychologische Betreuungsleistungen in Anspruch, inklusive des paralympischen Behindertensports. In einer Studie bei deutschsprachigen paralympischen Spitzenathletinnen bzw. -athleten geben bereits im Jahr 2008 etwa 50 Prozent der Befragten an, schon einmal sportpsychologische Unterstützungsleistungen in Anspruch genommen zu haben (Schliermann, 2009; Schliermann & Danders, 2010). Auch gibt es mittlerweile umfassende empirische Analysen hinsichtlich sportartspezifischer psychologischer Leistungsprofile des paralympischen Behindertensports (z. B. für Rollstuhlbasketball: Schliermann, 2012). Für Aktive im deaflympische Sport bzw. den sog. Gehörlosensport fehlen solche differenzierten empirischen Studien weitgehend. Es liegen dagegen nur punktuelle und insgesamt eher undifferenzierte Analysen vor oder unhinterfragte Behauptungen und eher oberflächliche Empfehlungen (Clark & Sachs, 1991; Hanrahan, 2004). In der praktisch-sportpsychologischen Anwen-

dung wird im Jahr 2009 kaum mit hörgeschädigten Sportlerinnen und Sportlern gearbeitet (86.5 % der Befragten deaflympischen Kaderathleten und-athletinnen hatten noch nie Kontakt zu einem Sportpsychologen bzw. einer Sportpsychologin; Bourhim, 2009). Die fehlende wissenschaftliche und sportpsychologisch-praktische Beschäftigung mit Aktiven im deaflympischen Spitzensport ist verwunderlich, gibt es doch auch im Gehörlosensport hochrangige internationale Wettkämpfe (z. B. Deaflympics – als Pendant zu Olympischen Spielen bzw. Paralympics) und ist auch hier aktuell international ein hohes Leistungsniveau mit oftmals hoher Leistungsdichte zu konstatieren (www.deaflympics.com; Schliermann, Klein & Schulze, 2016). Insofern sind grundsätzlich auch für diese Gruppe Leistungsoptimierungen auf der Basis sportwissenschaftlicher bzw. -psychologischer Forschungen notwendig. Somit bleibt bisher wissenschaftlich völlig unklar, ob die gängigen Techniken, Verfahren und Methoden des PST (z. B. Selbstgespräch; Entspannung/Aktivierung; Visualisierung; Aufmerksamkeit/Konzentration; Zielsetzung) auch bei deaflympischen Athletinnen und Athleten problemlos trainierbar sind, gegebenenfalls modifiziert werden müssen oder ähnliche Wirkungen wie bei normal hörenden Sportlern und Sportlerinnen zu erwarten sind. Diesbezüglich wird meist empirisch ungeprüft und im Regelfall äußerst oberflächlich von einer Anwendbarkeit auch für Aktive mit Hörschädigungen ausgegangen, wobei lediglich kreative kommunikative Zugänge zu den Sportlerinnen bzw. Sportlern erforderlich seien (Vose, Clark & Sachs, 2010).

Spezifische und relevante Aspekte zu einzelnen psychologischen Techniken und Fertigkeiten bleiben bisher offen; beispielsweise: Welche Art von Selbstgesprächen nutzen gehörlose/erlaubte Sportlerinnen bzw. Sportler? Welche Rolle spielt Musik als Aktivierungs- bzw. Entspannungsmethode für hörgeschädigte Athletinnen bzw. Athletinnen? Gibt es spezifische Methoden für Hörbeeinträchtigte, die im Kanon der Techniken des PST bisher nicht berücksichtigt sind? Auch Fragen hinsichtlich reliabler und valider Diagnostik im sportpsychologischen Trainingsprozess sind unbeantwortet. Und auch die im Kontext der *Consultant Effectiveness* (Vealey, 2007) bedeutsame Interaktion zwischen Athletin bzw. Athlet und Sportpsychologe bzw. -psychologin, eingebettet in die gehörlosen-kulturellen Besonderheiten, wird bisher nicht untersucht. Es gibt also hinreichend Gründe, differenzierte sportpsychologische Studien umzusetzen, die empirisch begründete Leistungsoptimierungen durch PST bei deaflympischen Aktiven ermöglichen (Schnabel, Harre & Krug, 2016; Williams, 2010). Im Forschungsprojekt war demnach beabsichtigt, die skizzierte empirische Lücke durch eine Serie von Studien zu verkleinern.

Es wurden drei Teil-Studien durchgeführt:

- TOPS-D1-Studie zur Erfassung der Häufigkeit der Nutzung allgemeiner leistungsrelevanter psychologischer Techniken und Fertigkeiten im Training und Wettkampf sowie zur Analyse geeigneter Diagnostika,
- Online-Studie mit für die leistungssportliche Betreuung akkreditierten Sportpsychologinnen bzw. -psychologen des deutschsprachigen Raums zur Exploration bisheriger Betreuungsarbeit mit deaflympischen Athleten und -athletinnen inkl. vermuteter Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung von PST und
- Interview-Studie mit aktiven Spitzenathletinnen und -athleten sowie Trainern bzw. Trainerinnen des Gehörlosensports zur vertieften Analyse des Einsatzes psychologischer Techniken und Fertigkeiten zwecks Leistungsoptimierung und -steigerung.

Nachfolgend werden zentrale Erkenntnisse der Studien (a) und (c) berichtet, die Erfahrungen und Annahmen der im Spitzensport arbeitenden Sportpsychologinnen bzw. -psychologen können an anderer Stelle nachgelesen werden (siehe Glezer & Schliermann, 2021a).

2 TOPS-D1-Studie

2.1 Zielstellung

Die TOPS-D1-Studie verfolgte zwei Ziele:

- Erstens sollten bisherige Befunde (Bourhim, 2009; Schliermann & Bourhim, 2010) zur Nutzung psychologischer Techniken und Fertigkeiten von deaflympischen Spitzenathleten bzw. -athletinnen erweitert und gegebenenfalls als Basis für tiefergehende Interviews mit Aktiven sowie Trainereinnen und Trainern genutzt werden (siehe Punkt 3);
- Zweitens sollte analysiert werden, inwiefern standardmäßige sportpsychologische Diagnostik (hier: mittels TOPS-D1) und Interventionen auch für deaflympische Athletinnen und Athleten grundsätzlich anwendbar bzw. durchführbar sind.

Nachfolgend werden zwei explorative Fragestellungen herausgegriffen (für Details zur Studie insgesamt siehe Glezer & Schliermann, 2020a,b; Glezer & Schliermann, 2021b,c):

- Wie häufig nutzen deaflympische Athleten bzw. Athletinnen ausgewählte psychologische Techniken und Fertigkeiten im Training und Wettkampf?
- Lässt sich der TOPS-D1-Fragebogen auf der Basis von Reliabilitäts- und Itemanalysen als Diagnostikinstrument im deaflympischen Spitzensport sinnvoll einsetzen?

2.2 Methode

Stichprobe: Die Rekrutierung der Stichprobe erfolgte anlässlich zentraler Kaderlehrgänge des Deutschen Gehörlosen-Sportverbands (DGS) im Jahr 2019.

Es wurde darauf geachtet, dass mindestens genauso viele Teilnehmende aus dem Individualsport kamen wie aus dem Teamsport, da der TOPS-Fragebogen vor allem in Einzelsportarten eingesetzt wird (Schmid et al., 2010) und genuin gruppenbezogene Techniken und Fertigkeiten (z. B. Kohäsion) nicht erfasst. Alle Befragungen fanden im Gruppensetting und mittels Übersetzung in die Gebärdensprache statt. Schließlich wurden $N = 84$ Athletinnen und Athleten ($M_{\text{Alter}} = 28.43$; $SD_{\text{Alter}} = 9.40$; 27 % weiblich) rekrutiert. Die Befragten wiesen überwiegend (72 %) sehr starke Hörminderungen von ≥ 90 Dezibel (dB) Hörverlust ohne Hörhilfen auf dem besser hörenden Ohr auf und waren diesbezüglich meist bereits seit Geburt (71 %) hörbeeinträchtigt. Die Stichprobe bestand aus acht Sportarten, darunter fünf Individualsportarten (Leichtathletik; Bowling; Sportschießen; Golf; Tischtennis) und drei Mannschaftssportarten (Fußball/Männer; Handball/Männer; Beachvolleyball). Insgesamt jedoch setzte sie sich aus jeweils 50 % Individual- und 50 % Mannschaftssportlern bzw. -sportlerinnen zusammen. Es wurde durchschnittlich sieben Stunden wöchentlich trainiert. Im Durchschnitt befanden sich die Befragten sieben Jahre im DGS-Bundeskader. Die Mehrheit der Beteiligten hatte bereits an internationalen Meisterschaften teilgenommen und Medaillen errungen. Nur acht Befragte hatten bereits Erfahrungen mit sportpsychologischer Beratung und Betreuung. *Messinstrument TOPS-D1*: Es wurde der international etablierte TOPS-Fragebogen (Thomas, Murphy & Hardy, 1999) in der für den deutschen Sprachraum validierten TOPS-D1-Version (Schmid, Birrer & Reusser, 2007; Schmid, et al., 2010) eingesetzt. Der Fragebogen erfasst die Häufigkeit der Nutzung allgemeiner, für sportliche Leistung relevanter psychologischer Techniken und Fertigkeiten im Trainings- und Wettkampfkontext (1 = "nie"; 5 = "immer") durch 64 Items und ist als insgesamt reliables und valides Verfahren einzuschätzen. *Datenauswertung*: Die statistische Datenauswertung erfolgte mittels SPSS-25-Software und beinhaltete für die (a) Analyse der Nutzungshäufigkeiten der jeweiligen TOPS-Dimensionen bzw. psychologischen Techniken und Fertigkeiten neben deskriptiven Kennwerten (Häufigkeiten; arithmetisches Mittel/Standardabweichung) ANCOVAs und Einstichpro-

ben-T-Tests bei den Teilgruppenvergleichen. Die (b) Analyse der Cronbachs-Alpha-Reliabilitäten bzw. Itemanalysen des TOPS-D1 orientierte sich an den gängigen Vorschlägen zur psychometrischen Testkonstruktion und -evaluation (American Educational Research Association, American Psychological Association & National Council on Measurement in Education, 2014; Bühner, 2011; Eid & Schmidt, 2014; Lienert & Raatz, 1998; Moosbrugger & Kelava, 2011; Pospeschill, 2010) und umfasste zunächst die Berechnungen der jeweiligen internen Konsistenzen (Cronbachs α -Reliabilitäten) der Subdimensionen, gefolgt von einer Itemanalyse der 64 Fragen, der Berechnungen von psychometrischer Itemschwierigkeit (M) und deren Standardabweichung (SD), Part-Whole korrigierter Eigentrennschärfe ($r_{it(t)}$), Cronbachs- α bei Entfernung des Items, Schiefe (S) und Kurtosis (K). Außerdem wurden Häufigkeitsberechnungen durchgeführt.

2.3 Ergebnisse

(a) Nutzung sportpsychologischer Techniken und Fertigkeiten im Training und Wettkampf

Das **deskriptive Profil** weist *Zielsetzung* sowohl im Trainings- als auch im Wettkampfkontext als am häufigsten genutzte Technik aus. Ebenfalls kontextübergreifende Relevanz kommt *Selbstgespräch* sowie *Visualisierung* zu (siehe Tab. 1). Demgegenüber scheint *Entspannung* in beiden Kontexten eher weniger bedeutsam zu sein. Bezogen auf den deskriptiven Vergleich mit normalhörenden Athleten und Athletinnen der Validierungsstudie (Schmid et al., 2007) ergeben sich für die deaflympischen Athletinnen und Athleten bei acht Subdimensionen (leicht) höhere Werte und bei drei niedrigere (s. Tab. 1). Hinsichtlich der *Trainings*-Dimensionen weisen hörgeschädigte Sportlerinnen und sportler in allen vier erfassten Bereichen bzw. Techniken höhere Werte auf, wobei beide Gruppen eine ähnliche Relevanzstruktur zeigen. Bezüglich der *Wettkampf*-Dimensionen verdeutlicht Tab. 1 für deaflympische Athletinnen bzw. Athleten bei vier Subdimensionen höhere und bei vier niedrigere Werte als normalhörende Sportlerinnen bzw. Sportler. Obgleich insgesamt eine sehr ähnliche Relevanzstruktur für beide Gruppen zu konstatieren ist, fallen die deutlich höheren

Tab. 1. Rangfolge der TOPS-Dimensionen (Rang 1 = höchster Wert) im Trainings- (N=82-84) und Wettkampfkontext (N=80-83)

Training						Wettkampf					
		Aktuelle Studie		Valid. NBs ^a				Aktuelle Studie		Valid. NBs	
Rang	Dimension	M	SD	M	SD	Rang	Dimension	M	SD	M	SD
1	Zielsetzung	3.64	.66	3.58	.76	1	Zielsetzung	3.99	.59	4.01	.78
2	Selbstgespräch	3.23	.66	3.00	.88	2	Aktivierung	3.74	.63	2.77	.61
3	Visualisierung	3.10	.71	3.04	.78	3	Selbstgespräch	3.45	.73	3.12	.94
4	Entspannung	2.53	.81	2.16	.77	4	Visualisierung	3.42	.65	3.39	0.84
						5	Automatisierung	3.34	.72	3.21	0.74
						6	Entspannung	3.17	.69	3.22	0.74
						7	Emotionale Kontrolle	3.04	.46	3.64	0.67
						8	Negative Kognitionen	2.18	.61	2.22	0.61

Anmerkungen. M = Mittelwert, SD = Standardabweichung.

^b Deutschsprachige Validierungsstudie des TOPS-D1 (Schmid, Birrer & Reusser, 2007; Schmid et al., 2010) mit Athlet*innen ohne Beeinträchtigungen.

Cronbachs Alpha-Reliabilitäten für die Trainingsdimensionen *Aktivierung*, *Emotionale Kontrolle*, *Aufmerksamkeitskontrolle* und *Automatisierung* $\alpha < .5$, deshalb von den Auswertungen ausgeschlossen.

Werte der deaflympischen Gruppe für *Selbstgespräch* resp. niedrigeren für *Emotionale Kontrolle* auf (s. Tab. 1). Bezüglich der durchgeführten **Teilgruppen-Vergleiche** scheint vor allem der Sportkontext (Training vs. Wettkampf) sowie das sportliche Leistungsvermögen (bereits internationale Wettkampfteilnahme vs. keine internationale Wettkampfteilnahme) bedeutsam für die Nutzung von Techniken und Fertigkeiten. Bei beiden Teilgruppenvergleichen ergeben sich drei statistisch signifikante und teils große Effekte: Jeweils nutzen die Sportlerinnen und Sportler psychologische Techniken und Strategien im Wettkampf häufiger als im Training und setzen international Wettkampferfahrene die Techniken und Fertigkeiten häufiger ein als noch Unerfahrene (siehe detailliert Glezer & Schliermann, 2020a; Glezer & Schliermann, 2021c). Die letztgenannten Befunde decken sich mit denen von Leistungssportlern und -sportlerinnen ohne Hörbeeinträchtigungen (Schmid et al., 2007; Schmid et al., 2010; Schliermann & Danders, 2010).

(b) Cronbachs- α -Reliabilitäten und Itemanalysen des TOPS-D1

Die Anwendbarkeit des TOPS-D1-Fragebogens zur sportpsychologischen Diagnostik bzw. als Grundlage zielführender Trainingsmaßnahmen setzt insbesondere hinreichend reliable TOPS-Dimensionen voraus. Wie aus Tab. 2 ersichtlich, weisen einige Subdimensionen unzureichende Cronbachs α -Reliabilitäten auf. Vor allem die α -Werte für *Aktivierung-Training*, *Emotionale Kontrolle-Training*, *Aufmerksamkeitskontrolle-Training* und *Automatisierung-Training* implizieren mit Werten $< .50$ unreliable Messungen

bzw. deuten (auch) auf Verständnisprobleme der hörbeeinträchtigten Athletinnen und Athleten hin. Akzeptable Werte finden sich bei den beiden *Entspannungs*-Dimensionen ($> .70$). Für die restlichen Dimensionen ergeben sich Werte zwischen $.50$ und $.70$ (siehe Tab. 2). Aufgrund der Abhängigkeit von Reliabilität und verschiedener itemanalytischer Kennwerte (Bühner, 2011, S. 178-182) sind diese nachfolgend näher betrachtet. Betrachtet man die Subdimensionen *Aktivierung-Training* als am unrelibelsten messende Skala genauer, so fällt itemanalytisch auf, dass die vier Items insgesamt mittlere psychometrische Schwierigkeiten um 3 aufweisen (Antwortskala: 1 = "nie"; 5 = "immer") und somit kein Decken- bzw. Bodeneffekt existiert (siehe auch die Werte für *Schiefe* und *Kurtosis*). Solche Werte gelten in der psychometrischen Fragebogenkonstruktion als günstig für eine differenzierte Erfassung von Merkmalen resp. Sicherstellung einer angemessenen Varianz der Antworten (Bühner, 2011; Pospeschill, 2010). Die Part-Whole korrigierten Trennschärfen bewegen sich bei drei von vier Items im .20er Bereich, was allgemein als verbesserungsbedürftige und auf jeden Fall zu verändernde Items interpretiert wird (Pospeschill, 2010, S. 83). Offensichtlich ungeeignet scheint Item 38 (negative geringe Trennschärfe), das bei Entfernung eine erhebliche Verbesserung des Cronbachs α -Wertes ergeben würde (siehe Tab. 3). Der Blick auf die Itemformulierungen zeigt, dass zwei von vier Items in unterschiedliche Richtungen (positiv und negativ) formuliert sind (35. „Ich trainiere, wie ich mich selber aktivieren kann“; 38. „Ich habe Mühe, mich zu aktivieren, wenn ich mich während des Trainings schlaff fühle“; 44. „Es

fällt mir schwer, meinen Aktivierungsgrad während des Trainings zu erhöhen“;49. „Ich trainiere, mich während Trainingseinheiten selber zu aktivieren“). Dagegen steht die Subdimension *Entspannung-Training* als am reliabelsten messende Skala. Die psychometrischen Itemschwierigkeiten sind insgesamt als eher leicht zu werten, wobei ebenfalls kein Decken- oder Bodeneffekt festzustellen ist (siehe auch die Werte für *Schiefe* und *Kurtosis*). Die Part-Whole korrigierten Trennschärfen bewegen sich hier

allerdings im guten Bereich zwischen .50 und .637 (Pospeschill, 2010, S. 82). Alle Itemformulierungen gehen in dieselbe Richtung. Es lässt sich kein Item finden, das bei Entfernung eine deutliche Verbesserung der Cronbachs- α -Reliabilität erbringen würde (siehe Tab. 3).

Die ergänzend durchgeführten Berechnungen der Cronbachs- α -Werte von gehörlosen/ertaubten Sportlern und Sportlerinnen versus schwerhörigen Athletinnen und Athleten bzw. von angeboren hörbeeinträchtigten Aktiven versus

Tab. 2. Cronbachs Alpha Reliabilitäten der TOPS-D1-Dimensionen.

Dimension	Kontext	Cronbachs Alpha		
		Aktuelle Studie (N=84)	DGS-2010 ^a (N=74)	Valid. NBs ^b
Aktivierung	Training	.274	.254	.55
	Wettkampf	.640	.435	.63
Automatisierung	Training	.459	.665	.65
	Wettkampf	.670	.624	.74
Emotionale Kontrolle	Training	.430	.169	.74
	Wettkampf	.524	.691	.74
Entspannung	Training	.769	.902	.82
	Wettkampf	.724	.674	.82
Selbstgespräch	Training	.599	.764	.86
	Wettkampf	.697	.784	.85
Visualisierung	Training	.559	.562	.64
	Wettkampf	.540	.598	.76
Zielsetzung	Training	.610	.595	.82
	Wettkampf	.605	.705	.81
Aufmerksamkeitskontrolle	Training	.424	.405	.70
Negative Kognitionen	Wettkampf	.635	.413	.65

Anmerkungen.

a TOPS-Erhebung bei deutschen Kaderathlet*innen (Schliermann & Bourhim, 2010); der Fragebogen wurde selbständig und ohne Verdolmetschung von den befragten Athlet*innen im Online-Verfahren ausgefüllt.

b deutschsprachige Validierungsstudie des TOPS-D1 (Schmid, Birrer & Reusser, 2007; Schmid et al., 2010) mit Athlet*innen ohne Beeinträchtigungen.

Tab. 3. TOPS-D1 Itemanalyse

Dimension	α	Item Nr.	<i>M</i>	<i>SD</i>	(<i>r it(t)</i>)	α_w	<i>S</i>	<i>K</i>
Aktivierung (Training)	.274	35.	3.42	1.13	.227	.084	-.428	-.742
		38.	2.81	.981	-.137	.521	-.024	-.377
		44.	3.35	.875	.234	.113	-.097	-.924
		49.	3.00	.988	.291	.013	.141	-.632
Aktivierung (Wettkampf)	.640	13.	3.66	.927	.475	.530	-.416	-.223
		28.	3.86	.823	.348	.617	-.192	-.716
		40.	3.71	.996	.331	.640	-.980	.859
		52.	3.71	.889	.542	.482	-.565	.083
Automatisierung (Training)	.459	10.	2.85	1.04	.224	.432	.282	-.478
		23.	3.54	.797	.272	.385	-.796	.585
		29.	3.65	.906	.282	.370	-.762	.781
		48.	3.22	1.01	.279	.371	-.260	-.198
Automatisierung (Wettkampf)	.670	11.	3.29	1.06	.421	.624	-.151	-.696
		30.	3.39	1.00	.412	.628	-.370	-.289
		41.	3.48	1.03	.450	.604	-.123	-.846
		54.	3.20	.987	.525	.555	-.146	-.557
Emotionale Kontrolle (Training)	.430	20.	2.51	1.07	.296	.299	-.170	-.704
		39.	3.40	.971	.083	.502	.111	-.709
		60.	3.12	1.08	.222	.381	.301	-.296
		61.	3.28	.964	.378	.222	-.029	-.772
Emotionale Kontrolle (Wettkampf)	.524	24.	3.44	.873	.313	.453	-.440	-.074
		31.	3.07	.997	.325	.440	-.163	-.799
		62.	3.35	.993	.264	.497	.006	-.116
		63.	3.71	.918	.353	.417	-.244	-.151
Entspannung (Training)	.769	05.	2.33	1.01	.637	.679	.614	-.120
		06.	2.39	1.07	.604	.696	.318	-.639
		15.	2.31	1.07	.544	.728	.334	-.112
		27.	3.11	1.06	.500	.751	-.095	-.921
Entspannung (Wettkampf)	.724	08.	3.30	.933	.620	.596	-.254	.353
		17.	2.96	1.03	.473	.692	-.064	-.711
		25.	3.34	.785	.438	.704	-.084	-.508
		43.	3.08	.952	.537	.648	-.194	-.762
Selbstgespräch (Training)	.599	02.	3.43	.917	.442	.483	-.177	-.378
		16.	3.13	.913	.309	.578	-.393	-.099
		47.	3.24	1.12	.389	.524	-.178	-.745
		51.	3.35	.973	.387	.522	-.017	-.372
Selbstgespräch (Wettkampf)	.697	21.	3.02	1.17	.367	.721	-.139	-.180
		33.	3.64	1.07	.591	.558	-.527	-.269
		36.	3.41	.911	.455	.650	-.106	-.370
		57.	3.73	.871	.557	.597	-.334	.085
Visualisierung (Training)	.559	03.	3.20	.875	.153	.611	-.189	.324
		12.	3.24	1.09	.436	.405	-.321	-.553
		42.	3.39	1.04	.498	.357	-.723	.077
		64.	2.57	1.28	.312	.527	.434	-.920
Visualisierung (Wettkampf)	.540	18.	3.15	1.07	.416	.382	-.350	-.417
		34.	3.53	.842	.167	.579	-.573	.159
		55.	3.33	1.11	.357	.440	-.368	-.616
		59.	3.68	.952	.371	.431	-.782	.272
Zielsetzung (Training)	.610	01.	3.93	.757	.511	.479	-.562	.393
		37.	3.52	.950	.208	.664	-.890	.349
		53.	3.63	1.01	.521	.430	-.543	-.265
		58.	.350	1.13	.380	.555	-.632	-.273
Zielsetzung (Wettkampf)	.605	07.	4.01	.829	.363	.551	-.719	.122
		22.	3.88	.941	.320	.587	-.700	.150
		26.	3.77	1.00	.420	.509	-.808	.215
		46.	4.32	.722	.469	.490	-.120	2.09

Anmerkungen.

α = Cornbachs Alpha. *M* = Mittelwert. *SD* = Standard Deviation. (*r it(t)*) = Korrigierte Item Skala Korrelation.

α_w = Cronbachs Alpha wenn Item weggelassen. *S* = Schiefe. *K* = Kurtosis

denjenigen mit erworbenen Hörbeeinträchtigungen finden sich auf der Online-Plattform *Open Science Framework* (OSF; Tabelle D und E, <https://osf.io/cavu2>). Sie zeigen insbesondere für gehörlose/erlaubte Sportlerinnen und Sportler in 13 von 16 erfassten Subdimensionen deskriptiv teils erheblich geringere Reliabilitäten als für ihre schwerhörigen Kolleginnen bzw. Kollegen und erhärten somit die oben postulierten Verständnisschwierigkeiten. Die α -Werte bezüglich des Entstehungszeitpunkts der Hörbeeinträchtigungen lassen hingegen kein eindeutiges Bild erkennen.

3 Interviewstudie mit deaflympischen Aktiven sowie Trainerinnen und Trainern

3.1 Zielstellung

Die Fokusgruppen-Interviewstudie wurde mit dem Ziel durchgeführt, tiefergehende Erkenntnisse zum Psychological Skills Training (PST) zu erhalten. Hierbei sollten die anderen im Forschungsprojekt umgesetzten quantitativ orientierten Studien durch diese qualitative ergänzt und vertieft werden. Vor allem sollten auch die subjektiven Wahrnehmungen bzw. das Wissen der im deaflympischen Spitzensport Aktiven sowie deren Trainern und Trainerinnen erfasst und analysiert werden.

Die zentralen Forschungsfragen waren:

- Welche Bedeutung hat die Sportpsychologie im deaflympischen Sport?
- Wie werden sportpsychologische Techniken und Fertigkeiten im deaflympischen Sport angewendet?
- Welche Besonderheiten ergeben sich für die Anwendung sportpsychologischer Techniken und Fertigkeiten im deaflympischen Sport?

3.2 Methode

Befragte Personengruppe: Die Befragungen fanden in Form von sechs Fokusgruppen-Interviews statt, die COVID-19 bedingt fünfmal virtuell stattfinden mussten.

Es wurde darauf geachtet, dass sowohl Individual- als auch Mannschaftssportarten bzw. -sportler und -sportlerinnen in die Studie einbezogen werden; auch einige Trainerinnen bzw. Trainer waren involviert. Außerdem mussten auch gehörlose bzw. erlaubte Sportler bzw. Sportlerinnen dem Befragungskollektiv angehören. Letztlich nahmen 23 Sportlerinnen und Sportler sowie 4 Trainer bzw. Trainerinnen der Sportarten Leichtathletik, Sportschießen, Tennis, Fußball, Handball und Bowling an den Fokusgruppen-Interviews teil. Die Aktiven waren durchschnittlich 33.09 (SD = 9.47) Jahre alt (6 weiblich) und betrieben Leistungssport seit durchschnittlich 17.1 (SD = 7.7) Jahren. Mehrheitlich (N = 16) war die Hörschädigung angeboren und waren die Eltern normalhörend. *Datenerhebung Fokusgruppen-Interviews:* Als Verfahren der Datenerhebung diente das sog. Fokusgruppen-Interview. Es wurden in Anlehnung an die Empfehlungen von Hennink, Hutter und Bailey (2020, S. 137-168) und Silverman (2020, S. 219-245) jeweils Kleingruppen mit maximal 4-5 Beteiligten (ggf. inkl. Trainer bzw. Trainerin) gebildet. Die Gruppen entsprachen bestimmten Mitgliedern von bestehenden Kadergruppen bzw. Nationalmannschaften. Der Ablauf orientierte sich an einem vorab ausgearbeiteten Interviewleitfaden, welcher als Orientierung der zu besprechenden Themen diente. Das Kriterium der konkreten Berücksichtigung der aufgeführten Fragen bei den jeweiligen Interviews war dabei dasjenige der theoretischen und empirischen Sättigung. *Datenauswertung:* Die qualitative Datenanalyse setzte die *thematische Analyse* (Braun & Clarke, 2006) als in der (Sport-)Psychologie weithin akzeptierte und praktizierte Form der qualitativen Inhaltsanalyse um.

3.3 Ergebnisse

Die detaillierte Analyse der sieben herausgefundenen Themen bzw. übergeordneten Kategorien erbrachte ein facettenreiches Bild bzgl. der Anwendung sportpsychologischen Trainings aus Sicht deaflympischer Sportler bzw. Sportlerinnen und Trainerinnen bzw. Trainer. Zusammenfassend sind einige zentrale Resultate herausgegriffen. *Wahrgenommene Charakteristik und Bedeutsamkeit von Sportpsychologie im*

deaflympischen Sport: Die befragten Athletinnen bzw. Athleten und Trainer bzw. Trainerinnen wissen um die Bedeutung von Sportpsychologie bzw. dem sportpsychologischen Training. Sie betonen insbesondere die Notwendigkeit einer optimalen psychischen (mentalen) Verfassung für die Erbringung von (Top-)Leistungen im Wettkampf. Außerdem werden nahezu alle in einschlägigen Lehrbüchern genannten zentralen sportpsychologischen Techniken (Cox, 2011; Weinberg & Gould, 2018; Williams & Krane, 2014) angesprochen, häufig auch mit konkreten Beispielen. Allerdings fällt auf, dass mehrheitlich nicht explizit entsprechende sportpsychologische Termini benutzt werden.

Art der Kommunikation mit Sportpsychologen bzw. -psychologinnen: Die Art der Kommunikation im potenziellen sportpsychologischen Trainingsprozess lässt kein eindeutiges Bild erkennen. Tendenziell scheint es so, dass gehörlose/ertaubte Aktive eine Nutzung von Gebärdensprache begrüßen (sie aber nicht unisono fordern), dagegen eine Bereitschaft zur Aneignung gebärdensprachlicher (Grund-)Kenntnisse fordern. Bei schwerhörigen Aktiven ist das nicht der Fall. Hier gibt es sogar einige, die selbst keine Gebärdensprachkompetenz besitzen (da sie Gebärdensprache nie erlernt haben und auch im Alltag nur lautsprachlich kommunizieren). Für alle gleichermaßen wichtig scheint die starke Identifikation der potenziell im deaflympischen Sport arbeitenden Sportpsychologinnen bzw. -psychologen mit dem Gehörlosensport als solchen zu sein sowie die Bereitschaft, sich in die Lebens(sport)welt der Athleten und Athletinnen einzudenken und einzufühlen. Eine diesbezüglich distanzierte Haltung wird von allen Befragten abgelehnt.

Anwendung von sportpsychologischen Techniken im deaflympischen Sport: Von den interviewten Aktiven bzw. Trainern und Trainerinnen hatte niemand Erfahrung mit systematisch eintrainierten psychologischen Techniken. In einigen Fällen übernehmen die jeweiligen (Heim-)Trainerinnen bzw. -trainer, der Freundeskreis oder Familienmitglieder (z. B. Vater) die Rolle eines „Sportpsychologen“. In dem Kontext geht es dann fast ausschließlich um hilfreiche Gespräche oder darum, „jemanden einfach alles sagen zu können“. Alle befragten Trainerinnen und Trainer äußern den Wunsch nach systematischer Unterstützung in der

sportpsychologischen Arbeit. *Besonderheiten der Anwendung sportpsychologischer Techniken im deaflympischen Sport:* Die stark hörbeeinträchtigten Sportler und Sportlerinnen beschreiben sich nahezu alle als sog. „Augenmenschen“; das betrifft gehörlose/ertaubte als auch schwerhörige Athletinnen und Athleten gleichermaßen. Das wird mit der Tatsache begründet, dass man permanent Situationen im Spiel mitbekommen muss oder auch Anweisungen von Trainern bzw. Trainerinnen und Betreuungskräften aufnehmen möchte. Eine solche permanente visuelle Aufmerksamkeit könnte auch eine Quelle erhöhter Stresswahrnehmung darstellen. Der durch kognitive Aktivierung möglicherweise erhöhte Stress wird von einigen Aktiven mit der Notwendigkeit des Einsatzes gezielter Entspannungstechniken in Verbindung gebracht. Es ist allerdings darauf hinzuweisen, dass von den befragten Athletinnen und Athleten niemand bisher eine sportpsychologische Technik systematisch erlernt hat, somit auch keine Entspannungstechnik(en). Insofern sind weder die klassischen (klinischen) bzw. wissenschaftlich hinreichend evaluierten Techniken (z. B. Progressive Muskelrelaxation; Autogenes Training; Biofeedback; Hypnose; Ruhl, Hach & Wittchen, 2011) noch sog. naive Entspannungsverfahren gezielt eintrainiert. In Bezug auf den Einsatz von Musik als sportpsychologische Technik ist festzuhalten, dass sie bei allen befragten gehörlosen/ertaubten Athletinnen bzw. Athleten keine Relevanz im psychoregulativen Kontext besitzt und umgekehrt für alle schwerhörigen Sportlerinnen bzw. Sportler als bedeutsam erachtet wird. Ob sich die Art der genutzten Musik von normalhörenden Aktiven unterscheidet, geht aus den Aussagen der Befragten nicht eindeutig hervor. Häufig wird bass-lastige Musik bevorzugt. Ob das dem verminderten Hörvermögen geschuldet ist und somit als für schwerhörige Sportler bzw. Sportlerinnen spezifisch anzusehen ist oder als eher generell der Aktivationserhöhung (wie bei normalhörenden Sportlern und Sportlerinnen auch) dienend anzusehen ist, ist aus den Gesprächen nicht abschließend zu beantworten. Ebenfalls unklar bleibt die Tatsache, dass einige schwerhörige Athletinnen und Athleten Musik, die sie vor einem Wettkampf hören, unkontrolliert auch während des Wettkampfes wahrnehmen.

Sportpsychologische Techniken in deaflympischen Mannschaftssportarten: Hinsichtlich potenzieller Besonderheiten der Anwendung sportpsychologischer Techniken im Mannschaftssport lassen sich kaum entsprechende Hinweise finden. Ein Aspekt könnte die Art der sportbezogenen Kommunikation betreffen. In einer Mannschaftssportart wurde starker Wert auf die Nutzung der Gebärdensprache von *allen* Teammitgliedern gelegt – also auch von den noch verhältnismäßig gut hörenden bzw. prinzipiell auch noch mit gewöhnlicher Lautsprache kommunizierenden schwerhörigen Sportlerinnen und Sportlern. Dies solle u. a. die Gehörlosen-Kultur stärken sowie sicherstellen, dass besonders auch die gehörlosen/ertaubten Teammitglieder alles verstehen können. Bei anderen Mannschaften und Sportarten wird hier flexibler und weniger strikt vorgegangen.

4 Anwendungsbezogene Zusammenfassung

Aus den durchgeführten theoretischen Analysen und empirischen Studien lassen sich anwendungsbezogene Aspekte zum PST skizzieren:

4.1 Sportpsychologische Diagnostik

(siehe auch Glezer & Schliermann, 2020b; Glezer & Schliermann, 2021b)

- › Eine reliable und valide Diagnostik spielt auch im deaflympischen Spitzensport eine herausragende Rolle für effektives sportpsychologisches Trainings bzw. Psychological Skills Training (PST). Es sind Besonderheiten zu beachten, die (normalhörenden) Sportpsychologinnen und -psychologen sowie Wissenschaftlern und Wissenschaftlerinnen oftmals nicht unmittelbar bewusst sind.
- › Diagnostik mittels standardisierter Fragebögen (z. B. TOPS-D1) ist nur sehr eingeschränkt für deaflympische Aktive geeignet. Besonders gehörlose und ertaubte Sportlerinnen bzw. Sportler haben häufig Schwierigkeiten, die jeweiligen Fragen-Formulierungen und Antwort-Modalitäten semantisch

zu verstehen – selbst bei Übersetzung in Gebärdensprache. Die jeweiligen (Fach-)Begriffe entsprechen nicht deren üblichen Wortschatz und sind außerdem teils nur sehr erschwert oder überhaupt nicht korrekt übersetzbar.

- › Im deaflympischen Spitzensport müssen folglich diagnostische Prozesse vor allem durch die Nutzung mehrerer Informationsquellen (z. B. Sportler/Sportlerin; Trainer/Trainerin; Sportkameraden/-kameradinnen.; *Multi-Informanten-Ansatz*) sowie durch die Verwendung verschiedener Methoden (z. B. Gespräch; apparative Verfahren; systematische Verhaltensbeobachtung; **evtl.** Fragebögen; *Multi-Methoden-Ansatz*) realisiert werden. Der dominante Einsatz (standardisierter) Fragebögen ist nicht zielführend.
- › Sofern Informationen via Fragebogen erhoben werden sollen, empfiehlt es sich, offene Fragen zu stellen bzw. auf differenzierte Antwort- bzw. Einschätzungsskalen zu verzichten. In jedem Fall müssen einfache Satzkonstruktionen und geläufige Worte verwendet werden sowie sollten keine verschachtelten Fragen/Aussagen und unterschiedlich gepolte Items (z. B. bei Likert-Skalen) genutzt werden.
- › Es sollten häufig genutzte standardisierte Fragebögen (z. B. TOPS-D1) in unterschiedlichen Darbietungsvarianten (z. B. Übersetzung der Items in Gebärdensprache und Darbietung via Video-Sequenzen etc.) wissenschaftlich analysiert und validiert werden.

4.2 Kommunikation zwischen Athlet bzw. Athletin und Sportpsychologin bzw. -psychologe

- › Eine effektive Kommunikation zwischen diesen beiden Gruppen stellt eine unverzichtbare Grundvoraussetzung effektiven PST dar. Sie ist insbesondere hinsichtlich einer gut

- entwickelten *Consultant Effectiveness* (Vealey, 2007) bedeutsam.
- › Herausragende Stellung nimmt eine Vertrautheit des sportpsychologischen Betreuungspersonals mit den gehörlosenspezifischen kulturellen Besonderheiten ein. Es muss sich eine gute Kenntnis über den institutionalisierten deaflympischen Sport (Gehörlosensport) angeeignet werden; außerdem ist ein grundlegendes Verständnis der Gehörlosenkultur wünschenswert inkl. gebärdensprachlicher Grundkompetenzen; insgesamt sollte ein Bemühen deutlich erkennbar sein, sich in die ‚Gehörlosenwelt‘ resp. ‚Gehörlosenkultur‘ einzudenken.
 - › In der direkten Kommunikation mit dem Athleten bzw. der Athletin sind gebärdensprachliche Grundkompetenzen wünschenswert. Dies erhöht die Akzeptanz bei gehörlosen/erlaubten Aktiven und ihren Trainerinnen und Trainern und entlastet die betreuten hörgeschädigten Sportler bzw. Sportlerinnen (Stressreduktion durch Verringerung permanenter visueller Aufmerksamkeit via Lippen-Ablesen und gedanklicher Konstruktionsprozesse auditiv wahrgenommener Informationen).
 - › Eine Nutzung und ggf. Beherrschung der Gebärdensprache ist für gehörlose/erlaubte Aktive eindeutig vorteilhaft und erleichtert ein sportpsychologisches Arbeiten (da hier etwa ‚dazwischen geschaltete‘ externe Dolmetscher bzw. Dolmetscherinnen für Gebärdensprache nicht benötigt werden); es ist empfehlenswert, gegebenenfalls auf bereits etablierte Kooperationen der gehörlosen/erlaubten Aktiven mit Dolmetscherinnen bzw. Dolmetschern für Gebärdensprache (etwa im Rahmen der Alltagsbewältigung; Psychotherapie etc.) zurückzugreifen.
 - › Für schwerhörige Athletinnen bzw. Athleten und solche, die ein Cochlea-Implantat (CI) tragen, kann eine Gebärdensprachkompetenz nicht vorausgesetzt werden und ist demnach die Kommunikation mittels Gebärdensprache nicht a priori hilfreich. Zunehmend wird sie von diesem Personenkreis nicht mehr erlernt und somit auch nicht beherrscht und verstanden. Dementsprechend ist vor jeder sportpsychologischen Arbeit mit deaflympischen Aktiven zu klären, welche Rolle die Gebärdensprache – vor allem bei nicht-gehörlosen/erlaubten – in der Kommunikation spielt.
 - › Bei schwerhörigen Aktiven und solchen, die ein CI-Implantat tragen, kann sportpsychologisches Training in weiten Teilen auf die Nutzung von Gebärdensprache verzichten; das besonders dann, wenn Hörhilfen getragen werden. Sofern wettkampfnahes Training unter ‚Normalbedingungen‘ des institutionalisierten Gehörlosensports durchgeführt wird, ist dies gegebenenfalls dann nicht mehr der Fall.
 - › Insgesamt empfiehlt sich bei der Arbeit mit stark hörbeeinträchtigten Sportlern bzw. Sportlerinnen, vielfältige Kommunikationsmittel zu nutzen, zu denen auch die verbale Lautsprache gehört. Hörbeeinträchtigte Aktive sind es gewohnt, mit ihren Sporttrainern bzw. -trainerinnen in einer solchen Vielfalt zu kommunizieren, da sie mehrheitlich von (normal-)hörenden Trainerinnen und Trainern betreut werden. Insofern sollte die verbale Lautsprache bestenfalls kombiniert werden mit Elementen der Gebärdensprache, Lippen-Ablesen, Vorzeigen/Demonstrationen, der Nutzung von Zeichnungen/Abbildungen, dem Aufschreiben einzelner Begriffe oder der Nutzung des Fingeralphabets (siehe ausführlicher auch Schliermann, Klein & Schulze, 2016; Schliermann et al., 2014).

4.3 Psychological Skills Training

(siehe auch Glezer & Schliermann, 2020; Glezer & Schliermann, 2021a,c)

- Effektives und leistungsförderliches PST hängt eng mit gut entwickelter *Consultant Effectiveness* (Vealey, 2007) zusammen, die sich wiederum wesentlich durch hinreichende Kenntnisse von und Sensibilität für gehörlosenspezifische Sachverhalte ausdrückt. Die Onlinestudie mit im (Hoch-)Leistungssport arbeitenden Sportpsychologinnen und -psychologen des deutschsprachigen Raums weist auf insgesamt lückenhaftes entsprechendes Wissen bzw. Sensibilität hin. Demnach besteht hier Aufklärungsbedarf. Der Deutsche Gehörlosen-Sportverband (DGS) sowie die dieses Forschungsprojekt durchführenden Wissenschaftler wären hier geeignete Ansprechpersonen.
- Effektives und leistungsförderliches PST setzt überdies eine gute Beziehung zwischen dem Athlet/der Athletin und dem Sportpsychologen bzw. der -psychologin voraus (Grawe, 2000; Vealey, 2007) sowie die Bereitschaft der Sportpsychologinnen und -psychologen, sich auf deaflympische Aktive inklusive derer Bedürfnisse und Besonderheiten einzulassen. Letztgenannter Aspekt scheint mehrheitlich bei im (Hoch-)Leistungssport arbeitenden deutschsprachigen Sportpsychologen und -psychologinnen gegeben, indem die Bereitschaft signalisiert wird, grundsätzlich auch deaflympische Sportlerinnen und Sportler zu betreuen.
- Insgesamt bewerten die befragten Sportpsychologinnen und -psychologen die in der aktuellen Literatur aufgelisteten allgemeinen sportpsychologischen Techniken und Fertigkeiten (Cox, 2011; Weinberg & Gould, 2018; Williams & Krane, 2014) als für gehörlose/ertaubte Aktive gut trainierbar. Besonders positiv sehen sie die Entwicklung von Visualisierungs- und Zielsetzungstechniken; weniger optimistisch fällt das Urteil bezüglich Entspannungs- und Selbstgesprächstechniken aus.
- Die Leistungsrelevanz der analysierten allgemeinen portpsychologischen Techniken und Fertigkeiten lässt sich auch für deaflympische Aktive bestätigen. Diejenigen mit internationalen Wettkampfteilnahmen nutzen die genannten Techniken insgesamt häufiger als ihre Kolleginnen bzw. Kollegen ohne entsprechende Wettkampferfahrung bzw. sportliches Leistungsvermögen.
- In Bezug auf die Anwendung der aufgelisteten Techniken und Fertigkeiten weisen deaflympische Aktive ein ähnliches Grundprofil auf wie Sportlerinnen bzw. Sportler ohne Hörbeeinträchtigungen inkl. dem paralympischen Sport. Auch sie nutzen die untersuchten Techniken und Fertigkeiten im Wettkampf häufiger als im Training. Darüber hinaus werden Zielsetzungs-, Selbstgesprächs- und Visualisierungstechniken relativ häufig angewendet, Entspannungstechniken vergleichsweise weniger oft.
- Für die Nutzung bestimmter sportpsychologischer Techniken und Fertigkeiten spielt es insgesamt keine Rolle, wann die Hörschädigung entstanden ist (angeboren vs. erworben) bzw. wie stark der Hörverlust ausgeprägt ist.
- Die Nutzung bestimmter sportpsychologischer Techniken und Fertigkeiten resultiert nicht aus einem systematischen und zielbezogenen Trainingsprozess in der professionellen Anleitung durch eine sportpsychologische Fachkraft. Die jeweiligen Techniken und Fertigkeiten werden demgegenüber intuitiv und häufig implizit genutzt. Demnach muss offen bleiben, inwiefern sie korrekt angewendet werden und ihre potenziell leistungsoptimierende Wirkung entfalten.

- › In Bezug auf Musik als psychologische Technik ist zu beachten, dass sie für schwerhörige Sportlerinnen und Sportler eine Rolle spielt, für gehörlose/erlaubte jedoch nicht. Insofern nutzen Letztgenannte in diesem Kontext (durch Musik erzeugte) Vibrationen nicht. Zur Art der bevorzugten Musik bei den schwerhörigen Athleten und Athletinnen kann keine eindeutige Aussage getroffen werden. Tendenziell scheint relativ bass-lastige und laute Musik bevorzugt zu werden, um eine Aktivierungssteigerung zu erreichen. Inwiefern auch ruhige, leisere und somit der Entspannung dienliche Musik genutzt wird, wurde aus den Fokusgruppen-Interviews nicht klar beantwortet.
- › Selbstgesprächstechniken werden auch von gehörlosen/erlaubten Aktiven relativ häufig genutzt. Allerdings werden sie nicht in Gebärdensprache geführt, sondern eher in Bildern und Gedanken. Manche der Befragten berichten auch davon, in unbeobachteten Situationen in den Spiegel zu gebärden bzw. zu sprechen (z. B. in einer Wettkampfpause in einer Toilette).
- › Visualisierungstechniken werden auch von stark hörbeeinträchtigten (gehörlosen/erlaubten und schwerhörigen) Athleten und Athletinnen relativ häufig genutzt. Sie werden allerdings nicht systematisch eintrainiert und angewendet, beispielsweise im Sinne des Mentalen Trainings (im engeren Sinn) nach Eberspächer (2019).
- › Zur Bedeutung von Entspannungstechniken im sportpsychologischen Training lässt sich auf Basis der durchgeführten Studien keine eindeutige Aussage treffen. Offenbar werden sie von den befragten Aktiven relativ selten eingesetzt (TOPS-D1-Studie) und wenn, dann nicht in Form wissenschaftlich geprüfter Standardverfahren (etwa Progressive

Muskelrelaxation; Autogenes Training; [Selbst-]Hypnose; Fokusgruppen-Interviewstudie). Andererseits wird betont, dass die permanente mentale Aufmerksamkeit und visuelle Reizwahrnehmung – was als unabdingbare Grundeigenschaft jedes hörbeeinträchtigten Sportlers bzw. jeder hörbeeinträchtigten Sportlerin beschrieben wird – stressbezogenen Charakter aufweist und somit prinzipiell Entspannungserfordernisse impliziert (Fokusgruppen-Interviewstudie). Außerdem ist unklar, ob aufgrund der reduzierten Reizwahrnehmung durch das deutlich eingeschränkte Hörvermögen eventuell sogar bessere Voraussetzungen als bei Normalhörenden vorliegen, Entspannung systematisch zu erlernen und einzusetzen.

5 Literatur

- American Educational Research Association, American Psychological Association & National Council on Measurement in Education (2014). *Standards for Educational and Psychological Testing*. Washington, DC: American Educational Research Association.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. Freeman.
- Bourhim, S. (2009). *Psychologische Fertigkeiten im Hörgeschädigten-Spitzensport. Eine empirische Analyse* (unveröff. Diplomarbeit). Halle/Saale: Universität, Institut für Sportwissenschaft.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, 3(2), 77-101.
- Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (3. Aufl.). Pearson.
- Clark, R. A., & Sachs, M. L. (1991). Challenges and Opportunities in Psychological Skills Training in Deal Athletes. *The Sport Psychologist*, 5(4), 392-398.
- Cox, R. H. (2011). *Sport psychology: concepts and applications* (7th. Ed.). McGraw-Hill.

- Eberspächer, H. (2019). *Mentales Training. Das Handbuch für Trainer und Sportler*. Co-press.
- Eid, M., & Schmidt, K. (2014). *Testtheorie und Testkonstruktion*. Hogrefe.
- Glezer, A., & Schliermann, R. (2020a). Anwendung zentraler psychologischer Fertigkeiten und Techniken von deaflympischen Spitzenathlet*innen. In G. Amesberger, S. Würth & T. Finkenzeller (Hrsg.), *Zukunft der Sportpsychologie - zwischen Verstehen und Evidenz*. Virtuelle Online-Tagung 52. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie. 21. bis 23. Mai 2020 (S. 101). Salzburg: Universität Salzburg.
- Glezer, A., & Schliermann, R. (2020b). Sportpsychologisches Training im deaflympischen Spitzensport: diagnostische und interventionsbezogene Herausforderungen. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, 61(2), 111-130.
- Glezer, A., & Schliermann, R. (2021a). Preconceptions and Consultant Experience of Sport Psychologists in Deaf Sport. In O. Höner, S. Wachsmuth, M. Reinhard und F. Schultz (Hrsg.), *Talententwicklung & Coaching im Sport*. Virtuelle Online-Tagung 53. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie. 13. bis 15. Mai 2021 (S. 128). Tübingen: Universität Tübingen.
- Glezer, A., & Schliermann, R. (2021b). Sport psychological Skills Training (PST) in Elite Deaf Sport: Diagnostic and other Intervention-related Challenges. In K. Ng, P. Rintala, A. Kandzia, A. Lindeman (eds.), *The 23rd International Symposium of Adapted Physical Activity (Online ISAPA 2021) and the Nordic Congress of Adapted Physical Activity*. 15th-18th June 2021. (p. 57). Jyväskylä: University of Jyväskylä.
- Glezer, A., & Schliermann, R. (2021c). Psychological Skills and Techniques Utility Patterns in Elite Deaf Sport. In R. J. Schinke & YK. Chang (eds.), *International Society of Sport Psychology (ISSP) 15th World Congress*. 30th September – 4th October 2021. (p. 236-237) Routledge.
- Grawe, K. (2000). *Psychologische Therapie*. Hogrefe.
- Hanrahan, S. J. (2004). Sport psychology and athletes with disabilities. In T. Morris & J. Summers (Eds.), *Sport Psychology. Theory, applications and issues* (2nd. Ed.; pp. 572-583). Wiley & Sons.
- Hardy, L., Roberts, R., Thomas, P. R., & Murphy, S.M. (2010). Test of Performance Strategies (TOPS): Instrument refinement using confirmatory factor analysis. *Psychology of Sport & Exercise*, 11, 27-35.
- Hennink, M., Hutter, I., & Bailey, A. (2020). *Qualitative research methods* (2nd. Ed.). Sage.
- Lienert, G.A., & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse* (6. Aufl.). Beltz, PVU.
- Moosbrugger, H., & Kelava, A. (Hrsg.). (2012). *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2. Auf.). Springer.
- Pospeschill, M. (2010). *Testtheorie, Testkonstruktion, Testevaluation*. Reinhardt.
- Ruhl, U., Hach, I., & Wittchen, H. U. (2011). Entspannungsverfahren. In H.-U. Wittchen & J. Hoyer (Hrsg.), *Klinische Psychologie & Psychotherapie* (pp. 587-599). Springer.
- Schliermann, R. (2009). Mental Skills im Spitzensport behinderter Athleten. Ausgewählte Befunde eines IPC-sanktionierten Forschungsprojektes anlässlich der Paralympics 2008 in Peking. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *Nachwuchsrückführung und Nachwuchsförderung im Leistungssport der Menschen mit Behinderungen* (S. 180-198). Sportverlag Strauß.
- Schliermann, R. (2012). *Leistungspsychologie im Rollstuhlbasketball*. Sportverlag Strauß.
- Schliermann, R., & Bourhim, S. (2010). Psychologische Fertigkeiten im Hörgeschädigten-Spitzensport: Analyse des Einsatzes bei Kaderathleten. In G. Amesberger, T. Finkenzeller & S. Würth (Hrsg.), *Psychophysiologie im Sport – zwischen Experiment und Handlungsoptimierung* (S. 161). Czwalina.
- Schliermann, R., & Danders, D. (2010). Psychological skills of elite athletes with a disability. In European Congress of Adapted Physical Activity EUCAPA 2010 (Ed.), *Adapted Physical Activity over Life-Span* (p. 117). O.O.: o.V.

- Schliermann, R., & Glezer, A. (2020). *Zwischenbericht: Psychological Skills Training (PST) im deaflympischen Spitzensport: Analyse und Optimierung sportpsychologischer Betreuungsarbeit bei hörgeschädigten Spitzenathlet*innen*. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp).
- Schliermann, R., Klein, P., & Schulze, A. (2016). Deaflympischer Sport – die unbekannte Sportbewegung. *Leistungssport*, 46(4), 39-44.
- Schliermann, R., Anneken, V., Abel, Th., Scheuer, T., & Frobose, I. (2014). *Sport von Menschen mit Behinderungen. Grundlagen, Zielgruppen, Anwendungsfelder*. Elsevier, Urban & Fischer.
- Schmid, J., Birrer, D., & Reusser, U. (2007). Psychische Fertigkeiten und Strategien im Training und Wettkampf: Hintergrund, psychometrische Qualität und Anwendung einer deutschsprachigen Version des Test of Performance Strategies (Thomas et al., 1999) – Kurzfassung. Magglingen: Bundesamt für Sport (BASPO).
- Schmid, J., Birrer, D., Kaiser, U., & Seiler, R. (2010). Psychometrische Eigenschaften einer deutschsprachigen Adaptation des Test of Performance Strategies (TOPS): Ein Instrument zur Erfassung psychischer Fertigkeiten im Sport. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 17(2), 50-62.
- Schnabel, G., Harre, D., & Krug, J. (Hrsg.). (2016). *Trainingslehre – Trainingswissenschaft: Leistung – Training – Wettkampf*. Meyer & Meyer.
- Silverman, D. (2020). *Interpreting qualitative data* (5th. Ed.). Sage.
- Thomas, P. R., Murphy, S. M., & Hardy, L. (1999). Test of performance strategies: Development and preliminary validation of a comprehensive measure of athletes' psychological skills. *Journal of Sports Sciences*, 17, 697-711.
- Vealey, R. S. (1988). Future directions in psychological skills training. *The Sport Psychologist*, 2, 318-336.
- Vealey, R. S. (2007). Mental Skills Training in Sport. In G. Tenenbaum & R.C. Eklund (Eds.), *Handbook of Sport Psychology* (pp. 287-309). Wiley & Sons.
- Vose, J. E., Clark, R. A., & Sachs, M. L. (2010). Athletes who are blind/visually impaired or deaf/hard of hearing. In S.J. Hanrahan & Andersen, M.B. (Eds.), *Routledge Handbook of Applied Sport Psychology. A comprehensive guide for students and practitioners* (pp. 450-459). Routledge.
- Weinberg, R. S., & Gould, D. (2018). *Foundations of Sport and Exercise Psychology* (7th. Ed.). Human Kinetics.
- Williams, J. M. (Ed.). (2010). *Applied sport psychology. Personal growth to peak performance* (6th. Ed.). McGraw-Hill.
- Williams, J. M., & Krane, V. (Eds.). (2014). *Applied sport psychology. Personal growth to peak performance* (7th. Ed.). McGraw-Hill.

Trainerinnen und Trainer als zentrale Akteure und Akteurinnen in der Prävention sexualisierter Gewalt: Umgang mit Nähe und Distanz im Verbundsystem Nachwuchsleistungssport (TraiNah)

(AZ 070901/19-20)

Bettina Rulofs¹ (Projektleitung), Jeannine Ohlert^{2,3} (Projektleitung), Ilse Hartmann-Tews¹ (Projektleitung), Gitta Axmann¹, Daniela Brennecke¹, Brit Hoffmann¹, Sonja Gaedicke¹, Alina Schäfer-Pels² & Marc Allroggen² (Projektleitung)

¹ Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Soziologie und Genderforschung

² Universitätsklinikum Ulm, Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie

³ Deutsche Sporthochschule Köln, Psychologisches Institut, Abt. Gesundheit & Sozialpsychologie

1 Einführung und Problemstellung

Angestoßen durch publik gewordene Fälle von Kindesmissbrauch in Internatsschulen und Kirchen, aber auch durch die #MeToo-Bewegung hat das Problem der sexualisierten Gewalt im letzten Jahrzehnt eine zunehmende gesellschaftliche Aufmerksamkeit erfahren. Zugleich weisen auch die sportwissenschaftliche Forschung und die Initiative #CoachDontTouchMe in Deutschland auf einen Handlungsbedarf im Leistungssport hin. Die Beziehungen zwischen Trainerinnen bzw. Trainern und Athleten bzw. Athletinnen sind in besonderem Maße von Nähe und Vertrauen gekennzeichnet. Eine enge und verlässliche Bindung ist somit ein wesentliches Element des Heranwachsenden im Leistungssport (Krapf, 2015). Die Studie »Safe Sport« gibt Hinweise darauf, dass sexualisierte Gewalt vor allem dann auftritt, wenn ein stark hierarchiebetontes Klima in den Trainingsgruppen herrscht und (einzelne) Sportlerinnen bzw. Sportler in ihren Anliegen nicht gehört werden (Allroggen et al., 2016). Um ein angemessenes Klima von Nähe und Distanz in der Sportgruppe herzustellen, sind die Trainerinnen und Trainer die zentralen Personen, denn sie prägen die sozialen Beziehungen in einer Trainingsgruppe, und zwar nicht nur im eigenen Umgang mit den Aktiven, sondern auch bezüglich der Interaktionen von Sportlern und Sportlerinnen untereinander.

der. Auch wenn der weit überwiegende Teil der Trainer und Trainerinnen die eigene Arbeit mit Sportlerinnen und Sportlern äußerst gewissenhaft und mit hohem Engagement durchführt, so bergen die sozialen Konstellationen im Leistungssport doch ein gewisses Risiko, dass Grenzverletzungen entstehen. Dass Trainerinnen und Trainer eine hohe Verantwortung für das soziale Klima in ihrer Trainingsgruppe haben, scheint ihnen mitunter nicht bewusst (Duda & Appleton, 2016). Dies ist insofern gravierend, als dass insbesondere die Aktiven im Nachwuchsleistungsbereich einen Großteil ihrer Zeit mit ihren Trainerinnen bzw. Trainern und ihrer Trainingsgruppe verbringen.

Zugleich werden Trainer und Trainerinnen durch die aktuellen gesellschaftlichen Diskussionen um sexuelle Belästigungen und Übergriffe verunsichert. Es entstehen ganz konkrete Fragen danach, wie viel Nähe angemessen und erlaubt ist, wie heranwachsende Athletinnen und Athleten gestärkt und ihre Unversehrtheit gesichert werden kann und wie sie sich selbst vor falschen Verdachtsäußerungen schützen können. Die meisten bisherigen Präventionsstrategien setzen jedoch entweder auf der Ebene der Gesamtorganisation oder auf der Ebene der Sporttreibenden an und nicht bei den Trainerinnen und Trainern.

Ziel des Projekts *TraiNah* war es daher, den Umgang mit Nähe und Distanz im Nachwuchsleistungssport sowohl aus Perspektive der Trai-

nerinnen und Trainer als auch der Athleten und Athletinnen zu untersuchen und dabei Risiken für die Entstehung von sexualisierter Gewalt sowie Schutzfaktoren zu ermitteln.

Hierzu wurde

- › die Perspektive der Trainerinnen und Trainer zum Thema Beziehungsgestaltung sowie Nähe und Distanz im Nachwuchsleistungssport erhoben,
- › zum gleichen Thema die Einstellung und Perspektive der Nachwuchsathleten und -athletinnen erfasst, sowie
- › auf Basis der Erhebungsergebnisse eine Workshopkonzeption für die Trainerarbeit zum Thema Nähe und Distanz erstellt, erprobt und evaluiert.

Das Projekt wurde dabei umgesetzt mit Unterstützung der olympischen Spitzenverbände Deutscher Schwimmverband, Deutscher Basketballbund, Deutscher Turner-Bund sowie Deutsche Reiterliche Vereinigung. Darüber hinaus wurde das Projekt dankenswerterweise auch von der Deutschen Sportjugend, der Trainerakademie Köln des DOSB sowie vom Bundesverband der Trainerinnen und Trainer im deutschen Sport (BVTDS) unterstützt. Auch das Engagement der Vereinigung Athleten Deutschland e. V. war für das Projekt sehr hilfreich, da dies den Zugang zur Befragung von Aktiven erleichterte sowie zu hilfreichen Feedbacks bei der Durchführung der Schulungen führte.

2 Methodische Umsetzung

Im ersten Schritt des Projekts wurde eine ausführliche Literaturrecherche durchgeführt und schließlich in einem Review-Artikel publiziert (Gaedicke et al., 2021), um den aktuellen Forschungsstand zu den möglichen Risiken in der Beziehung zwischen Trainerinnen bzw. Trainern und ihren Athletinnen und Athleten im Hinblick auf sexualisierte Gewalt zu erfassen. Basierend auf den Review-Ergebnissen wurden zunächst Interviewleitfäden für halbstrukturierte Interviews erstellt, um insgesamt 37 Personen (19

Trainerinnen bzw. Trainer sowie 18 Athleten bzw. Athletinnen) aus den vier beteiligten Sportverbänden ausführlich zu befragen. Der Schwerpunkt der Interviews lag auf der Ausgestaltung der Beziehung im Bereich des Nachwuchsleistungssports sowie auf dem Umgang mit Nähe und Distanz, wobei auch Bezüge zu sexualisierter Gewalt, Angst vor falschem Verdacht und die Einstellung zu intimen (Liebes-)Beziehungen aufgenommen wurden.

Anschließend wurden aus den Ergebnissen der Interviews sowie dem aktuellen Forschungsstand zum Thema Fragestellungen für eine Online-Befragung von Trainerinnen und Trainern sowie Athletinnen und Athleten generiert. An den beiden Online-Befragungen nahmen insgesamt 830 Sportler bzw. Sportlerinnen und 927 Trainerinnen bzw. Trainer aus 78 verschiedenen Sportarten teil und teilten sowohl ihre Erfahrungen interpersonaler Gewalt im Sport, ihre Erfahrungen zum Empowerment-Klima sowie Meinungen zum Thema Rollen und Machtverhältnisse. Bei der Trainergruppe wurde zusätzlich die Handlungssicherheit in möglicherweise grenzüberschreitenden Situationen erhoben.

Im letzten Schritt des Projekts wurden die Ergebnisse der qualitativen und quantitativen Erhebungen genutzt, um ein Workshopkonzept zu erstellen, das sich an die Zielgruppe der Trainerinnen und Trainer im Verbundsystem Nachwuchsleistungssport richtet und zur Sensibilisierung, Wissensvermittlung und Umsetzung von Handlungsempfehlungen für den Umgang mit Nähe und Distanz in der Beziehung zwischen Trainerinnen bzw. Trainern und den Athleten bzw. Athletinnen beitragen soll. Die Konzeption wurde im Rahmen von zehn Workshops mit insgesamt 158 Trainern und Trainerinnen aus den beteiligten Spitzenverbänden erprobt und mittels einer Prä-Post-Befragung evaluiert. Anschließend wurde die Konzeption im Rahmen einer Schulung an 20 Multiplikatorinnen bzw. Multiplikatoren aus verschiedenen Spitzenverbänden weitergegeben, um direkt im Rahmen des Projekts den Transfer in die Sportpraxis zu sichern.

3 Ergebnisse und Diskussion

Durch die unterschiedlichen Zugänge in Bezug auf Forschungsmethode und Zielgruppe sowie den Einschluss vieler verschiedener Sportarten konnten das Thema Beziehung zwischen Trainerinnen bzw. Trainern und Athletinnen bzw. Athleten und damit verbunden auch die Erfahrungen und der Umgang mit Gewalt im Nachwuchsleistungssport erstmals differenziert für Deutschland beleuchtet werden.

3.1 Prävalenz von interpersonaler Gewalt im Nachwuchsleistungssport

Wie relevant das Forschungsthema für den Nachwuchsleistungssport ist, zeigt sich in den hohen Prävalenzen, die von den Aktiven im Rahmen der Online-Befragung berichtet werden. Mit einer Prävalenz von 64 % scheint psychische Gewalt dabei in quantitativer Hinsicht den größeren Problembereich darzustellen, im Vergleich zu 31 % der Befragten, die angaben, sexualisierte Gewalt im Kontext des Sports erfahren zu haben, und 16 % Betroffene von körperlicher Gewalt. Diese Befunde decken sich mit jüngst veröffentlichten Studien, die über den engeren Bereich des Nachwuchsleistungssports hinaus auch den Breitensport adressieren (Allroggen & Rulofs, 2021; Hartill et al., 2021). Hinzu kommt, dass selbst wenn Sportlerinnen und Sportler nicht selbst von Gewalt betroffenen sind, doch nahezu alle bereits psychische Gewalt beobachtet haben und über die Hälfte auch sexualisierte Gewalt. Die Ergebnisse verweisen zum einen darauf, dass psychische Gewalt im Nachwuchsleistungssport auch durch zukünftige Studien stärker ins Visier geraten muss, zum anderen muss auch beachtet werden, dass die reinen Prävalenzraten nicht genügend über die Schwere und Folgen der verschiedenen Gewalterfahrungen aussagen. Auch hierzu ist weitere Forschung notwendig.

Im Rahmen der Online-Befragung zeigt sich, dass die von den Trainerinnen bzw. Trainern berichteten Häufigkeiten von Gewalterfahrungen mit Blick auf ihre Zeit als Athleten bzw. Athletinnen geringer sind als die von den befragten Sportlern und Sportlerinnen berichteten Gewalterfahrungen. Über die Gründe für diese Befunde können zunächst nur Vermutungen geäußert werden.

Möglicherweise spielt eine Rolle, dass bei den Trainergruppe die Gruppe der Männer deutlich größer war als bei den Aktiven. Zudem kann es von Relevanz sein, dass gerade die eigene aktuelle Rolle (als Trainer oder Trainerin, als Athlet oder Athletin) und die darin gemachten Erfahrungen im besonderen Fokus stehen und somit auch Vergessens- oder Verdrängungseffekte eine Rolle spielen. Eindeutig ist aber, dass bei der Auseinandersetzung mit dem Thema nicht nur Aktive als Betroffene und Trainer bzw. Trainerinnen als Täter bzw. Täterinnen in den Blick genommen werden müssen, sondern beide Personenkreise sowohl Opfer als auch Ausübende von Gewalt (gewesen) sein können. In Schulungsmaßnahmen mit Trainergruppen könnte somit auch die eigene Gewalterfahrung aus dem Kontext des Sports aufgegriffen und reflektiert werden, um hier Möglichkeiten der konstruktiven Verarbeitung zu schaffen.

Im Mittelpunkt der Untersuchung stand aber nicht zuvorderst die Erfassung der Prävalenz von interpersonaler Gewalt, sondern die Relevanz der Beziehung zwischen Trainer bzw. Trainerinnen und Sportlerinnen bzw. Sportlern für die Entstehung und Prävention von interpersonaler Gewalt und insbesondere von sexualisierter Gewalt. Sowohl von den befragten Aktiven als auch von den Trainerinnen und Trainern wird die Beziehung zwischen ihnen als zentral für den Schutz vor Gewalt angesehen. Wie komplex und herausfordernd die Gestaltung dieser Beziehung im Bereich des Nachwuchsleistungssports ist, konnten die Ergebnisse der Studie eindrucksvoll zeigen.

3.2 Kritische Elemente in der Beziehung zwischen Trainer/Trainerin und Athlet/Athletin im Hinblick auf sexualisierte Gewalt

Sowohl aus dem Forschungsreview als auch aus den durchgeführten Interviews und quantitativen Befragungen kristallisieren sich zentrale Elemente in dieser Beziehung heraus, die als riskant für die Ausübung von sexualisierter Gewalt im Leistungssport bezeichnet werden können – wenngleich hier betont werden muss, dass diese nicht per se zur Ausübung von Gewalt führen und im Rahmen des Projektes viele Befunde darauf hindeuten, dass bei den Trainern und Trai-

nerinnen bereits ein hohes Problembewusstsein dafür besteht.

Insbesondere in den Interviews im Trainerkreis zeigt sich die Komplexität der Rollen, die sie im Nachwuchsleistungssport einnehmen. So sind sie zwar primär für die sportliche Leistung der jungen Athletinnen und Athleten verantwortlich, gleichzeitig ist es aber ebenso vielen Trainerinnen und Trainern ein Anliegen, auch für die persönliche Entwicklung außerhalb des Sports Verantwortung zu übernehmen. Da die Beziehung zu ihren Trainerinnen bzw. Trainern für viele Nachwuchsleistungssportler und -sportlerinnen eine der (nicht nur zeitlich) intensivsten Beziehungen ist, kann dieser pädagogische und allgemein entwicklungsfördernde Aspekt auch gar nicht ausgeblendet werden. Die damit verbundenen Risiken einer möglichen Rollendiffusion, in denen Trainer und Trainerinnen einerseits machvolle Expert bzw. Expertinnen und Respektpersonen sind, andererseits aber auch Vertraute und Erziehungspersonen, konnten in den durchgeführten Interviews klar benannt werden. Hier wurde auch der Aspekt angeschnitten, dass diese diffuse Rollenzuweisung auch z. T. durch Eltern erfolgt, was die Unsicherheit bezüglich der eigenen Rolle noch einmal verstärken kann (Allroggen, in Druck). Die Befragungsdaten zeigen zusätzlich, dass die Problematik der Rollendiffusion und -findung insbesondere für jüngere Trainerinnen und Trainer gilt, die in dieser Rolle insgesamt noch nicht so gefestigt sind wie bereits länger tätige.

Auch von den Athleten bzw. Athletinnen wird wiederholt der Wunsch geäußert, nicht nur auf sportliche Erfolge reduziert zu werden, sondern ganzheitlich als Person und Persönlichkeit wahrgenommen zu werden. Emotionale Nähe, Vertrauen und Offenheit werden in der Beziehung zwischen Athletinnen bzw. Athleten und Trainern bzw. Trainerinnen als bedeutsam genannt. Diese offensichtlich weit verbreiteten Erwartungen an die Ausgestaltung einer guten Beziehung zwischen diesen beiden Personengruppen bergen zugleich jedoch Risiken für den Schutz von jungen Menschen im Leistungssport, denn Prozesse eines Groomings mit dem Ziel der Ausübung von sexualisierter Gewalt können hier allzu leicht verdeckt und übersehen werden.

In den Interviews geben viele Sportler und Sportlerinnen aber auch an, dass es Bereiche gibt, in die Trainerinnen bzw. Trainer sich nicht einmischen dürften, wobei insbesondere der Bereich von Beziehung und Partnerschaft genannt wird. Diese Ergebnisse der Interviews spiegeln sich auch in der quantitativen Befragung der Athletinnen bzw. Athleten und Trainer bzw. Trainerinnen wider. So wird durchaus von beiden Personengruppen eine Verantwortung der Trainer bzw. Trainerinnen für außersportliche Bereiche der Athleten und Athletinnen gesehen. Gleichzeitig werden deutlich eher tabuisierte Bereiche genannt, in denen Trainerinnen und Trainer keine Rolle spielen sollten, nämlich die Bereiche Freundschaften und Partnerschaften. Auffällig ist allerdings bei den Ergebnissen der quantitativen Befragung, dass von den Sportlerinnen und Sportler die Themen Liebesbeziehungen zu Athleten bzw. Athletinnen und Austausch über persönliche Dinge über Medien weniger kritisch gesehen werden als von der Trainergruppe. Dies kann möglicherweise Ausdruck sein eines weniger kritischen Umganges mit diesem Thema und eines fehlenden Bewusstseins für die damit verbundenen Gefahren im Sinne von Ausnutzen eines Abhängigkeitsverhältnisses oder eines Grooming-Prozesses. Gleichzeitig muss aber betont werden, dass die Verantwortung für das Einhalten von Grenzen bei den erwachsenen Trainerinnen und Trainern liegt, was diesen offensichtlich auch bewusst ist.

Das Einhalten von Grenzen spielt insbesondere im Hinblick auf körperliche Nähe im Leistungssport eine Rolle. Trainerinnen und Trainer betrachten körperliche Nähe als funktional und in emotionalen Situationen auch als natürlich, wobei sie durchaus einräumen, dass dies auch heikel sein kann. Athleten und Athletinnen hingegen berichten in den Interviews, dass körperliche Nähe zwar schon grundsätzlich dazu gehöre, aber dass es ihnen auch immer wieder schwerfällt, sich bei unerwünschter körperlicher Nähe abzugrenzen, insbesondere wenn es sich um Berührungen handelt, die zwar typisch für den Sport sind, aber dennoch als unangenehm empfunden werden. Wiederum verweist dies auf ein zentrales Element in der Beziehung zwischen Trainer/Trainerin und Athlet/Athletin, das als zumindest riskant für sexualisierte

Gewalt bezeichnet werden muss. Ein Grooming als Vorbereitung für sexualisierte Gewalt ist in sozialen Konstellationen, für die körperliche Nähe funktional ist und im Alltag dazu gehört, deutlich leichter umzusetzen und zu verdecken, als es in anderen Handlungsfeldern möglich ist.

Ein weiteres relevantes Element ist das Machtungleichgewicht zwischen Trainer bzw. Trainerinnen und Athleten bzw. Athletinnen, das insbesondere auf der Selektionsmacht der Trainerinnen bzw. Trainer beruht, da es in ihren Händen liegt, ob Sportler bzw. Sportlerinnen zur Förderung ausgewählt werden und bei Wettkämpfen starten. Beide Personengruppen sind sich dieses Machtungleichgewichtes bewusst, dies spiegelt sich sowohl in den qualitativen als auch quantitativen Befunden wider. Nur bei sehr erfolgreichen Athletinnen bzw. Athleten scheint sich in seltenen Fällen dieses Machtungleichgewicht zu Gunsten der Sportler bzw. Sportlerinnen umzukehren. In der Regel besitzen die Trainerinnen und Trainer jedoch die Macht, über den Verlauf der Karrieren von Aktiven zu entscheiden. In den Interviews erläutern manche dies auch eindrücklich, wenn sie beschreiben, dass sie in bestimmten Phasen ihrer Karrieren, insbesondere im jungen Alter, den Trainern und Trainerinnen bedingungslos folgen und quasi alles tun, was von ihnen verlangt wird. Dies wird mitunter noch von den Eltern verstärkt, insbesondere wenn auch diese um die Gunst der Trainerinnen und Trainer buhlen, um für das eigene Kind die beste Förderung zu erreichen. Die Position der Trainer und Trainerinnen wird damit noch erhöht und immunisiert sie in gewisser Weise vor Kritik und Widerstand. Dieses Machtgefälle kann als höchst riskant für sexualisierte Gewalt bezeichnet werden.

Zusammengefasst sind auf Basis der Befunde folgende strukturelle Elemente in der Beziehung zwischen Trainern bzw. Trainerinnen und Aktiven zentral und zwar aus der Perspektive beider Personenkreise:

- › die *Rollenkomplexität*, die von Trainern und Trainerinnen erwartet, nicht nur Experte bzw. Expertin für den Sport zu sein, sondern die Persönlichkeitsentwicklung von jungen Menschen zu fördern;

- › *Emotionale Nähe und Vertrauen*, die von beiden Seiten als bedeutsam für die sportliche Entwicklung und die Förderung der Athletin bzw. des Athleten als „ganze Person“ wahrgenommen werden;
- › *Körperliche Nähe*, die für beide Seiten zwar grundsätzlich zum Training und Wettkampf im Sport als funktional dazugehört, jedoch insbesondere bei Athletinnen und Athleten auch unbehagliche Gefühle sowie Probleme in der Abgrenzung hervorruft, und
- › das *Machtungleichgewicht*, das in der herausgehobenen Position und Selektionsaufgabe der Trainer und Trainerinnen begründet ist und der sich Sportler und Sportlerinnen sowie ihr soziales Umfeld unterordnen.

Diese Elemente in der Beziehung zwischen Trainerinnen bzw. Trainern und Aktiven eröffnen grundsätzlich Möglichkeiten für Grooming und die Ausübung von sexualisierter Gewalt. Wenn diese Elemente strukturell im Leistungssport verankert sind, heißt dies nicht, dass sie per se zur Ausübung von Gewalt führen – dafür braucht es zusätzlich die individuelle Motivation oder Absicht einer Person (Finkelhor, 1984). Sie sind aber zumindest als spezifische Risiken des Leistungssports herauszustellen und zu problematisieren. Gleichzeitig stellt sich die Frage, wie es im Nachwuchsleistungssport gelingen kann, einen reflektierten Umgang mit diesen strukturellen Risiken zu entwickeln, der den Schutz vor (sexualisierter) Gewalt fördert.

3.3 Empowerment und Partizipation als Schlüssel zur Prävention!?

Die Ergebnisse des Forschungsprojektes *TraiNah* legen nahe, dass ein Empowerment förderndes Klima (Duda & Appleton, 2016) in der Trainingsgruppe konstruktiv für den Schutz vor Gewalt ist und somit eine Antwort auf die zuvor gestellte Frage sein kann. In den quantitativen Befragungen berichten Trainer und Trainerinnen sowie Sportlerinnen und Sportler bereits übereinstim-

ment von einem eher Empowerment stärkenden Klima in ihren Trainingsgruppen. Dies kann Ausdruck dafür sein, dass es tatsächlich bereits in großen Teilen gelingt, eine Beziehung zu etablieren, in der Macht und Kontrolle seitens der Trainer und Trainerinnen weniger wichtig sind, sondern soziale Unterstützung, Aufgabenorientierung und die Förderung der Autonomie bei den Athleten und Athletinnen im Vordergrund stehen. Werden nun die Zusammenhänge zwischen Aspekten des Empowerment-Klimas und der Erfahrung von Gewalt näher betrachtet, so zeigen sich signifikante Befunde in den quantitativen Daten dahingehend, dass ein Empowerment förderndes Klima auch tatsächlich mit geringeren Gewalterfahrungen verbunden ist als ein Empowerment schwächendes Klima.

Dass das Trainingsklima in Richtung der Stärkung eines Empowerments die Häufigkeit von Gewalterfahrungen senkt, deutete sich bereits in unserer Studie »SafeSport« an (Allroggen et al., 2016) und konnte hier nochmals differenzierter bestätigt werden. Die Interviews im *TraiNah*-Projekt bestätigen, dass sich Athleten und Athletinnen von ihren Trainerinnen und Trainern Mitbestimmung und Partizipation wünschen und einige aus dem Trainerkreis dies auch als wichtiges Ziel benennen, an das die Aktiven systematisch – von Beginn an – herangeführt werden sollten. Auch Befunde außerhalb des Sports aus anderen institutionellen Kontexten wie der Schule weisen in die Richtung, dass insbesondere das Klima innerhalb der Institution einen entscheidenden Einfluss auf die Entstehung von Gewalt hat (Rinehart & Espelage, 2016).

Basierend auf diesen Erkenntnissen wurde ein Workshop-Konzept für Trainergruppen entwickelt, das die Etablierung eines Empowerment förderlichen Klimas durch Trainerinnen und Trainer aufgreift. Mit dem Konzept „VOICE – CHOICE – EXIT“ wurde sodann ein Weg gefunden, viele der zuvor genannten Aspekte im Trainerkreis zu thematisieren und ihnen gleichzeitig eine praxisnahe Formel an die Hand zu geben, die sie im Alltag auf Trainingssituationen anwenden können.

Die Evaluation der Workshops zeigt, dass positive Effekte zu erreichen waren, insbesondere in Bezug auf eine Verbesserung der zukünftigen Autonomieunterstützung in der Trainingsgruppe sowie in Teilen bei der Verbesserung der eigenen Handlungssicherheit. In der zum Projektabschluss durchgeführten Schulung für Multiplikatoren und Multiplikatorinnen konnte die erstellte Workshop-Konzeption bereits an erste Referentinnen bzw. Referenten weitergegeben werden, die nun eigenständig die Workshops in den Sportverbänden durchführen und weiterentwickeln können. Zudem werden Materialien aus dem Projekt auf der Homepage der Deutschen Sportjugend zur allgemeinen Information zur Verfügung gestellt (www.dsj.de/kin- derschutz).

Die Projektergebnisse verdeutlichen demnach zusammengefasst, dass die Gestaltung einer über den Aspekt der sportlichen Förderung hinausgehenden Beziehung zwischen Trainern bzw. Trainerinnen und Athletinnen bzw. Athleten eine Herausforderung darstellt, dass aber gerade das Etablieren eines entwicklungsfördernden und autonomieunterstützenden Klimas das Risiko für Erfahrungen interpersoneller Gewalt reduzieren kann. Der nächste Schritt sollte nun sein, das Konzept eines Empowerment-orientierten Klimas in den Trainerausbildungen der Spitzenverbände zu etablieren.

4 Literatur

- Allroggen, M. (in Druck). Kinder- und Jugendpsychiatrische und -psychotherapeutische Aspekte im Leistungssport. In M. C. Claussen, & E. Seifritz (Hrsg.), *Lehrbuch der Sportpsychiatrie und -psychotherapie*. Hogrefe.
- Allroggen, M., & Rulofs, B. (2021). Factsheet zum Forschungsprojekt „SicherImSport“. Zugriff unter: https://www.sportsoziologie.uni-wuppertal.de/fileadmin/sportsoziologie/Projekte/FactSheet_SicherImSport_Zwischenbericht.pdf
- Allroggen, M., Ohlert, J., Gramm, C., & Rau, T. (2016). Erfahrungen sexualisierter Gewalt von Kaderathlet/-innen. In B. Rulofs (Hrsg.), „*Safe Sport*“ – Schutz von Kindern und Jugendlichen im organisierten Sport in Deutschland: Erste Ergebnisse des Forschungsprojektes zur Analyse von Häufigkeiten, Formen, Präventions- und Interventionsmaßnahmen bei sexualisierter Gewalt (S. 9-12). Deutsche Sporthochschule Köln.
- Duda, J. L., & Appleton, P. R. (2016). Empowering and disempowering coaching climates. Conceptualization, measurement considerations, and intervention implications. In M. Raab, P. Wylleman, R. Seiler, A.-M. Elbe, & A. Hatzigeorgiadis (Hrsg.), *Sport and exercise psychology research: From theory to practice* (S. 373-388). Elsevier.
- Finkelhor, D. (1984). *Child sexual abuse. New theory and research*. Free Press.
- Gaedicke, S., Schäfer, A., Hoffmann, B., Ohlert, J., Allroggen, M., Hartmann-Tews, I., & Rulofs, B. (2021). Sexual Violence and the Coach-Athlete Relationship – a Scoping Review from Sport Sociological and Sport Psychological Perspectives. *Frontiers in Sports and Active Living*, 3 [643707]. <https://doi.org/10.3389/fspor.2021.643707>
- Hartill, M., Rulofs, B., Lang, M., Vertommen, T., Allroggen, M., Cirera, E., Diketmueller, R., Kampen, J., Kohl, A., Martin, M., Nanu, I., Neeten, M., Sage, D., & Stativa, E. (2021). *CASES: Child abuse in sport: European Statistics – Project Report*. Ormskirk, UK: Edge Hill University. <https://doi.org/10.25416/edgehill.17086616.v1>
- Krapf, A. (2015). *Bindung von Kindern im Leistungssport. Bindungsrepräsentation zu Eltern und Trainer: Analyse der Zusammenhänge zu Selbstkonzept, sozialer Unterstützung, pädagogischem Arbeitsbündnis und Bewältigungsstrategien*. Feldhaus.
- Rinehart, S. J., & Espelage, D. L. (2016). A multi-level analysis of school climate, homophobic name-calling, and sexual harassment victimization/perpetration among middle school youth. *Psychology of Violence*, 6(2), 213-222.

Ehrenamtliches und freiwilliges Engagement im Sport: Sportbezogene Sonderauswertung der „Deutschen Freiwilligensurveys“ von 2014 bis 2019

(AZ 070903/20-22)

Sebastian Braun (Projektleitung), Ulrike Burrmann & Stephan Sielschott

Humboldt-Universität zu Berlin

1 Problem

Vor mehr als 20 Jahren ließ die Bundesregierung ein umfragegestütztes Informationssystem implementieren, mit dessen Hilfe das freiwillige und ehrenamtliche Engagement in Deutschland repräsentativ für die Bevölkerung und im Zeitverlauf empirisch abgebildet werden sollte. Konzipiert wurde eine breit angelegte Bevölkerungsbefragung, die 1999 als „Ehrenamtssurvey“ startete und die sich konzeptionell zügig zu einem alle fünf Jahre durchgeführten „Freiwilligensurvey“ (im Folgenden: FWS) wandelte. Die Befragungsergebnisse gelten als ein relevantes Instrument der Politikberatung insbesondere im Feld der „Engagementpolitik“.

Auf der Basis der FWS können u. a. Umfang und Struktur des ehrenamtlichen und freiwilligen Engagements im Handlungsfeld „Sport und Bewegung“ – in Sportvereinen ebenso wie in selbstorganisierten Projekten und Initiativen – untersucht und Veränderungen im Zeitverlauf nachgezeichnet werden. Vor diesem Hintergrund verfolgt die sportbezogene Sonderauswertung der FWS aus den Jahren 2014 und 2019 das Ziel, das freiwillige und ehrenamtliche Engagement im Handlungsfeld „Sport und Bewegung“ bzw. im „Sportbereich“ und dabei speziell mit Blick auf die Sportvereine im Querschnitt und im Längsschnitt empirisch zu untersuchen.¹

2 Methode

Federführendes Bundesministerium ist das Ministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (BMFSFJ), das die zugrundeliegenden Projekte zur Umsetzung der FWS gefördert hat. Die Datenerhebung erfolgte während der drei ersten Erhebungszeitpunkte durch TNS Infratest Sozialforschung, München (Gensicke & Geiss, 2010). Mit der Erhebung der FWS 2014 und 2019 wurde das Deutsche Zentrum für Altersfragen (DZA) beauftragt; die Datenerhebung wurde von infas – Institut für angewandte Sozialforschung durchgeführt (Simonson et al., 2017; Simonson et al., 2021).

Die sportbezogene Sonderauswertung der FWS für die Erhebungswellen in 2014 und 2019 setzt damit die sportbezogenen Sonderauswertungen der FWS fort, die auf der Basis der entsprechenden Datensätze für die Jahre 1999, 2004 und 2009 durch die Professur für Sportsoziologie an der HU Berlin als Kooperationsprojekte mit dem BISp und dem DOSB realisiert wurden (Braun, 2017). Seit der vierten Erhebungswelle wurden allerdings relevante Frageformulierungen und Antwortmöglichkeiten modifiziert. Die entsprechenden Änderungen, die umfassend dokumentiert sind (Schmälzle et al., 2019), haben insbesondere nach der Publikation der FWS-Daten aus dem Jahr 2014 zu ausgesprochen kontroversen Diskussionen geführt (z. B. Gensicke, 2016; Roth, 2016a, 2016b; Simonson et al., 2016). Die Änderungen (z. B. auch der Bildungshintergrund als weitere Gewichtungvariable) haben zu der Entscheidung geführt, die vorliegende sportbezogene Sonderauswertung auf die – unter methodischen Gesichtspunkten vergleichbaren – Erhebungswellen 2014 und 2019 zu beschränken.

¹ Das Projekt wird mit Forschungsmitteln des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (BISp) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Kooperationspartner des Projekts ist der Deutsche Olympische Sportbund (DOSB).

Datengrundlage sind die vom Forschungsdatenzentrum des Deutschen Zentrums für Altersfragen (FDZ-DZA) herausgegebenen Daten des Deutschen Freiwilligensurveys (FWS).² Detaillierte Angaben zur Methodik der FWS 2014 und 2019 können den jeweiligen Methodenberichten entnommen werden, die von infas erarbeitet wurden, das 2014 und 2019 zuständig war für die Datenerhebung, Datenprüfung und Gewichtung (Schiel et al., 2015, 2020). Grundgesamtheit der beiden Surveys ist jeweils die Wohnbevölkerung Deutschlands im Alter ab 14 Jahre. Mit 28.690 Interviews in 2014 und 27.762 Interviews in 2019 zählt der Freiwilligensurvey zu den größeren Bevölkerungsbefragungen in Deutschland (vgl. Tab. 1). Diese großen Stichproben lassen nicht nur bereichsspezifische Analysen zu, wie z. B. die hier vorliegende sportbezogene Sonderauswertung. Sie erlauben auch differenziertere statistische Analysen, etwa entlang von Altersgruppen.

bereich, davon knapp 87 % in Vereinen. Allerdings nahm im Sportbereich die entsprechende Engagementquote von 2014 bis 2019 um 1,4 Prozentpunkte ab. In Absolutzahlen bedeutet dieser Rückgang der Engagementquote – wenn man die Zahlen hochrechnet (Destatis – Statistisches Bundesamt, 2022) – Verluste im Umfang von ca. 1 Mio. Engagierten im Sportbereich innerhalb von 5 Jahren. Die Daten zeigen außerdem, dass diese Verluste nicht dadurch kompensiert wurden, dass die Engagierten im Sportbereich ihr Engagement 2019 häufiger ausübten als 2014.

Bemerkenswert an diesen Ergebnissen ist darüber hinaus, dass die Engagementquote in der Bevölkerung weitgehend konstant blieb (knapp 40 %) und dass in keinem anderen Bereich ein entsprechender Rückgang der Engagementquote zu verzeichnen war wie im Sportbereich.

Tab. 1: Datenbasis der FWS 2014 und 2019. Deutscher Freiwilligensurvey (FWS).

Datensatz	Erhebungszeitraum	Stichprobe ungewichtet	Repräsentativitätskriterien (Gewichtungsvariablen)	Zentrale Publikation
FWS 2014	28.04. bis 12.11.2014	N=28.690	<ul style="list-style-type: none"> • Bundesland • Gemeindegrößenklasse • Geschlecht • Altersgruppe • Schulbildung 	Simonson, Vogel & Tesch-Römer, 2017
FWS 2019	18.03. bis 16.11.2019	N=27.762	<ul style="list-style-type: none"> • Bundesland • Gemeindegrößenklasse • Geschlecht • Altersgruppe • Schulbildung 	Simonson et al., 2021

3 Ergebnisse

Versucht man ausgewählte empirische Ergebnisse über den Sportbereich knapp zusammenzufassen, dann lassen sich parallel verlaufende Trends identifizieren:

Der Sportbereich bindet konstant den vergleichsweise höchsten Anteil ehrenamtlich und freiwillig engagierter Personen in der Bevölkerung: 13,5 % der Bevölkerung in Deutschland im Alter ab 14 Jahre engagierte sich 2019 im Sport-

So sind für die nächst größeren Bereiche „Kultur und Musik“ und „Soziales“, aber auch für andere Bereiche teilweise sogar deutliche Zuwächse an Engagierten zu beobachten.

Darüber hinaus sank innerhalb der Gruppe der im Sportbereich Engagierten der Anteil der Funktionsträger bzw. -trägerinnen in Leitungs- und Vorstandsfunktionen um 1,2 Prozentpunkte. 2014 übernahmen 27,8 % und 2019 26,6 % derjenigen, die im Sportbereich ihre zeitaufwendigste Tätigkeit ausübten, eine Leitungs- oder Vorstandsfunktion.

Zugleich zeigen die empirischen Daten aber auch, dass unter den Aktiven im Sportbereich, die sich bislang nicht freiwillig und ehrenamt-

² DOI: 10.5156/FWS.2019.M.002,
DOI: 10.5156/FWS.2014.M.004, DOI: 10.5156/
FWS.2014.M.005

lich engagierten, ein beachtliches „Engagementpotenzial“ zu finden ist, das zwischen 2014 und 2019 sogar nochmal zugenommen hat. Die Tendenz, ggf. Aufgaben auf freiwilliger Basis zu übernehmen, sofern sich etwas Interessantes finden lässt und der entsprechende zeitliche Aufwand nicht zu hoch erscheint, dokumentieren die FWS-Daten nicht nur für die Aktiven im Sportbereich, sondern für die Aktiven in der Bevölkerung insgesamt.

4 Diskussion

In der Gesamtschau scheinen die Befunde der sportbezogenen Sonderauswertung der FWS von 2014 bis 2019 die These von einer „krisenhaften“ Entwicklung des ehrenamtlichen und freiwilligen Engagements im Sport und dabei speziell in den Sportvereinen zu stützen – eine These, die unter dem Stichwort einer „Krise des Ehrenamts“ im vereins- und verbandsorganisierten Sport seit Jahrzehnten in der Sportvereinsforschung kontrovers diskutiert wird (vgl. z. B. Braun, 2014; Baur & Braun, 2000; Pitsch, 1999; Pitsch & Emrich, 1997; international: Perck et al., 2016; van der Roest et al., 2016).

Diese Entwicklungstendenzen werden auch durch Befragungen von Funktionsträgern bzw. -trägerinnen in den Sportvereinen gestützt (Breuer & Feiler, 2015; 2017; 2019; 2021; Krimmer, 2016). Die empirischen Befunde dieser Befragungen von Funktionsträgern bzw. -trägerinnen in Sportvereinen machen ebenso wie die vorliegende sportbezogene Sonderauswertung der Individualdaten der FWS deutlich, dass differenzierte Betrachtungen der komplexen Hintergründe für ein freiwilliges und ehrenamtliches Engagement im Sport(verein) nicht nur aus sportwissenschaftlicher, sondern gerade auch aus sportpolitischer Perspektive bedeutsam sind, um sachlich begründete engagementförderliche Maßnahmen zu diskutieren und in eine „sportbezogene Engagementpolitik“ (Braun, 2013) zu integrieren. Beispielsweise zeigt die Datenauswertung der FWS von 2014 bis 2019 auch, dass das Engagementpotenzial im Sportbereich zugenommen hat, so dass ebenfalls die Frage, wie dieses Engagementpotenzial im Sportbereich mobilisiert werden kann, sportpolitisch und sportverbandlich bedeutsam ist.

Dabei werden neben veränderten individuellen Anreiz- und Erwartungsstrukturen auch organisationale Einflussfaktoren für ein ehrenamtliches und freiwilliges Engagement im Sportverein zu diskutieren sein.

Abschließend ist darauf hinzuweisen, dass der FWS 2019 vor Beginn der Corona-Pandemie durchgeführt worden ist. Insofern berücksichtigen die Analysen nicht die Auswirkungen der Pandemie auf das freiwillige und ehrenamtliche Engagement im Sportbereich und anderen gesellschaftlichen Engagementbereichen. Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojekts haben wir deshalb eine eigene Bevölkerungsbefragung zur „Ehrenamtlichkeit im Sportverein während der Corona-Pandemie (EiS-CP)“ durchgeführt. Ergebnisse dieser Befragung sind in verschiedenen Arbeiten publiziert worden und werden in einem eigenen Beitrag in diesem Band zusammengefasst.

5 Literatur

- Baur, J., & Braun, S. (2000). *Freiwilliges Engagement und Partizipation in ostdeutschen Sportvereinen. Empirische Befunde zum Institutionentransfer*. Sport und Buch Strauß.
- Braun, S. (2017). *Ehrenamtliches und freiwilliges Engagement im Sport im Spiegel der Freiwilligensurveys von 1999 bis 2009. Zusammenfassung der sportbezogenen Sonderauswertungen* (2. Auflage). Bundesinstitut für Sportwissenschaft. Zugriff unter <http://my.page2flip.de/2895682/9813109/9815155/html5.html#/1>
- Braun, S. (2014). Engagementforschung im vereins- und verbandsorganisierten Sport – Themen, Ergebnisse und Herausforderungen. In A. Zimmer & R. Simsa (Hrsg.), *Forschung zu Zivilgesellschaft, NPOs und Engagement. Quo vadis?* (S. 133-148). VS-Verlag für Sozialwissenschaften.
- Braun, S. (Hrsg.) (2013). *Der Deutsche Olympische Sportbund in der Zivilgesellschaft. Eine sozialwissenschaftliche Analyse zur sportbezogenen Engagementpolitik*. Springer VS.

- Breuer, C., & Feiler, S. (2021). *Sportvereine in Deutschland: Ergebnisse aus der 8. Welle des Sportentwicklungsberichts. Sportentwicklungsbericht für Deutschland 2020-2022 – Teil 1*. Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- Breuer, C., & Feiler, S. (2019). *Sportvereine in Deutschland: Organisationen und Personen. Sportentwicklungsbericht für Deutschland 2017/2018 – Teil 1*. Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- Breuer, C., & Feiler, S. (2017). Sportvereine in Deutschland – ein Überblick. In C. Breuer (Hrsg.), *Sportentwicklungsbericht 2015/2016. Analyse zur Situation der Sportvereine in Deutschland*. Sportverlag Strauß.
- Breuer, C., & Feiler, S. (2015). *Sportentwicklungsbericht 2013/2014. Analyse zur Situation der Sportvereine in Deutschland. Kurzfassung*. Sportverlag Strauß.
- Destatis – Statistisches Bundesamt (2022). *Genesis-Online*, Abrufdatum: 30.05.2022; Datenlizenz by-2-0; eigene Berechnung.
- Gensicke, T., & Geiss, S. (2010). *Hauptbericht des Freiwilligensurveys 2009. Ergebnisse der repräsentativen Trenderhebung zu Ehrenamt, Freiwilligenarbeit und bürgerschaftlichem Engagement*. Berlin: Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend. Zugriff unter: <https://www.bmfsfj.de/blob/93170/73111cb56e58a95dacc6fccf7f8c01dd/3--freiwilligensurvey-hauptbericht-data.pdf>
- Gensicke, T. (2016). Das Engagement der Bürger: knapp oder reichlich vorhanden? *BBE-Newsletter*, 14/2016.
- Krimmer, H. (2016). *Der gemeinnützige Sport zwischen Kontinuität und Wandel. Sonderauswertung Sport des ZiviZ-Surveys 2012*. Essen: Edition Stifterverband.
- Perck, J., Van Hoecke, J., Westerbeek, H., & Breesch, D. (2016). Organisational change in local sport clubs: the case of Flemish gymnastics clubs. *Sport, Business and Management*, 6, 158-181.
- Pitsch, W., & Emrich, E. (1997). „Krise des Ehrenamts“? Eine neue Analyse alter Daten. *Sportwissenschaft*, 27, 391-408.
- Pitsch, W. (1999). *Ideologische Einflüsse in der empirischen Sozialforschung im Sport. Aufgezeigt am Beispiel der Untersuchung von Sportvereinen*. Sport und Buch Strauß.
- Roth, R. (2016a). Gewinnwarnung – Anmerkungen zur wundersamen Engagementvermehrung des Freiwilligensurveys 2014. *BBE-Newsletter*, 10/2016.
- Roth, R. (2016b). In der Zwickmühle. Eine Antwort auf die Replik von Simonson, Vogel und Tesch-Römer. *BBE-Newsletter*, 13/2016.
- Schiel, S., Quandt, S., Häring, A., Weißpflug, A., Gilberg, R., & Kleudgen, M. (2015). *Methodenbericht: Deutscher Freiwilligensurvey 2014*. infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH.
- Schiel, S., Ruiz Marcos, J., & Fahrenholz, M. (2020). *Methodenbericht: Deutscher Freiwilligensurvey 2019*. infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH.
- Schmälzle, M., Hameister, N., Kelle, N., Kausmann, C., Simonson, J., Daktariunaite, R., & Heckmann, J. (2019). *Deutscher Freiwilligensurvey. Kurzbeschreibung des Scientific Use File FWS Trend 1999–2014, Version 1.0*. Deutsches Zentrum für Altersfragen. DOI: 10.5156/FWS.2014.D.008
- Simonson, J., Kelle, N., Kausmann, C., & Tesch-Römer, C. (Hrsg.) (2021). *Freiwilliges Engagement in Deutschland – Der Deutsche Freiwilligensurvey 2019*. Deutsches Zentrum für Altersfragen.
- Simonson, J., Vogel, C., & Tesch-Römer, C. (Hrsg.). (2017). *Freiwilliges Engagement in Deutschland. Der Deutsche Freiwilligensurvey 2014*. Springer VS.
- Simonson, J., Vogel, C., & Tesch-Römer, C. (2016). Offene Fragen der Engagementforschung. Was der Freiwilligensurvey dazu beitragen kann – und was nicht. *BBE-Newsletter*, 14/2016.
- Van der Roest, J.-W., van Kalmthout, J., & Meijs, L. (2016). A consumerist turn in Dutch voluntary sport associations? *European Journal for Sport and Society*, 13, 1-18.

Ehrenamtlichkeit im Sportverein während der Corona-Pandemie (EiS-CP)

(AZ 070903/20-22)

Sebastian Braun (Projektleitung), Ulrike Burrmann & Stephan Sielschott
Humboldt-Universität zu Berlin

1 Problem

Die Sportvereine in Deutschland sind grundlegend von Auswirkungen der Corona-Pandemie betroffen (Breuer et al., 2021). So limitieren physische Abstandsregeln und Kontaktbegrenzungen ihre Kernaktivitäten im Feld der sportlichen Praxis ebenso wie darüber hinausgehende Geselligkeiten im alltäglichen Vereinsleben. Von diesen komplexen Veränderungen in den vereinsbezogenen Alltagsroutinen dürften auch Mitgliedschaften und Engagement im Sportverein beeinflusst werden.

Vor diesem Hintergrund wurden Auswirkungen der Corona-Pandemie für Sportvereine in Deutschland im „zweiten Lockdown“ auf der Basis einer Bevölkerungsbefragung zur Ehrenamtlichkeit im Sportverein während der Corona-Pandemie (EiS-CP) empirisch untersucht (Braun et al., 2021; Burrmann et al., 2022a; Burrmann et al., 2022b). Die Bevölkerungsbefragung wurde im Rahmen des Projekts Ehrenamtliches und freiwilliges Engagement im Sport: Sportbezogene Sonderauswertung der „Deutschen Freiwilligensurveys“ von 2014 bis 2019 durchgeführt. Dieses Projekt wurde mit Forschungsmitteln des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (BISp) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Kooperationspartner des Projekts war der Deutsche Olympische Sportbund (DOSB). Die Befragung bietet u. a. eine Momentaufnahme zu Stand und Veränderungen der Mitgliedschaften, des ehrenamtlichen und freiwilligen Engagements und der Vereinsbindung von Sportvereinsmitgliedern im Erwachsenenalter im Zuge der Corona-Pandemie.

2 Methode

Befragt wurden 3.247 Personen im Alter ab 18 Jahren vom 14.12.2020 bis zum 06.01.2021 durch das Markt- und Meinungsforschungsunternehmen Kantar Public. Die Teilnehmenden wurden auf der Basis eines konzerninternen Online-Panels von Kantar Public rekrutiert (233.000 Adressen, bundesweit breit gestreut, Lightspeed GMI). Zum Ausgleich von Stichprobenverzerrungen im Vergleich zur Grundgesamtheit wurden die Daten gewichtet; zu diesem Zweck wurden soziodemografische Merkmale (Alter, Geschlecht, Schulbildung und Region) an Daten der amtlichen Statistik angepasst. Die Effektivität der Gewichtung liegt bei ca. 82 %.

3 Ergebnisse

Ergebnisse der Bevölkerungsbefragung zeigen einen Rückgang der bundesweiten Mitgliederquote in Sportvereinen während der Corona-Pandemie, also ungefähr zwischen März 2020 und dem Erhebungszeitpunkt Ende 2020/Anfang 2021. Einerseits haben in diesem Zeitraum rund 11 % der erwachsenen Mitglieder ihren Sportverein verlassen. Berücksichtigt man darüber hinaus die Sportvereinsmitglieder, die ihrem Sportverein nach eigener Auskunft zum Erhebungszeitpunkt weniger als ein Jahr angehörten (3,5 %), dann wird deutlich, dass die Vereinsaustritte nicht durch Neueintritte kompensiert wurden; die entsprechende „Kompensations-Quote“ in Bezug auf die Mitglieder beträgt etwa 28 % (vgl. Abb. 1).

Insgesamt haben die Sportvereine also rund 8 % der erwachsenen Mitglieder verloren (vgl. Abb. 1, „Abwanderungs-Saldo“).¹ Auffällig ist zudem, dass binnenorientierte Vereinigungen wie Sport- oder Hobbyvereine mit ihren geselligkeitsorientierten face-to-face-Kommunikationen als Strukturmoment des Vereinslebens stärkere Mitgliederrückgänge zu verzeichnen haben als außenorientierte Vereinigungen wie z. B. Parteien, Gewerkschaften oder Bürgerinitiativen.

Die Daten zeigen darüber hinaus, dass die Austritte von Sportvereinsmitgliedern vor allem auch zu Lasten jener gesellschaftlichen Gruppen gingen, die in Sportvereinen bereits vor der Corona-Pandemie unterrepräsentiert waren: Personen mit Migrationshintergrund, bildungsfernere Gruppen, aber auch Frauen und darüber hinaus Personen, die generell und verstärkt während der Corona-Pandemie auf weniger soziale Unterstützung in ihrem Umfeld zurückgreifen konnten.

Auch beim ehrenamtlichen und freiwilligen Engagement in den Sportvereinen lässt sich feststellen, dass der Anteil derjenigen, die ihr Engagement während der Corona-Pandemie beendet haben, höher ist als der Anteil derjenigen, die im Laufe der letzten 12 Monate vor dem Erhebungszeitpunkt dazu gekommen sind. Gleichwohl weisen die Daten hier auf eine höhere Konstanz unter veränderten Rahmenbedingungen als bei den Mitgliedschaften hin. Die entsprechende Kompensations-Quote liegt bei 61,5 % und der Abwanderungs-Saldo bei rund 3 % (vgl. Abb. 1). Die große Mehrheit der freiwillig und ehrenamtlich Engagierten blieb also ihren Sportvereinen erhalten. Allerdings berichtet auch ein hoher Anteil der Engagierten, das zeitliche Engagement reduziert zu haben. Das dürfte sicherlich darin begründet sein, dass Vereinsaktivitäten wie z. B. Sport- und gesellige Aktivitäten, Mitgliederversammlungen, aber auch private Kontakte zwischen Vereinsmitgliedern während der Pandemie nach Auskunft der Befragten deutlich seltener stattfanden (vgl. Braun et al., 2021).

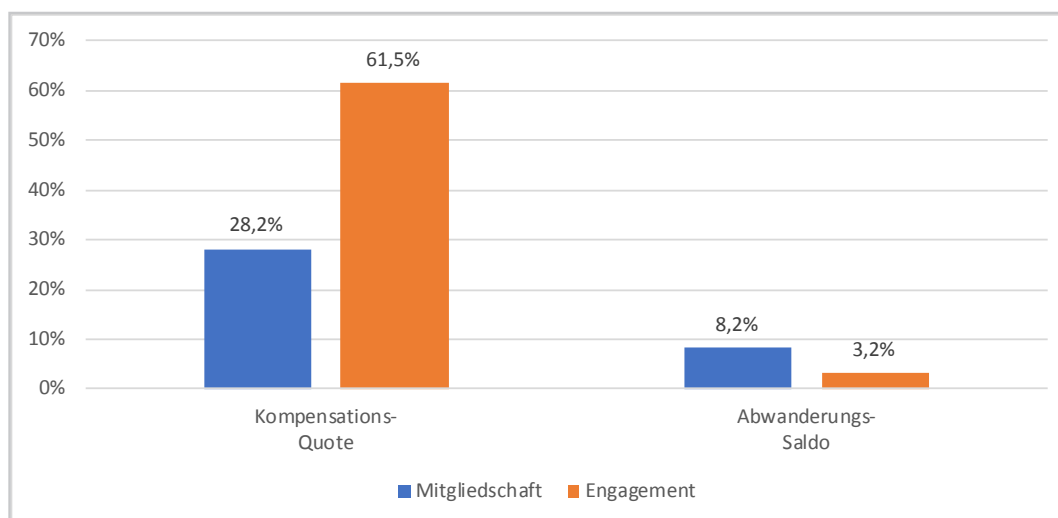


Abb. 1: Veränderungen bei Mitgliedschaften und ehrenamtlichem bzw. freiwilligem Engagement von Personen ab 18 Jahren in Sportvereinen im Kontext der Corona-Pandemie (Datengrundlage: EiS-CP-Bevölkerungsbefragung).

¹ Der zeitliche Bezug „während der Corona-Pandemie“ dürfte von den Befragten in der Regel mit März 2020 assoziiert worden sein, so dass für diesen Zeitraum rund 9 bis 10 Monate zu veranschlagen sind. Real dürfte sich also die Kompensations-Quote etwas niedriger und der Abwanderungs-Saldo etwas höher darstellen als ausgewiesen, da der abgefragte Eintrittszeitraum „weniger als ein Jahr“ länger ist als der abgefragte Austrittszeitraum

Trotz der reduzierten alltäglichen Mitgliederinteraktionen untereinander und mit ihrem Verein ist die Vereinsbindung der Sportvereinsmitglieder zum Erhebungszeitpunkt hoch – und zwar unabhängig davon, ob es sich um engagierte Mitglieder handelt oder nicht (vgl. Burrmann et al., 2022b).

53 % der Sportvereinsmitglieder stimmen dem Item „*Ich leiste meinen Mitgliedschaftsbeitrag, damit mein Verein die Corona-Pandemie übersteht.*“ voll und ganz zu, weitere 37 % stimmen eher zu, während die restlichen 10 % eher nicht oder überhaupt nicht zustimmen. Noch höhere Zustimmungswerte erhält das Item „*Ich werde auch nach der Corona-Pandemie noch Mitglied in diesem Verein sein.*“. Diesem Item stimmen 68 % der Sportvereinsmitglieder voll und ganz zu, weitere 26 % stimmen eher zu und 6 % stimmen eher nicht oder überhaupt nicht zu. Sportvereinsmitglieder weisen zudem eine höhere Vereinsbindung auf als Mitglieder außenorientierter (z. B. politischer) und fremdbezogener (z. B. karitativer) Vereinigungen.

4 Diskussion

Insgesamt sind die Auswirkungen der Corona-Pandemie auch bei Sportvereinen spürbar. Das betrifft insbesondere die sichtbaren Vereinsaustritte und geringeren Vereinseintritte im Erwachsenenalter, aber auch das Vereinsleben in Gestalt der Vereinsangebote und Geselligkeiten vor Ort. Auch das ehrenamtliche und freiwillige Engagement der erwachsenen Sportvereinsmitglieder ist rückläufig, wenngleich weniger stark als bei den Mitgliedschaften. Bemerkenswert ist, dass trotz aller Einschränkungen des Vereinslebens die Bindung der erwachsenen Vereinsmitglieder an ihre Sportvereine stark ausgeprägt ist. Womöglich weist dieser Befund darauf hin, dass die Exit-Option für viele der aktuellen erwachsenen Sportvereinsmitglieder – zumindest bis zum Befragungszeitpunkt – keine ernstzunehmende Entscheidungsalternative dargestellt hat (vgl. Burrmann et al., 2022b).

Darauf scheinen auch die überschaubaren Mitgliederverluste im Erwachsenenalter hinzuweisen, die der DOSB auf der Basis der letzten Mitgliedschafts-Bestandserhebungen berichtet hat. Allerdings sind beim Vergleich mit anderen Datenbeständen stets die jeweiligen methodischen Vorgehensweisen zu berücksichtigen. So wurden die vorliegenden Daten auf der Grundlage einer repräsentativen Bevölkerungsbefragung erhoben, während die Bestandserhebungen der Sportverbände Sportvereinsmitgliedschaften erfassen.

Da z. B. in Sportvereinen bestimmte Bevölkerungsgruppen über- bzw. unterrepräsentiert sind, können sich Unterschiede bei Hochrechnungen von Mitgliederverlusten ergeben. Darüber hinaus unterscheiden sich die gewählten Berechnungsgrundlagen bei der Ermittlung der Mitgliederverluste.

5 Literatur

- Braun, S., Burrmann, U., & Sielschott, S. (2021). Ressourcen der Sportvereine in Zeiten der Corona-Pandemie. *Forschungsjournal Soziale Bewegungen*, 34(4), 576-586. doi:10.1515/fjsb-2021-0057
- Breuer, C., Feiler, S., & Rossi, L. (2021). Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf die Sportvereine in Deutschland. *Ergebnisse der COVID-Zusatzbefragung im Rahmen der 8. Welle des Sportentwicklungsberichts*. Köln: Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Sportökonomie und Sportmanagement.
- Burrmann, U., Mutz, M., Sielschott, S., & Braun, S. (2022a). Social capital trends in Germany in the face of the Covid-19 pandemic: A research note. *Frontiers in Political Science*, 4, 814943. doi:10.3389/fpos.2022.814943
- Burrmann, U., Sielschott, S., & Braun, S. (2022b). Die Relevanz von Sozialkapitalindikatoren für die Mitgliederbindung in Zeiten von Corona. *German Journal of Exercise and Sport Research*. doi:10.1007/s12662-021-00793-9

Diagnostik von Schiedsrichterentscheidungen im Handball unter Belastung

(AZ 071001/19/20)

Nicolas Bloß, Florian Loffing, Dirk Büsch & Jörg Schorer (Projektleitung)

Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Institut für Sportwissenschaft,
Arbeitsbereiche Sport & Bewegung sowie Sport & Training

1 Problem

Herausragende Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter (SR) zeichnen sich durch schnelle, angemessene, aber vor allem korrekte Schiedsrichter- bzw. Schiedsrichterinnenentscheidungen (SE) aus, die in dynamischen Spielsituationen getroffen werden müssen (Helsen et al., 2019). Jedoch können fehlerhafte SE anstelle der Leistungen zweier konkurrierender Mannschaften den Ausgang eines Spiels entscheiden (MacMahon et al., 2014). Wesentlich für korrekte SE ist die Bewältigung der physischen und psychischen Belastung. Hierbei ist relevant, dass SE auf perzeptiv-kognitiven Prozessen beruhen (Helsen et al., 2019; MacMahon et al., 2014). Gemäß aktueller Befunde können perzeptiv-kognitive Prozesse durch physische Belastung sowohl verbessert als auch beeinträchtigt werden, in Abhängigkeit von der Form und Intensität der physischen Belastung (siehe u. a. Chang et al., 2012). Vergleichbares gilt für die psychischen Belastungen (Schoofs et al., 2008). Etwa können laute Rufe eines gefoulten Spielers SR dazu veranlassen, häufiger eine Gelbe Karte zu geben als ohne Rufe in Foulsituationen (Lex et al., 2015). Diese Art „Live-Feedback“ müssen SR unmittelbar verarbeiten können, unabhängig davon, ob dieses korrekt ist (MacMahon et al., 2014). Die erfolgreiche Bewältigung hängt von verschiedenen Charakterfacetten ab, wie dem *ruminat*ion-*trait* (Hill et al., 2016). Letzteres beschreibt ein Konstrukt, in dem SR in eine Spirale negativer Gedanken geraten, die die Wahrscheinlichkeit von Folgefehlern erhöhen. Aktuelle Befunde weisen darauf hin, dass Spitzen-SR mit einem stark ausgeprägten *ruminat*ion-*trait* häufiger falsch entscheiden als SR mit einem schwach ausgeprägten *ruminat*ion-*trait* (Burnett et al., 2017; Poolton et al., 2011).

In diesem Projekt, in Kooperation mit dem Deutschen Handballbund e. V. (DHB), wurde untersucht, ob sich eine physische und psychische Belastung auf SE auswirkt. Zunächst wurde in zwei Studien die Auswirkung physischer Belastung auf SE untersucht. Aufgrund der nicht eindeutigen Befundlage wurde zunächst die ungerichtete Hypothese formuliert, dass sich physische Belastung auf SE auswirkt. Im Anschluss wurde in einer dritten Studie der Einfluss von physischer und psychischer Belastung auf SE überprüft. Dabei wurde erwartet, dass stark ruminierende SR häufiger falsch entscheiden als schwach ruminierende SR unter physischer und psychischer Belastung. Aufgrund der COVID-19-Pandemie konnte eine vorgesehene vierte Studie nicht durchgeführt werden.

2 Methodisches Vorgehen

Basierend auf den Erkenntnissen eines Scoping Reviews (Bloß et al., 2020) wurde zunächst der Effekt physischer Belastung auf SE (Studien 1 und 2, Bloß, Schorer, et al., 2022) untersucht. In Studie 1 nahmen $N = 87$ ($M_{\text{Alter}} = 31.6$, $SD = 6.5$, $M_{\text{Erfahrung}} = 11.8$, $SD = 3.9$) und in Studie 2 $N = 83$ SR ($M_{\text{Alter}} = 32.2$, $SD = 6.3$, $M_{\text{Erfahrung}} = 15.7$, $SD = 5.6$) der deutschen Handballspitzenschiedsrichterinnen und -schiedsrichter teil. Dazu wurde der *Yo-Yo Test für Schiedsrichter und Schiedsrichterinnen* (YYTS) entwickelt. Dieser ist eine Kombination aus dem Yo-Yo Intermittent Recovery Test (Stufe 1, YYT; Bangsbo et al., 2008), um eine zunehmende physische Belastung zu induzieren, und einem videobasierten Entscheidungstest (durchgeführt während der 10-Sekunden-Regenerationsphase des ursprünglichen YYT), der die Korrektheit der SE testet.

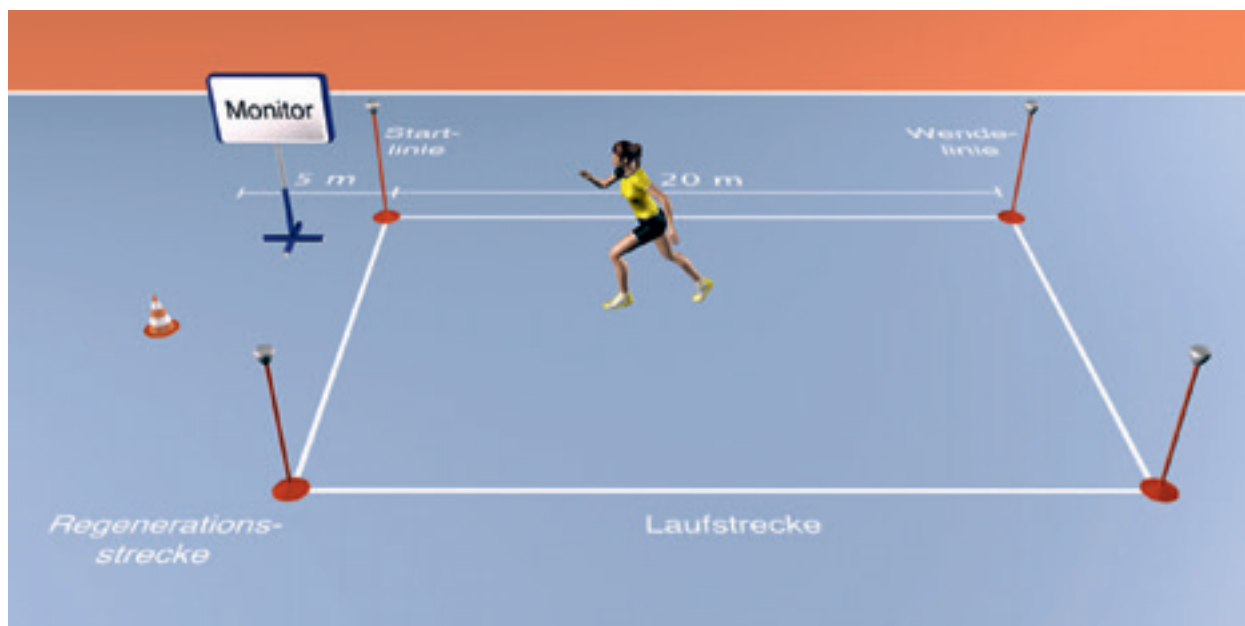


Abb. 1: Darstellung des Yo-Yo Test für Schiedsrichter und Schiedsrichterinnen (YYTS)

Im videobasierten Entscheidungstest wurden den SR Spielszenen auf Tablets präsentiert, in denen Entscheidungen (Foul oder kein Foul) und Begründungen (Art des Fouls, Strafmaß) zu treffen waren. Der YYTS ist in Abb. 1 dargestellt.

In Studie 3 wurde der YYTS mit einer psychischen Belastung kombiniert, die durch Live-Feedback über die getroffenen Entscheidungen und Begründungen der SR erzeugt wurde (Studie 3, Bloß, Loffing, et al., 2022). Letzteres wurde durchgeführt, um zu testen, ob schwach bzw. stark ruminierenden SR unterschiedlich auf Belastungen und fehlerbezogenes Feedback reagieren. Die Ausprägung des Rumination-Traits wurde mit dem *Rumination-Reflection Questionnaire* (RRQ; Trapnell & Campbell, 1999) erfasst. Die Rumination-Skala des RRQ ging von 12 (schwach ausgeprägte Ruminierer) bis 60 (stark ausgeprägte Ruminierer). In Studie 3 nahmen $N = 68$ Spitzenschiedsrichterinnen und Schiedsrichter des DHB ($M_{\text{Alter}} = 31.5$, $SD = 6.5$, $M_{\text{Erfahrung}} = 15.4$, $SD = 5.8$) teil. Basierend auf der empirischen Verteilung wurden die SR durch einen Median-Split in schwach bzw. stark ruminierende SR eingeteilt. Somit wurden $n = 34$ schwächer ruminierende SR (Ausprägung Rumination $M = 24$, $SD = 4.8$) und $n = 34$ stärker ruminierende SR (Ausprägung Rumination $M = 38$, $SD = 4.9$) getestet.

3 Ergebnisse

In Studie 1 trafen SR mehr korrekte Entscheidungen unter mittlerer als unter anfänglicher physischer Belastung, jedoch sank der Anteil korrekter Entscheidungen unter maximaler physischer Belastung, $F(2, 130) = 25.28$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .28$, 90% CI [.17, .37]. SR trafen weniger korrekte Begründungen unter mittlerer gegenüber anfänglicher physischer Belastung, jedoch blieb der Anteil korrekter Begründungen unter maximaler physischer Belastung auf dem Niveau der mittleren physischen Belastung, $F(2, 24) = 5.35$, $p = .01$, $\eta_p^2 = .31$, 90% CI [.05, .47]. In Studie 2 zeigte sich keine statistisch signifikante Auswirkung der physischen Belastung auf Entscheidungen, $F(2, 144) = 0.38$, $p = .69$, $\eta_p^2 = .01$, 90% CI [0, .03]. Im Gegensatz zu Studie 1 trafen SR in Studie 2 mehr korrekte Begründungen unter mittlerer als unter anfänglicher physischer Belastung, $F(2, 38) = 5.64$, $p = .01$, $\eta_p^2 = .23$, 90% CI [.04, .38] (s. Abb. 2).

In Studie 3 unterschieden sich schwächer und stärker ruminierende SR statistisch weder in der Anzahl korrekter Entscheidungen, $F(2, 132) = 0.03$, $p = .98$, $\eta_p^2 < .001$, 90% CI [0, .1], noch Begründungen, $F(2, 100) = .63$, $p = .94$, $\eta_p^2 = .001$, 90% CI [0, .06] (siehe Abb. 3) unter zunehmender physischer Belastung.

Abb. 2:

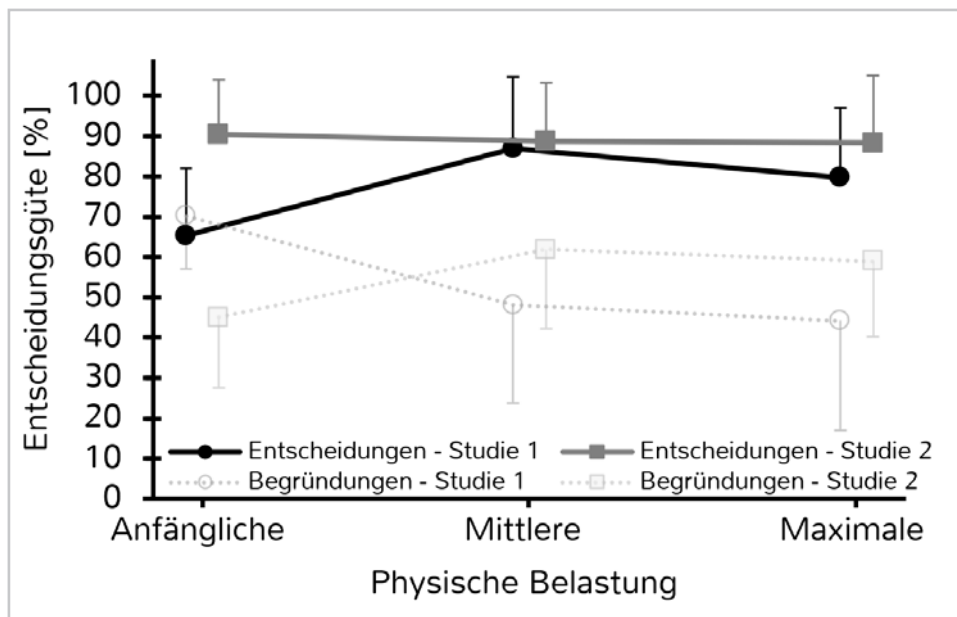
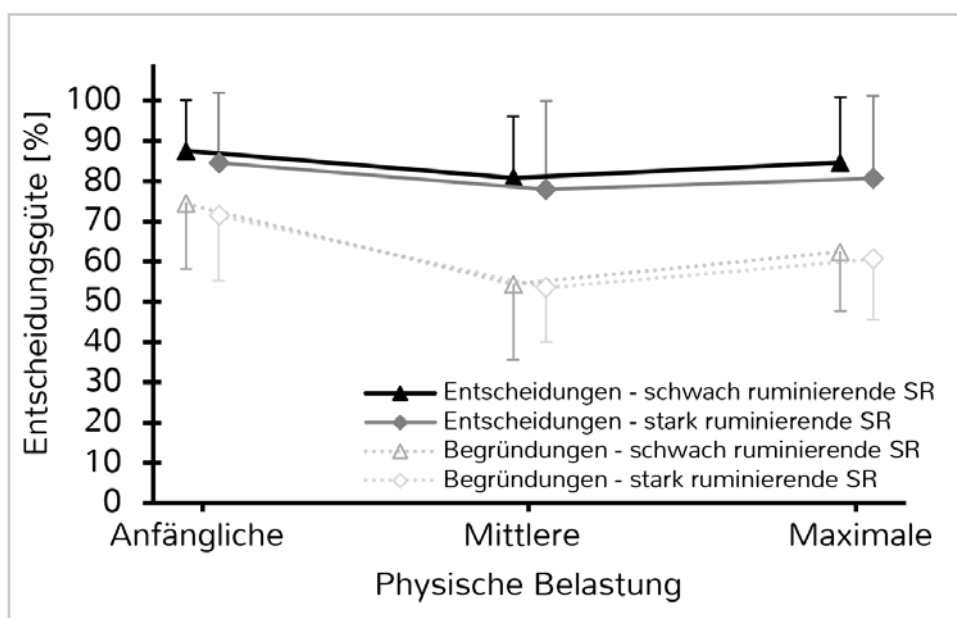


Abb. 3:



4 Diskussion

Das Ziel dieses Forschungsprojekts war die Untersuchung des Einflusses von physischer und psychischer Belastung auf die Entscheidungen und Begründungen von Spitzenschiedsrichtern und Schiedsrichterinnen im Handball.

Die SR, die an beiden Studien 1 und 2 teilnahmen ($n = 59$), verbesserten ihre Ausdauerleistung durch eine Trainingsintervention des DHB, die wegen der Ergebnisse aus Studie 1 angestoßen wurde. Auch wenn die Ergebnisse keine eindeutigen Rückschlüsse zulassen (z. B. könnte auch eine höhere Vertrautheit mit dem YTTS in Studie 2 eine Erklärung sein), vermuten wir,

dass eine verbesserte Ausdauerleistung zu einer geringeren subjektiven Ermüdung und somit zu einer verbesserten perzeptiv-kognitiven Leistung geführt haben könnte (Enoka & Duchateau, 2016), die die verbesserten Entscheidungen in Studie 2 gegenüber Studie 1 erklären könnte. Dies wird durch Befunde gestützt, in denen die kognitive Leistungsfähigkeit durch eine Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit zunimmt. Darüber hinaus zeigen aktuelle Befunde, dass sowohl Entscheidungen als auch Begründungen in realen Spielen scheinbar Bottom-Up Prozessen obliegen (Furley et al., 2015; Helsen et al., 2019).

Darüber hinaus könnte der ausbleibende statistische Unterschied zwischen schwach und stark ruminierenden SR in der Entscheidungsgüte durch die *Trait Activation Theory* erklärt werden (Tett & Burnett, 2003). Diese weist auf das Auftreten von Merkmalen in Abhängigkeit ihres Ausprägungsgrades hin. Durch die schwache Ausprägung der vermeintlich stark ruminierenden SR könnte somit in diesem Experiment der Ruminations-Trait möglicherweise nicht aktiviert und daher nicht relevant gewesen sein.

5 Sportpraktische Implikationen

5.1 Diagnostik der Ausdauerleistungsfähigkeit

Der DHB setzt in der Ausdauerdiagnostik der SR derzeit den Shuttle-Run-Test (SRT) ein. Durch diesen soll sichergestellt werden, dass die SR die Ausdaueranforderungen eines Spiels bewältigen können. Ein wesentlicher Kritikpunkt am SRT ist das Belastungsprofil, da es nicht die Anforderungen realer Spiele widerspiegelt. In Spielen kommt es permanent zu einem Wechsel aus Lauf- und Gehphasen, sodass sich die SR in den Gehphasen regenerieren können. Daher sollte eine Ausdauerdiagnostik auch den Wechsel zwischen physischer Belastung und Regenerationsphasen widerspiegeln. Der YYT als konsequente Weiterentwicklung des SRT erwies sich als ein zuverlässiger und valider Ausdauer-test (Bangsbo et al., 2008), der den beschriebenen Wechsel zwischen physischen Belastungs- und Regenerationsphasen simuliert. Die Einbeziehung des Videotests in den YYT wurde auch dem DHB empfohlen und soll umgesetzt werden.

5.2 Der Yo-Yo Test für Schiedsrichter

Derzeit führt der DHB einen offiziellen Regeltest in Ruhe über die Online-Plattform Sportlounge auf Tablets unter Ruhebedingungen durch. Es wurde dem DHB empfohlen, den Regeltest mit dem YYT zu kombinieren. Dies würde zum einen Zeit in den Lehrgängen sparen, die für weitere relevante Themen im SR-Wesen genutzt werden könnte.

Andererseits könnte der DHB die SE unter physischer Belastung testen, um die Anforderungen realer Spiele besser simulieren zu können. Darüber hinaus erlaubt der YYTS, wie in Studie 3 gezeigt, die Berücksichtigung von psychischer Belastung, die auch variiert und erweitert werden, z. B. durch Publikumlärm. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der YYTS ein nützliches Instrument sowohl zur Erfassung der Ausdauerleistungsfähigkeit als auch für den Regeltest zu sein scheint, welcher potentiell auch in anderen Sportarten angewendet werden könnte.

Literatur

- Bangsbo, J., Iaia, F. M., & Krstrup, P. (2008). The Yo-Yo Intermittent Recovery Test: A useful tool for evaluation of physical performance in intermittent sports. *Sports Medicine*, 38(1), 37-51. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838010-00004>
- Bloß, N., Loffing, F., Schorer, J., & Büsch, D. (2022). Impact of psychological and physical load on the decision-making of top-class handball referees. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 22(3), 352-369. <https://doi.org/10.1080/24748668.2022.2061323>
- Bloß, N., Schorer, J., Loffing, F., & Büsch, D. (2020). Physical load and referees' decision-making in sports games: A scoping review. *Journal of Sport Science & Medicine*, 19(1), 149-157.
- Bloß, N., Schorer, J., Loffing, F., & Büsch, D. (2022). Decisions and reasonings of top-class handball referees under physical load. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 52(3), 350-361. <https://doi.org/10.1007/s12662-021-00794-8>
- Burnett, A. M., Bishop, D. T., Ashford, K. J., Williams, A. M., & Kinrade, N. P. (2017). Decision-making of English Netball Superleague umpires: Contextual and dispositional influences. *Psychology of Sport and Exercise*, 31, 52-60. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2017.04.003>

- Chang, Y. K., Labban, J. D., Gapin, J. I., & Etnier, J. L. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance: A meta-analysis. *Brain Research, 1453*, 87-101. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.02.068>
- Dietrich, A., & Audiffren, M. (2011). The reticular-activating hypofrontality (RAH) model of acute exercise. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 35*(6), 1305-1325. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.02.001>
- Eonka, R. M., & Duchateau, J. (2016). Translating fatigue to human performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 48*(11), 2228-2238.
- Furley, P., Schweizer, G., & Bertrams, A. (2015). The two modes of an athlete: Dual-process theories in the field of sport. *International Review of Sport and Exercise Psychology, 8*(1), 106-124. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2015.1022203>
- Helsen, W., MacMahon, C., & Spitz, J. (2019). Decision making in match officials and judges. In A. M. Williams & R. C. Jackson (Hrsg.), *Anticipation and decision making in sport* (Vol. 1, S. 250-266). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315146270>
- Hill, D. M., Matthews, N., & Senior, R. (2016). The psychological characteristics of performance under pressure in professional rugby union referees. *The Sport Psychologist, 30*(4), 376-387. <https://doi.org/10.1123/tsp.2015-0109>
- Lex, H., Pizzera, A., Kurtes, M., & Schack, T. (2015). Influence of players' vocalisations on soccer referees' decisions. *European Journal of Sport Science, 15*(5), 424-428. <https://doi.org/10.1080/17461391.2014.962620>
- MacMahon, C., Mascarenhas, D., Plessner, H., Pizzera, A., Oudejans, R. R. D., & Raab, M. (2014). *Sports officials and officiating: Science and practice*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203700525>
- Poolton, J., Siu, C., & Masters, R. (2011). The home team advantage gives football referees something to ruminate about. *International Journal of Sports Science & Coaching, 6*(4), 545-552. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.6.4.545>
- Schoofs, D., Preuss, D., & Wolf, O. T. (2008). Psychosocial stress induces working memory impairments in an n-back paradigm. *Psychoneuroendocrinology, 33*(5), 643-653. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.02.004>
- Tett, R. P., & Burnett, D. D. (2003). A personality trait-based interactionist model of job performance. *Journal of Applied Psychology, 88*(3), 500-517. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.88.3.500>
- Trapnell, P., & Campbell, J. (1999). Private self-consciousness and the five-factor model of personality: Distinguishing rumination from reflection. *Journal of Personality and Social Psychology, 76*(2), 284-304. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.76.2.284>

Evaluation von Angeboten zur Förderung Dualer Karrieren an Schule-Leistungssport-Verbundsystemen unter besonderer Berücksichtigung des Modellversuchs Additives Abitur (EDKAA)

(AZ 071102/18-21)

Jeffrey Sallen^{1,2*}, Thomas Wendeborn^{3,2*} & Erin Gerlach^{4,1*} (*kollektive Projektleitung)

¹Universität Potsdam, Humanwissenschaftliche Fakultät, Professur für Sportdidaktik

²Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, Professur für empirische Bildungsforschung im Sport

³Universität des Saarlandes, Sportwissenschaftliches Institut, Professur für Sportpädagogik

⁴Universität Hamburg, Institut für Bewegungswissenschaft, Professur für Bewegungs- und Sportpädagogik

1 Einleitung

Im Mittelpunkt des EDKAA-Projekts stehen schulische Maßnahmen zur systematischen Förderung von sportlich begabten Jugendlichen, die an den Eliteschulen des Sports (EdS) im Bundesland Brandenburg die allgemeine Hochschulreife (Abitur) anstreben und zugleich auf größtmögliche Erfolge im Leistungssport hinarbeiten. Diese Unterstützungsmaßnahmen sollen die Vereinbarkeit von Schule und Sport verbessern und damit zum Gelingen sogenannter Dualer Karrieren beitragen. Mit dem Additiven Abitur (AA) stellt die EdS Potsdam ihren Schülerathletinnen bzw. -athleten seit dem Schuljahr 2011/2012 ein deutschlandweit einmaliges, innovatives Förderangebot bereit (Gerloff & Sallen, 2021). Das AA erweitert die an den EdS in Brandenburg fest verankerten Förderangebote. Diese Angebote ermöglichen bereits ein erhöhtes Maß an spitzensportlicher Funktionalisierung von Schule im Vergleich zu anderen Bundesländern im „Brandenburger Modell“ (Borggreffe & Cachay, 2014, S. 41). Das AA richtet sich primär an sportlich hochbegabte Jugendliche in besonders trainingsintensiven Sportarten. Es beinhaltet eine Streckung der gymnasialen Oberstufe (GOST) von den üblichen drei Jahren an Gesamtschulen in Brandenburg auf vier bis fünf Jahre. Dadurch kann die Anzahl der Unterrichtsstunden pro Woche erheblich redu-

ziert werden, ohne Abstriche bei der Umsetzung der vorgeschriebenen Unterrichtsinhalte und -umfänge machen zu müssen. Hinzu kommt, dass die einzelnen Abiturabschlussprüfungen vorgezogen und damit auf mehrere Schuljahre verteilt werden können. Das wird durch einen modularisierten, kompakten Aufbau des Unterrichts in den Abiturprüfungsfächern möglich. Die Abiturabschlussprüfungen erfolgen direkt nach dem Ableisten der Pflichtstundenzahl im jeweiligen Abiturprüfungsfach (z. B. nach dem zweiten Jahr in der GOST).

Das EDKAA-Projekt widmet sich Fragen nach den Auswirkungen der Inanspruchnahme von schulischen Unterstützungsangeboten auf die Leistungen, die Motivation und das Engagement der Schülerathleten und -athletinnen sowohl in der Schule als auch im Sport, auf die psychische Gesundheit sowie auf die Zufriedenheit mit den Rahmenbedingungen zur Vereinbarkeit von Schule und Leistungssport. Des Weiteren ist zu klären, welche Erwartungen und Erfahrungen Jugendliche im Leistungssport in Bezug auf schulische Unterstützungsangebote haben. Wie attraktiv und hilfreich sind die Angebote für die Zielgruppe? Darüber hinaus werden Fragen zur Wahrnehmung und Bewertung der Initiierung, Umsetzung und Wirkung des AA aus Sicht der daran beteiligten Vertreter bzw. Vertreterinnen der Schule, der Schuladministration und des Leistungssports bearbeitet.

Das EDKAA-Projekt wurde in zwei Etappen über insgesamt fünf Jahre durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) sowie das Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg (MBS) gefördert (EDKAA-1: 04/2016-03/2018; EDKAA-2: 04/2018-12/2021) sowie vom DOSB über den Deutschen Sparkassen- und Giroverband unterstützt. Es setzt sich aus drei quantitativen und zwei qualitativen Teilstudien (Module) zusammen, die teilweise miteinander verbunden sind und unterschiedliche Forschungsfragen fokussieren. Das Projekt und die ersten Ergebnisse wurden im BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2018/2019 vorgestellt (Sallen et al., 2019). Ergänzend dazu wird nachfolgend eine Auswahl an aktuelleren und längsschnittlichen Befunden aus den fünf Modulen skizziert.

2 Modul I: Dokumentenanalyse

2.1 Fragestellungen

- › Unterscheiden sich Schülerathletinnen bzw. -athleten mit und ohne Inanspruchnahme des AA bzgl. der schulischen Leistung und Leistungsentwicklung?
- › Unterscheiden sich Schülerathleten bzw. -athletinnen der EdS Potsdam von der Gesamtheit aller Schülerinnen und Schüler an Gesamtschulen im Land Brandenburg bzgl. der schulischen Leistung und Leistungsentwicklung?

2.2 Methodik

Zur Klärung dieser Fragen erfolgte eine quer- und längsschnittliche Analyse von schulischen Leistungen aller Schülerinnen und Schüler, die an der EdS Potsdam seit Beginn des Modellversuchs in den Schuljahren 2011/2012 bis 2013/2014 in die GOST eingetreten sind und in den Folgejahren das Abitur erlangt haben. In zentralen Abiturprüfungsfächern wurden die Fachnoten in den Jahrgangsstufen 10, 12 und 13 sowie die Abiturprüfungsergebnisse und schließlich die Abiturdurchschnittsnote aus schulinternen

Akten betrachtet. Verglichen wurden zum einen die schulischen Leistungen zwischen Schülerathletinnen und -athleten mit ($n = 61$) und ohne Inanspruchnahme des AA ($n = 139$). Zum anderen erfolgte ein Vergleich der schulischen Leistungen beider Personengruppen mit den in der ZENSOS-Datenbank dokumentierten Durchschnittsleistungen der Gesamtschülerschaft der betreffenden Jahrgänge an den Gesamtschulen im Land Brandenburg ($n = 3.606$). Betrachtet wurden die Schulleistungen in den Fächern Mathematik, Deutsch und Geschichte.

2.3 Ergebnisse

Schülerathleten bzw. -athletinnen mit AA erbrachten weder schlechtere, noch bessere Leistungen als Schülerathletinnen bzw. -athleten ohne AA. Dies zeigt sich an der Abiturgesamtleistung ebenso wie an den Ergebnissen der fachspezifischen Abiturabschlussprüfungen und den Fachnoten auf den Zeugnissen der betrachteten Schuljahre. Die Entwicklung der schulischen Leistungen von der Klassenstufe 10 bis zum Abiturabschluss vollzieht sich in beiden Gruppen ohne statistisch bedeutsame Differenzen. Im Vergleich zu den durchschnittlichen Leistungen der Regelschüler und -schülerinnen an Gesamtschulen im Land Brandenburg heben sich die Schülerathletinnen und -athleten der EdS Potsdam durch eine signifikant höhere Gesamtpunktzahl im Abitur und deutlich bessere Ergebnisse in den Abiturabschlussprüfungen (Mathematik & Geschichte) ab (Sallen et al., 2022a; Sallen et al., 2022c).

3 Modul II: Schulleistungstests

3.1 Fragestellungen

Bestehen hinsichtlich objektiv erfasster Schulleistungen Unterschiede zwischen

- › Schülerathleten bzw. -athletinnen mit AA vs. ohne AA,
- › Schülerinnen und Schülern an EdS vs. regulären Gesamtschulen,
- › leistungssportlich Aktiven vs. nicht mehr Aktiven an EdS?

3.2 Methodik

Mit Hilfe von standardisierten Testverfahren aus internationalen Schulleistungsstudien (z. B. TOEFL-Test, Mathematik-Test aus TIMSS) wurden die fremdsprachlichen (Englisch) und die mathematischen Kompetenzen von Schülern und Schülerinnen je einmal am Anfang und am Ende der GOST erfasst. Getestet wurden im Rahmen einer Vollerhebung Schülerinnen und Schüler, die an der EdS Potsdam sowie an zwei weiteren EdS (in den Schuljahren 2016/2017 und 2017/2018) in die GOST eingetreten sind (Englisch: n = 126; Mathematik: n = 74). Des Weiteren wurden Schüler und Schülerinnen getestet, die im Schuljahr 2017/2018 an regulären Gesamtschulen in die GOST eingetreten sind (Englisch: n = 30; Mathematik: n = 28).

3.3 Ergebnisse

Das Niveau und die Entwicklung der fremdsprachlichen und mathematischen Kompetenzen unterschieden sich nicht zwischen Schülerathleten bzw. -athletinnen mit und ohne AA. Zudem zeigten sich zwischen leistungssportlich Aktiven und nicht mehr Aktiven keine Unterschiede bzgl. des Niveaus und der Entwicklung der fremdsprachlichen Kompetenzen. Auffällig ist, dass Schüler(athlet)innen bzw. Schüler(athleten) an EdS mit einem deutlich geringeren Sprachkompetenzniveau in die GOST gelangten und während der GOST einen tendenziell geringeren Zuwachs an fremdsprachlichen Kompetenzen aufwiesen als Schüler bzw. Schülerinnen an regulären Gesamtschulen (Niehues et al., 2021; Niehues et al., 2022). Hinsichtlich der mathematischen Kompetenzen unterschieden sich diese beiden Gruppen nicht, weder zu Beginn noch am Ende der GOST. Hervorzuheben ist jedoch, dass Schüler(athleten) bzw. Schüler(athlet)innen an EdS, die ihre Leistungssportkarriere vor oder während der GOST beendeten, sowohl zu Beginn als auch am Ende der GOST geringere mathematische Kompetenzen aufwiesen als alle anderen Teilnehmenden an der Studie (Sallen et al., 2022a).

4 Modul III: Schriftliche Befragungen von Schülern bzw. -athleten und Schülerinnen bzw. -athletinnen

4.1 Fragestellungen

- › Wie attraktiv und hilfreich ist das AA aus Sicht der Zielgruppe?
- › Unterscheiden sich Schülerathletinnen bzw. -athleten mit und ohne Inanspruchnahme des AA bzgl. der Zufriedenheit mit der Vereinbarkeit von Schule und Sport, der psychischen Gesundheit und des leistungssportlichen Engagements?

4.2 Methodik

Es wurden schriftliche Befragungen mit Schülern bzw. Schülerathleten und Schülerinnen bzw. Schülerathletinnen durchgeführt, die an drei ausgewählten EdS (zu den Schuljahren 2017/2018 & 2016/2017) und drei regulären Gesamtschulen (zum Schuljahr 2017/2018) in die GOST eingetreten sind. Die Befragungen fanden erstmals zu Beginn der GOST und anschließend am Ende jeden Schuljahres bis zum Erwerb des Abiturs wiederholt statt.

Mittels standardisierter Fragebögen wurden Selbstauskünfte u. a. zu folgenden Themen eingeholt:

- › Motivation, Engagement und Leistungen in Schule und Sport,
- › Vereinbarkeit von Schule und Leistungssport,
- › Erwartungen, Inanspruchnahme und Erfahrungen bzgl. schulischer Förderangebote für Leistungssportlerinnen und -sportler sowie
- › psychische Gesundheit und psychosomatische Beschwerden.

4.3 Ergebnisse

Die Mehrheit der Schülerathleten und -athletinnen der EdS Potsdam gab zu Beginn der GOST an, ein großes bis sehr großes Interesse an der Nutzung des AA zu haben, insbesondere Personen aus trainingsintensiven Individualsportarten. Mehr als ein Drittel der Schülerathletinnen und -athleten, die in der Jahrgangsstufe 11 keinen Zugang zum AA erhielten, signalisierten moderates bis sehr großes Interesse. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die Nachfrage die Aufnahmekapazität deutlich übersteigt. Nahezu alle im AA befindlichen Schülerathletinnen und -athleten stimmten am Ende der GOST den Aussagen in hohem Maße zu, dass das AA für sie persönlich hilfreich war, sich gelohnt hat und für nachrückende Leistungssportler bzw. -sportlerinnen empfehlenswert ist. Der Großteil dieser Schülerathletinnen und -athleten würde sich erneut für dieses Förderangebot entscheiden (Sallen, 2018; Sallen et al., 2022a).

Die Schülerathleten und -athletinnen an den EdS waren mit ihren sportlichen Leistungen und ihrer Sportkarriere im Durchschnitt eher bis sehr zufrieden – unverändert über die gesamte GOST hinweg und unabhängig von der Inanspruchnahme des AA (n = 101). Sie beurteilten die ihnen an den EdS gebotenen Rahmenbedingungen zur Vereinbarkeit von Schule und Leistungssport eher bis sehr positiv, wobei die Zufriedenheitswerte der Schülerathletinnen bzw. -athleten an der EdS Potsdam im Verlauf der GOST geringfügig absanken (n = 62), während die der Schülerathleten bzw. -athletinnen an den anderen beiden EdS tendenziell anstieg (n = 26). Die Gruppen mit und ohne AA waren gleichermaßen zufrieden mit der Vereinbarkeit von Schule und Leistungssport. Zugleich investierten die Schülerathletinnen bzw. -athleten mit AA im Verlauf der GOST zunehmend mehr Zeit in das leistungsbezogene sportliche Training, während sich der Trainingsumfang der anderen Schülerathleten bzw. -athletinnen nicht veränderte und am Ende der GOST deutlich unter dem Trainingsumfang der Vergleichsgruppe lag (Sallen et al., 2022a).

Die Angaben der Schülerathletinnen bzw. -athleten zu ihrer leistungssportlichen Aktivität machen sichtbar, dass die Inanspruchnahme des AA einen Beitrag zur Aufrechterhaltung der Leistungssportkarriere bis zum Schulzeitende zu leisten vermag. Von den 54 Additiven Abiturienten und Abiturientinnen, zu denen vollständige Längsschnittdaten vorliegen, beendeten 11 % ihr Leistungssportengagement vor dem Ende des 13. Schuljahres. Im Vergleich dazu waren es unter den 75 Schülerathletinnen bzw. -athleten ohne AA an der EdS Potsdam rund 48 % und an den anderen beiden EdS ca. 42 % bzw. 63 % von 69 bzw. 24 Schülerathleten bzw. -athletinnen. Als Gründe für den Abbruch leistungssportlicher Karrieren wurden vor allem gesundheitliche Probleme, Probleme mit den Trainern bzw. Trainerinnen, das Abhandenkommen von Freude an der leistungssportlichen Aktivität sowie mangelnde Aussichten auf sportlichen Erfolg angegeben. Probleme mit der Vereinbarkeit von Schule und Sport sowie der Mangel an Unterstützung waren für die Betroffenen keine bedeutsamen Anlässe für den Abbruch der Leistungssportkarriere (Sallen et al., 2022a, 2022b).

Mit Blick auf die längsschnittlichen Befunde zur psychischen Gesundheit ist festzuhalten, dass das psychosomatische Befinden, das Erleben chronischer Überlastung sowie Gefühle der chronischen Überforderung in der Schule wie im Sport insgesamt auf niedrigem Niveau ausgeprägt sind. Es bestehen dahingehend keine Unterschiede zwischen Schülerathletinnen und -athleten mit und ohne AA (Sallen et al., 2022a).

5 Modul IV: Interviews mit (ehemaligen) Schülerathletinnen und -athleten

5.1 Fragestellungen

- Welche Erwartungen haben Schülerathleten bzw. -athletinnen an das AA?
- Welche Erfahrungen haben sie mit dem AA gemacht?
- Wie gestaltete sich der Prozess der Entscheidungsfindung bzgl. Nutzung des AA?

5.2 Methodik

Mittels problemzentrierter, leitfadengestützter Interviews wurden die subjektiven Perspektiven von Schülerathletinnen und -athleten der EdS Potsdam auf das AA und andere schulische Förderangebote exploriert. Einbezogen wurden vier Schüler bzw. Schülerinnen, die sich zum Zeitpunkt des Interviews am Ende der GOST befanden und über umfassende Erfahrungen mit dem AA verfügten. Sie nahmen gemeinsam mit drei interviewten Studierenden, die das Abitur bereits vor mehreren Jahren erlangt hatten, eine Retrospektive auf den Schulversuch ein. Interviewt wurden weiterhin acht Schülerinnen bzw. Schüler, die sich zum Gesprächszeitpunkt am Anfang der Jahrgangsstufe 11 befanden, vier davon hatten sich für die Inanspruchnahme des AA entschieden. Es erfolgte ein selektives Sampling unter Berücksichtigung von Geschlecht, Belastungserleben, Leistungssportaktivität und Inanspruchnahme des AA. Die Interviews wurden auditiv aufgezeichnet, transkribiert und anschließend qualitativ-inhaltsanalytisch ausgewertet.

5.3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Interviews zeigen, dass das AA die zentralen Unterstützungsbedürfnisse der Zielgruppe anspricht. Die vorwiegend positiven Erwartungen an das AA scheinen erfüllt zu werden, wenn man auf die Erfahrungsberichte von Absolventinnen und Schülern bzw. -athleten und Schülerinnen bzw. Schülerathletinnen am Ende der GOST blickt. Mit der Schulzeitstreckung wird vor allem die Erfahrung verbunden, sich mehr dem Leistungssport zuwenden zu können. Die Umverteilung von Abiturabschlussprüfungen wird hingegen für eine intensivere Prüfungsvorbereitung und bessere Prüfungsleistungen verantwortlich gemacht. Aus der Perspektive der Teilnehmenden handelt es sich insgesamt um ein empfehlenswertes Unterstützungsangebot, das Bedingungen zur Vereinbarkeit von Schule und Leistungssport gewährleistet, die einer einseitigen Ausrichtung auf Schule oder Leistungssport über die gesamte GOST hinweg präventiv entgegenstehen. Die interviewten Personen wurden gebeten, auch negative Erfahrungen sowie Probleme mit dem AA zu benennen.

Alle gaben an, mit dem AA keine negativen Erfahrungen gemacht zu haben, und sahen kaum Optimierungsbedarf. Aus Sicht einiger Schülerathleten bzw. -athletinnen ist es wünschenswert, dass den Nutzerinnen bzw. Nutzern des AA, die während der Qualifikationsphase ihr leistungssportliches Engagement beenden (müssen), die Möglichkeit eingeräumt wird, aus dem AA auszusteigen und die Streckung der Schulzeit aufzuheben (Sallen, 2018).

6 Modul V: Experten-Interviews

6.1 Fragestellungen

- › Wie wird das AA auf der Ebene der Schulaufsicht organisiert?
- › Wie gestaltet sich die Zusammenarbeit zwischen der Schulaufsicht und der Schule?
- › Welche Aufgaben zur Realisierung des AA entstehen auf der Seite der Schule?
- › Welche Faktoren begünstigen bzw. gefährden die erfolgreiche Realisierung des AA?

6.2 Methodik

In gleicher methodischer Weise wie im Modul IV wurden qualitative Interviews mit Expertinnen und Experten durchgeführt und ausgewertet. Als Experten bzw. Expertinnen werden solche Personen bezeichnet, die aus ihrer Profession heraus über einen tiefen Einblick in die Entstehung und/oder Umsetzung des AA verfügen. Interviewt wurden insgesamt fünf Personen aus verschiedenen Institutionen (Schulaufsichtsbehörden, Schulleitung, Laufbahnberatung am Olympiastützpunkt Brandenburg).

6.3 Ergebnisse

In der Expertenbefragung wird deutlich, dass die Planung und Umsetzung des AA einen wechselseitigen Prozess zwischen den beteiligten Institutionen darstellen. Der Hauptanteil liegt dabei beim Personal der Schule, welches sich durch hohes persönliches Engagement aus-

zeichnet, das Modell des AA erfolgreich durchzuführen. Besonders die individualisierte Stundenplanung stellt eine Herausforderung dar. Die Kommunikation zwischen den Planungsstellen an der Schule und den Trainern bzw. Trainerinnen stellt ein Feld dar, in dem Verbesserungsbedarf gesehen wird. Eine Vertreterin der Schule benennt eine unvollständige Kommunikation bei der Abstimmung von schulischen und sportlichen Anforderungen als Problem. Von Seiten der Schulaufsicht wurde kritisiert, dass die Aufnahme in das AA unter anderem an sportbezogene Kriterien gebunden ist, welche teilweise wenig konkret und intransparent sind (Wendeborn, Zetzsche & Sallen, 2021).

7 Diskussion

Die Wirksamkeit der Förderung sowie der Erfolg Dualer Karrieren können nicht an einem einzigen Kriterium festgemacht werden, da das Zustandekommen, der Verlauf und das Ergebnis derartiger Karrieren von vielen Faktoren abhängig sind. Es ist notwendig, die Entwicklung von Schülerathletinnen und -athleten in Dualen Karrieren auf vielfältige Weise in den Blick zu nehmen und anhand unterschiedlicher Kriterien zu bewerten. In den verschiedenen Projekt-Modulen wurden die Schule, der Sport, die psychische Gesundheit sowie die Vereinbarkeit von Schule und Sport fokussiert.

Die Ergebnisse aus den einzelnen Modulen lassen sich wie folgt zusammenfassen und diskutieren:

- › Die Resultate der schulischen Notengebung machen deutlich, dass sich die Schüler bzw. Schülerinnen mit AA nicht von ihren Pendanten ohne AA unterscheiden. Beide leistungssportlich aktiven Gruppen zeigen jedoch bessere Ergebnisse als Regelschülerinnen bzw. -schüler an Gesamtschulen in Brandenburg.
- › Die Ergebnisse von objektiven Schulleistungstests der Schülerinnen und Schüler mit und ohne AA bestätigen, dass zwischen diesen Gruppen keine Unterschiede in der Entwicklung bestehen.

Allerdings unterscheiden sich die Schüler bzw. Schülerinnen der EdS Potsdam von den Gleichaltrigen an Gesamtschulen dahingehend, dass sie (1) mit geringeren Englisch-Leistungen in die GOST eintreten und tendenziell schwächere Entwicklungsverläufe aufweisen, (2) dagegen in Mathematik weder zu Beginn noch am Ende der GOST Leistungsunterschiede zu den Regelschülern bzw. -schülerinnen bestehen.

- › In Bezug auf die subjektive Bewertung des AA zeigt sich ein überraschender Zuspruch. Die Nachfrage übersteigt dabei das Angebot. Die Teilnehmenden empfehlen das AA nahezu uneingeschränkt. Die Befunde belegen zudem eindeutig, dass das AA dem vorzeitigen Ende der Leistungssportkarriere entgegenwirkt und sogar eine Steigerung des Trainingsumfangs ermöglicht. Diese positive Einschätzung kam in den Interviews mit aktuellen und ehemaligen Teilnehmenden des AA nachdrücklich zum Ausdruck.
- › In Bezug auf das psychosomatische Befinden sowie chronische Belastungserleben heben sich die leistungssportlich aktiven Schülerinnen und Schüler mit AA nicht von anderen Schülern und Schülerinnen ab.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass Schülerathletinnen bzw. -athleten in trainingsintensiven Sportarten durch das AA in der Lage waren, ihre Leistungssportkarriere (und damit auch die Duale Karriere) länger aufrechtzuerhalten sowie die hohen Trainingsumfänge im Verlauf der GOST weiter zu steigern, ohne dass durch diese höhere Beanspruchung ihr gesundheitliches Wohlbefinden beeinflusst und ihre schulischen Leistungen maßgeblich beeinträchtigt werden. Vor diesem Hintergrund ist das AA als innovatives und wirksames Förderangebot einzustufen, das seinen Zweck erfüllt und im bundesweiten Vergleich durchaus neue Maßstäbe setzt.

8 Literatur

- Borggreffe, C., & Cachay, K. (2014). Spezialschulen Sport in Brandenburg – ein Modell für Deutschland? *Leistungssport*, 45(6), 40-46.
- Gerloff, I., & Sallen, J. (2021). „Das Abitur und Olympische Medaillen im Visier“ – Förderung leistungssportlicher Begabung an der Friedrich-Ludwig-Jahn Sportschule Potsdam. *Schulverwaltung spezial – Zeitschrift für Schulgestaltung und Schulentwicklung*, 23(4), 181-184.
- Niehues, M., Wendeborn, T., Gerlach, E., & Sallen, J. (2022). Zum Einfluss des Sportengagements und des Additiven Abiturs auf die Entwicklung der Englisch-Sprachkompetenz von Schüler*innen an Eliteschulen des Sports. In M. Wegner & J. Jürgensen (Hrsg.), *Sport, Meer & Mehr – Sportwissenschaft in gesellschaftlicher Verantwortung. 25. dvs-Hochschultag, Kiel, 29.-31. März 2022. Abstracts* (S. 71). Czwalina.
- Niehues, M., Gerlach, E., Wendeborn, T., & Sallen, J. (2021). *Successful in sports but worse in school? Adolescent student-athletes' development of scholastic performances in the subject English*. Unveröffentlichtes Manuskript. Universität Hamburg, Professur für Bewegungs- und Sportpädagogik.
- Sallen, J. (2018). Das „Additive Abitur“ auf dem Prüfstand. Perspektiven von leistungssportlich aktiven Jugendlichen auf einen Schulversuch zur Förderung dualer Karrieren. *Sportunterricht*, 67(10), 452-457.
- Sallen, J., Schole, L., Wendeborn, T., & Gerlach, E. (2022a). *Evaluation von Angeboten zur Förderung Dualer Karrieren an Schule-Leistungssport-Verbundsystemen unter besonderer Berücksichtigung des Modellversuchs Additives Abitur (EDKAA)*. Unveröffentlichter Forschungsbericht. Universität Potsdam, Professur für Sportdidaktik.
- Sallen, J., Schole, L., Wendeborn, T., & Gerlach, E. (2022b). Leisten schulische Maßnahmen zur Förderung Dualer Karrieren einen Beitrag zur Aufrechterhaltung leistungssportlichen Engagements? Eine Analyse am Beispiel des Additiven Abiturs. In N. Neuber et al. (Hrsg.), *Wissenstransfer – ein zentrales Thema für die Sportpädagogik? 35. Jahrestagung der dvs-Sektion Sportpädagogik vom 16.-18. Juni in Münster*. Czwalina.
- Sallen, J., Wendeborn, T., & Gerlach, E. (2022c). *Talented athletes as high achievers – only in sport or also in school? Analysis of academic performance and the impact of dual career assistance programmes in upper secondary school*. Unveröffentlichtes Manuskript. Universität Potsdam, Professur für Sportdidaktik.
- Sallen, J., Zetzsche, R., Wendeborn, T., & Gerlach, E. (2019). Evaluation von Angeboten zur Förderung Dualer Karrieren an Schule-Leistungssport-Verbundsystemen unter besonderer Berücksichtigung des Modellversuchs Additives Abitur: Halbzeitzeitstand. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft. (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2018/19* (S. 115-121). Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- Wendeborn, T., Zetzsche, R., & Sallen, J. (2021). Schulversuche zur Unterstützung sportlicher Begabungsförderung: Die Umsetzung des Additiven Abiturs aus Sicht der beteiligten Institutionen. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, 62(2), 94-113.

Die ökonomischen Auswirkungen von COVID-19 für Nachwuchsleistungs- und Spitzensportler und -sportlerinnen in Deutschland

(AZ 071802/21)

Christoph Breuer (Projektleitung), Sören Dallmeyer & Henry Steinfeldt

Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Sportökonomie und Sportmanagement

1 Problemstellung

Während der COVID-19-Pandemie waren neben den gesundheitlichen Folgen auch die ökonomischen Auswirkungen immer wieder Bestandteil des öffentlichen Diskurses. Insbesondere politische Maßnahmen mit dem Ziel, die Auswirkungen für die Industrie und die Bevölkerung möglichst gering zu halten, standen dabei im Fokus. Auch der deutsche Spitzensport stand im Jahr 2020 ganz im Zeichen der COVID-19-Pandemie. Zahlreiche Veranstaltungen und Wettkämpfe wurden abgesagt und Trainingsstätten waren über einen langen Zeitraum für Athleten und Athletinnen geschlossen. Infolgedessen waren auch die deutschen Spitzensportlerinnen und -sportler mit den ökonomischen Auswirkungen der Pandemie konfrontiert. Die ausgefallenen Sportwettkämpfe waren unmittelbar mit Einbußen bei wichtigen Einkommensquellen aus dem Sponsoring oder Preisgeld verbunden. Zudem waren auch andere Einkommensquellen der Sportlerinnen und Sportler von der Pandemie beeinflusst, wie beispielsweise die Zahlungen von Vereinen oder nebenberufliche Erwerbstätigkeiten. Eine durchgeführte Studie von DOSB und Deloitte (2021) schätzte zwar die gesamten ökonomischen Auswirkungen für den organisierten Sport, lieferte jedoch keine Erkenntnisse auf der individuellen Ebene der Athleten bzw. Athletinnen. Ziel dieser Studie war es, diese Informationslücke zu schließen und die ökonomischen Auswirkungen von COVID-19 für deutsche Nachwuchsleistungs- und Spitzensportler bzw. -sportlerinnen zu quantifizieren und so eine Evidenzgrundlage für potenzielle Unterstützungsprogramme der Politik zu schaffen.

Des Weiteren sollten Folgen dieses potentiellen Einkommensschocks untersucht werden. Hierbei stand insbesondere die Frage im Fokus, inwiefern die ökonomischen Auswirkungen in Verbindung mit den allgemeinen Folgen der Pandemie die mentale Gesundheit der Athletinnen und Athleten beeinflusst haben.

2 Methode

Für die Analyse der ökonomischen Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf Nachwuchsleistungs- und Spitzensportler bzw. -sportlerinnen in Deutschland wurde eine Onlinebefragung durchgeführt. Die Befragung fand vom 15.03.2021 bis einschließlich 14.04.2021 statt. Befragt wurden alle Athletinnen und Athleten, die von der Stiftung Deutsche Sporthilfe entweder finanziell gefördert wurden oder immaterielle Förderung erhielten. Die Befragung baute dabei auf einer vorherigen Erhebung von Breuer et al. (2018) auf, so dass ein Vergleich der Kohorten für die Jahre 2017 und 2020 durchgeführt werden konnte. Die Teilnahme der Athletinnen und Athleten erfolgte anonym. Die finale Stichprobengröße lag bei 1.653 Athletinnen und Athleten und entsprach somit einer Rücklaufquote von 42,5 %. Die Stiftung Deutsche Sporthilfe stellte zudem weitere Informationen über die Sportler und Sportlerinnen (Kader, Geschlecht, Alter) zur Verfügung. Hinsichtlich der Analyse der ökonomischen Auswirkungen wurde ein indirektes Maß auf Basis des Querschnittsvergleichs mit der Studie von Breuer et al. (2018) und ein direktes Maß auf Basis der Befragung in 2021 ermittelt. Die Analyse der Auswirkungen des Einkommensschocks erfolgte mithilfe von Regressionsmodellen.

3 Ergebnisse

3.1 Allgemeine Auswirkungen von COVID-19

Die Befunde zeigen, dass sowohl der Trainings- als auch der Wettkampfbetrieb über alle Kader und Sportarten hinweg von der Pandemie im Jahr 2020 deutlich eingeschränkt war. Zudem gab im Vergleich zu der Gesamtbevölkerung ein deutlich höherer Anteil (8,2 %) der Befragten eine Infektion mit COVID-19 in 2020 an. Positiv ist zu erwähnen, dass die Einschätzung der Athletinnen und Athleten hinsichtlich ihrer Zukunftsaussichten weiterhin eher optimistisch ausfiel.

3.2 Einkommen von Athlet:innen

Im Fragebogen wurden die Sportler und Sportlerinnen gebeten, detaillierte Angaben zu ihrem Einkommen aus verschiedenen Bereichen im Jahr 2020 zu machen. Im Durchschnitt belief sich das Einkommen aus dem Jahr 2020 auf rund 15.860 € und fiel damit gut 2.820 € (-15,1 %) niedriger aus als noch im Jahr 2017. Abb. 1 zeigt das Einkommen der Athleten bzw. Athletinnen aus den verschiedenen Einkommenskategorien

im Jahr 2020 und den Vergleich mit der Befragung aus dem Jahr 2017.

Es zeigt sich, dass Athletinnen im Durchschnitt größere Einkommenseinbußen im Jahr 2020 im Vergleich zu 2017 als Athleten erlitten. Lag das jährliche Einkommen der Athletinnen 2017 im Mittel noch bei 17.760 €, so ging es 2020 auf 13.910 € zurück. Dies entspricht Einkommenseinbußen von gut 3.850 € (-21,7 %) im Vergleich zu 2017. Bei den männlichen Athleten fiel der Rückgang des durchschnittlichen jährlichen Einkommens mit 1.610 € weniger als halb so stark aus, von im Mittel 19.390 € in 2017 auf 17.780 € in 2020 (-8,3 %).

Für die Ermittlung des direkten Maßes des Einkommensschocks wurden diejenigen, die angaben, im Jahr 2020 eine Einkommensveränderung erlitten zu haben, nach der Größe der Veränderung befragt. Konkret bedeutet das, falls das Einkommen in den verschiedenen Kategorien nach Einschätzung der Athleten bzw. Athletinnen gestiegen oder gesunken ist, wurden sie gefragt, um wie viel Euro es gestiegen oder gesunken ist. Insgesamt ist das Einkommen der Sportlerinnen und Sportler im Durchschnitt um 2.630 € gesunken (-14,2 %).

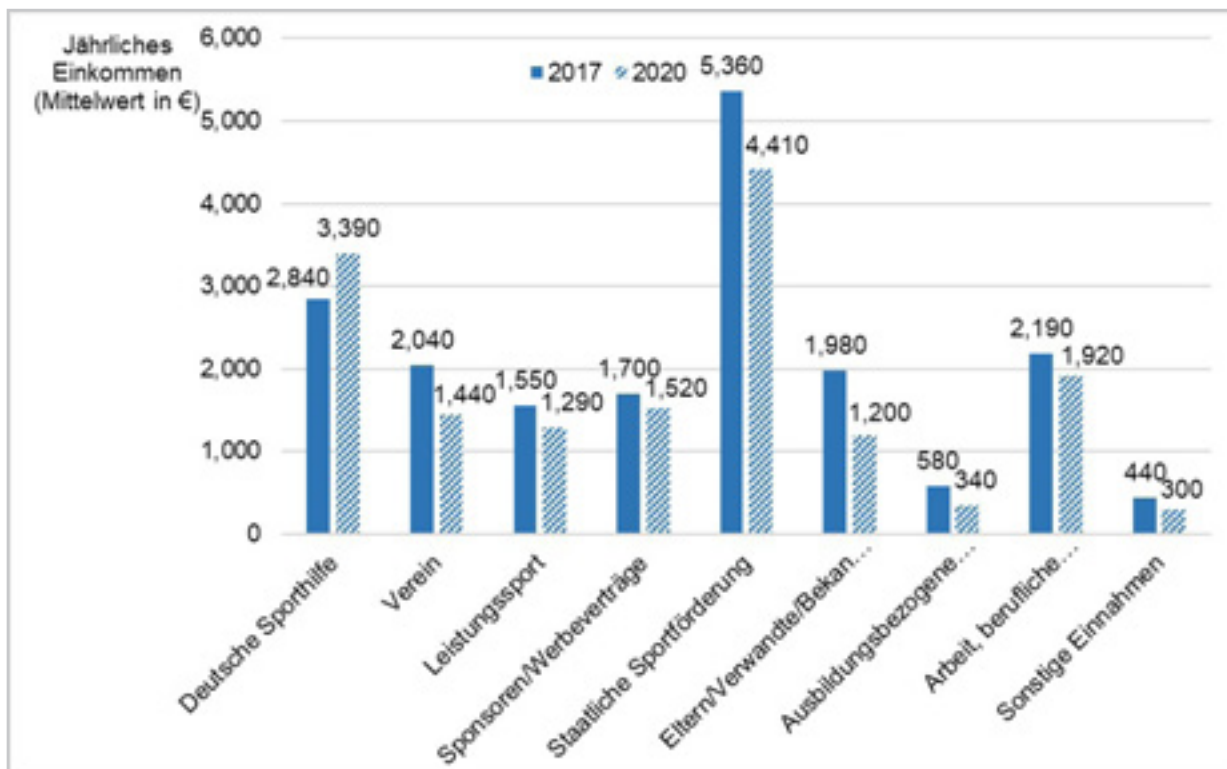


Abb. 1: Einkommen im Jahr 2020 und Vergleich mit 2017

3.3 Ausgaben und Lebenshaltungskosten der Athletinnen bzw. Athleten

Neben den allgemeinen Lebenshaltungskosten müssen die Spitzensportlerinnen und -sportler von ihrem Einkommen auch Ausgaben für die Ausübung ihres Sports bestreiten. Gaben deutsche Spitzensportler und -sportlerinnen 2017 jährlich noch rund 5.160 € für den Sport aus, so ist dieser Betrag im Jahr 2020 auf 3.550 € gesunken (- 31,2 %). Abb. 2 zeigt die Ausgaben der Athletinnen und Athleten aus den verschiedenen Ausgabenkategorien im Jahr 2020 und den Vergleich mit der Befragung aus dem Jahr 2017. Athletinnen litten im Jahr 2020 zwar unter größeren Einkommenseinbußen als Athleten, allerdings standen dem auch reduzierte Ausgaben gegenüber. Unklar ist jedoch, ob die Ausgaben im Mittel reduziert sind, weil bestimmte Ausgaben nicht anfielen oder weil sich die Athletinnen aufgrund eines geringeren Einkommens einschränken mussten. Im Vergleich zu durchschnittlichen jährlichen Ausgaben von 5.400 € in 2017 gaben Athletinnen in 2020 gut 3.020 € für die Ausübung des Spitzensportes aus (-44,1 %). Bei den männlichen Athleten fielen die Einsparungen von 4.970 € in 2017 auf 4.070 € (-18,1 %) deutlich geringer aus.

Analog zum Einkommen wurden diejenigen Athleten und Athletinnen, die angaben, dass sich ihre Ausgaben im Jahr 2020 geändert hatten, nach der Größe der Veränderung befragt. Konkret bedeutet das, falls das Einkommen in den verschiedenen Kategorien nach Einschätzung der Sportlerinnen und Sportler gestiegen oder gesunken ist, wurden sie gefragt, um wie viel Euro es gestiegen oder gesunken ist. Ein Rückgang der Ausgaben wurde insbesondere bei den Kategorien Reisekosten und Startgelder beobachtet. Dies ist durchaus plausibel, da viele Wettkämpfe im Corona-Jahr 2020 ausfielen.

3.4 Zufriedenheit der Athletinnen und Athleten mit verschiedenen Lebensbereichen

Im Rahmen der Befragung wurden die Athleten und Athletinnen sowohl nach ihrer subjektiven Zufriedenheit mit dem Leben insgesamt als auch mit verschiedenen Lebensbereichen (Einkommen, Freizeit und Gesundheit) auf einer Skala von 0 (ganz und gar unzufrieden) bis 10 (ganz und gar zufrieden) befragt. Die Zufriedenheit der Spitzensportlerinnen und -sportler mit dem Leben insgesamt hat sich im Vergleich zur Befragung aus 2018 um einen halben

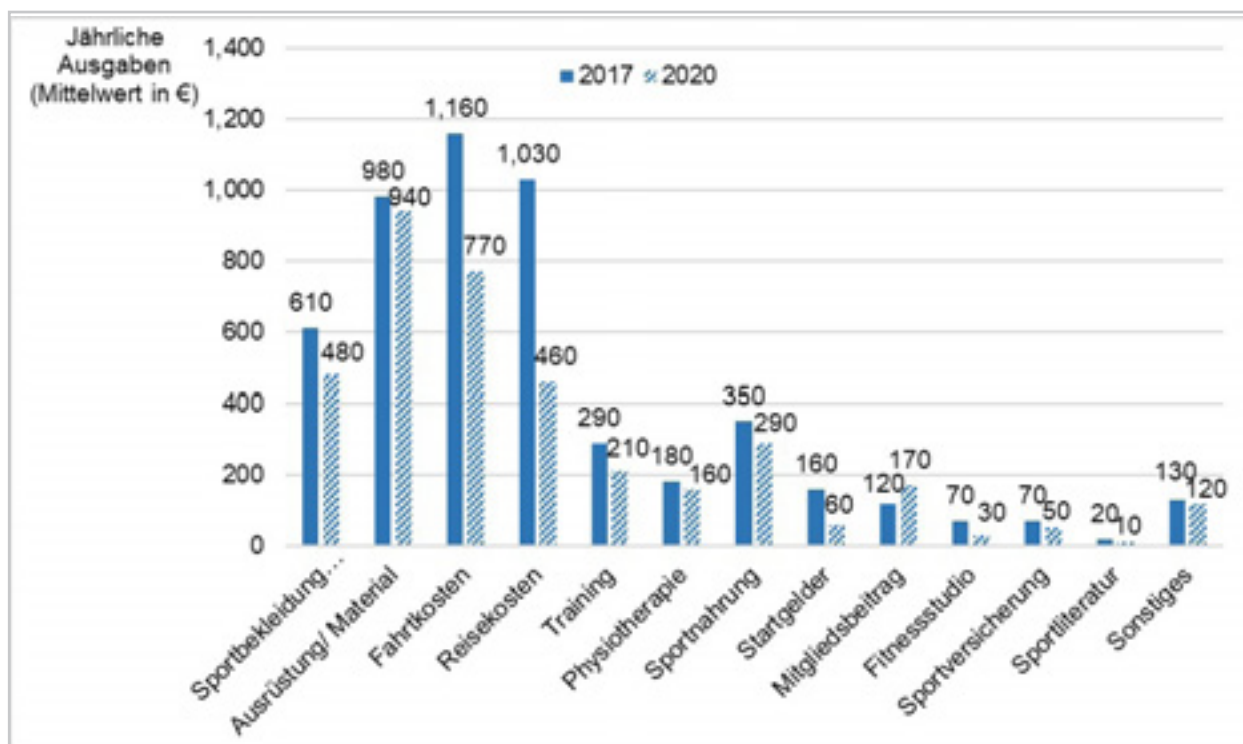


Abb. 2: Ausgaben im Jahr 2020 und Vergleich mit 2017

Punkt verschlechtert, von 7,4 in 2017 auf 6,9 in 2020. Erstaunlicherweise ist die Zufriedenheit mit dem Einkommen trotz beobachtetem Einkommensrückgang von 5,0 auf 5,9 gestiegen. Die Zufriedenheit mit der Freizeit und mit der Gesundheit hat sich über die Jahre jeweils nicht verändert. Die Zufriedenheit mit der Freizeit lag unverändert bei 5,6 und die Zufriedenheit mit der Gesundheit lag ebenfalls unverändert bei 7,4.

3.5 Analyse der Auswirkungen des Einkommensschocks

Mit Hilfe von Regressionsmodellen wurde schließlich der Einkommensrückgang mit der Lebenszufriedenheit in Verbindung gesetzt. Die Analyse des Querschnittsdatensatzes aus 2020 zeigt einen eindeutig negativen Effekt von 0,678 Punkten auf die Lebenszufriedenheit (Skala 0-10) für den Fall, dass die Athletinnen und Athleten einen Einkommensschock erlitten haben. Weiter ist zu beobachten, dass der Einfluss mit der Größe des Einkommensschocks steigt. Beispielsweise beträgt der Einfluss des Einkommensschocks bei einem Rückgang von mehr als 50 % des Einkommens -0,953 Punkte. Zusätzlich zeigen die Ergebnisse, dass der negative Effekt besonders bei Sportlern und Sportlerinnen mit einem niedrigen Jahreseinkommen (unter 10.000 €) zu beobachten ist. Dazu passt, dass der negative Effekt bei Athleten und Athletinnen unter 20 Jahren und bei einer Kaderstufe unterhalb des Perspektivkaders besonders stark ausfällt.

4 Diskussion

Die Analyse sowohl einer direkten Abfrage bei den Athleten und Athletinnen als auch eines indirekten Maßes, auf Basis eines Kohortenvergleichs mit einer Athletengruppe aus dem Jahre 2017, zeigt einen erheblichen Rückgang des Einkommens von durchschnittlich 14,2 % (direktes Maß) beziehungsweise 15,1 % (indirektes Maß) im Jahr 2020. Im Vergleich dazu hat eine Studie des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (2021) für die allgemeine Bevölkerung nur einen Rückgang von ca. 3,0 % des Einkommens in 2020 ermittelt, was die Autorinnen und Autoren des Instituts für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung überwiegend auf funktionie-

rende Transferleistungen in unterschiedlichen wirtschaftlichen Sektoren zurückführen. Auch wenn bei dieser Differenz die unterschiedliche Zusammensetzung der Grundgesamtheit von der allgemeinen Bevölkerung und der Nachwuchsleistungs- und Spitzensportlern bzw. -sportlerinnen nicht berücksichtigt ist, ist dies dennoch kritisch zu betrachten, da deutsche Nachwuchsleistungs- und Spitzensportler bzw. -sportlerinnen im Vergleich zur repräsentativen Bevölkerung ein ohnehin deutlich geringeres jährliches Einkommen vorweisen (Breuer et al., 2018).

Dieser unvorhergesehene Einkommensschock, den Athletinnen und Athleten im Jahr 2020 erlebten, hat unmittelbare Auswirkungen auf die geistige Gesundheit der Sportler und Sportlerinnen gehabt. Schon im deskriptiven Vergleich lässt sich erkennen, dass im Vergleich mit der Kohorte aus 2017 die Lebenszufriedenheit insgesamt zurückgegangen ist. Die empirischen Ergebnisse zeigen dabei eindeutig, dass der Einkommensschock und die Höhe des Einkommensschocks diese Entwicklung signifikant mitbestimmen. Wie auch schon Studien für die allgemeine Bevölkerung nachgewiesen haben, waren insbesondere die Athleten und Athletinnen aus den niedrigeren Einkommensklassen davon betroffen.

Doch nicht nur der Einkommensschock war verantwortlich für die niedrigere Lebenszufriedenheit. Auch die von der COVID-19-Pandemie verursachten Auswirkungen auf den Leistungssport, also die Einschränkung des Trainings- und Wettkampfbetriebs, verursachten einen signifikanten Rückgang der Lebenszufriedenheit. Die Studie zeigt somit auch die Dringlichkeit für nachhaltige Hygienekonzepte auf, um den Trainings- und Wettkampfbetrieb in kritischen Zeiten aufrecht zu erhalten. Andernfalls wird vielen Nachwuchsleistungs- und Spitzensportlern bzw. -sportlerinnen die Möglichkeit des Ausübens ihrer Sportart – und damit in vielen Fällen ihres Berufs – genommen.

Die COVID-19-Pandemie im Jahr 2020 hat gezeigt, wie anfällig das Einkommen von Nachwuchsleistungs- und Spitzensportlerinnen bzw. -sportlern ist und welche wichtige Rolle staatliche oder öffentliche Unterstützungen bei der Bewältigung eines unvorhergesehenen, nega-

tiven Einkommensschocks einnehmen. Um in Zukunft auf ähnliche Krisen reagieren zu können, sollten bessere Unterstützungsfinanzierungen geschaffen werden, die die Möglichkeit bieten, Nachwuchs- und Spitzensportler und -sportlerinnen im Falle eines negativen Einkommensschocks temporär zu unterstützen.

5 Literatur

Breuer, C., Wicker, P., Dallmeyer, S., & Ilgner, M. (2018). *Die Lebenssituation von Spitzensportlern und -sportlerinnen in Deutschland*. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft

DOSB & Deloitte (2021). *Corona-Schäden für Sportdeutschland*. Zugriff am 12.08.21 unter https://cdn.dosb.de/user_upload/www.dosb.de/Corona/Coronabedingter-Schaden_Zweite_Deloitte-Befragung.pdf

Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. (2021). *Covid-19-Krise: Für das Jahr 2020 ist mit keinem Anstieg der Einkommensungleichheit in Deutschland zu rechnen*. Zugriff am 14.08.2021 unter <https://www.iab-forum.de/covid-19-krise-fuer-das-jahr-2020-ist-mit-keinem-anstieg-der-einkommensungleichheit-in-deutschland-zu-rechnen/?pdf=19532>

Sportentwicklungsbericht 3.0:

Ausgewählte Ergebnisse der Vereinsbefragung sowie der COVID-19-Zusatzbefragung im Rahmen der 8. Erhebungswelle des „SEB 3.0“

(AZ 081802/17-26)

Christoph Breuer (Projektleitung) & Svenja Feiler

Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Sportökonomie und Sportmanagement

1 Problem

Die Sportentwicklungsberichte – „Analysen zur Situation der Sportvereine in Deutschland“ verfolgen das Ziel, die Entscheidungsträger im organisierten Sport sowie in der öffentlichen Sportpolitik und -verwaltung zeitnah mit politikfeld- und managementrelevanten Informationen zu versorgen (Argumentations- und Handlungswissen). Mit Hilfe dieser Unterstützung soll die Wettbewerbsfähigkeit des organisierten Sports in Zeiten eines dynamischen sozialen Wandels gestärkt werden. Mitte des Jahres 2017 wurde Univ.-Prof. Dr. Christoph Breuer vom Institut für Sportökonomie und Sportmanagement der Deutschen Sporthochschule Köln mit der Durchführung der siebten bis neunten Welle der Sportentwicklungsberichte beauftragt („SEB 3.0“). Weiterhin liegt der methodische Kerngedanke der Sportentwicklungsberichte im Aufbau eines Paneldesigns. Nunmehr werden ab der siebten Welle die gleichen Sportvereine alle drei Jahre zu ihrer Situation online befragt.

Zudem sind neue Elemente des „SEB 3.0“, die sogenannten Stakeholderbefragungen, d. h. Befragungen verschiedener Personengruppen, hinzugekommen. In der siebten Welle wurden in diesem Zusammenhang neben den Vereinen selbst auch Trainerinnen bzw. Trainer und Übungsleiter bzw. Übungsleiterinnen sowie Vorstandsmitglieder befragt. In der jetzt vorliegenden achten Welle wurden ergänzend zu den Vereinen auch Mitglieder sowie Schieds- und Kampfrichter bzw. -richterinnen befragt. Die Befragungen der Personengruppen erfolgten zeitlich nach der jeweiligen Organisationsbefragung.

Um zu untersuchen, inwiefern die Sportvereine von den Einschränkungen durch die COVID-19-Pandemie betroffen waren, wurde eine ergänzende Befragung von Sportvereinen im Rahmen der achten Welle des SEB durchgeführt. Ziel dieser Sonderbefragung war es, die Folgen der COVID-19-Pandemie für Sportvereine in Deutschland zu erfassen und ausgewählte Entwicklungen im Verlaufe der Pandemie bis zum Befragungszeitraum (Anfang April bis Anfang Juni 2021) darzustellen (vgl. Breuer, Feiler & Rossi, 2021a, b).

Wie auch bereits in vorherigen Wellen besteht im „SEB 3.0“ weiterhin die Möglichkeit für Sportfachverbände, gesonderte, sportartenspezifische Auswertungen zu beauftragen. Von dieser Möglichkeit haben in der achten Welle der Deutsche Fußball-Bund (DFB) sowie der Deutsche Behindertensportverband (DBS) Gebrauch gemacht (vgl. Breuer, Feiler & Rossi, 2021c, d, e).

2 Methode

Sowohl die Gesamtvereinsbefragung der achten Welle als auch die Zusatzbefragung im Rahmen der COVID-19-Pandemie wurden online durchgeführt. Die Erhebung der Vereinsbefragung der achten Welle, d. h. der planmäßig stattfindenden Befragung, wurde vom 21.10.2020 bis 21.12.2020 durchgeführt. Als Grundlage für die Stichprobendienten die von den Landessportbünden zur Verfügung gestellten E-Mailadressen der Vereine. Von den insgesamt 88.071 Sportvereinen in Deutschland zum Stichtag 01.01.2020 (DOSB, 2020) wurden 78.353 Sportvereine per E-Mail zur Befragung eingeladen.

Insgesamt nahmen $n = 20.179$ Sportvereine an der Befragung teil, was einem Rücklauf von 26,9 % entspricht. Im Vergleich zur siebten Welle hat der Stichprobenumfang bundesweit leicht zugenommen (+1,5 %).

Die Zusatzbefragung von Sportvereinen zum Thema COVID-19 wurde außerplanmäßig vom 08.04.2021 bis 08.06.2021 ebenfalls online durchgeführt. Teilnehmen konnten auf freiwilliger Basis Vereine, die sich bereits an der Gesamtvereinsbefragung der achten Welle im Herbst 2020 beteiligt und der Teilnahme an der Zusatzbefragung zugestimmt hatten. Dies traf auf 7.161 Vereine der 20.179 teilnehmenden Vereine zu. Insgesamt haben sich an der COVID-19-Zusatzbefragung $n = 3.895$ Sportvereine beteiligt. Detaillierte Informationen zur Methode der Vereinsbefragungen im Rahmen der achten Befragungswelle können den Berichten entnommen werden (vgl. Breuer & Feiler, 2021; Breuer, Feiler & Rossi, 2021a).

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Aufarbeitung der Ergebnisse erfolgt in der achten Welle des Sportentwicklungsberichts in verschiedenen Berichten. Aufgrund der Aktualität beschäftigt sich die erste Veröffentlichung mit den Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf die Sportvereine (vgl. Breuer, Feiler & Rossi, 2021a). Neben dem Bericht in deutscher Sprache wurde ergänzend eine englische Fassung publiziert (Breuer, Feiler & Rossi, 2021b). Wie in jeder Ergebningswelle stellt der sog. Bundesbericht (Breuer & Feiler, 2021) die Ergebnisse der regulären Vereinsbefragung der achten Welle auf gesamtdeutscher Ebene dar. Neben den Ergebnissen der Organisationsbefragung enthält der Bundesbericht auch erste Ergebnisse der beiden Stakeholderbefragungen, d. h. der befragten Personengruppen. Detaillierte Berichte der Befragungen der Mitglieder sowie Schieds- und Kampfrichterinnen bzw. -richter werden im Laufe des Jahres 2022 erscheinen. Angelehnt an die chronologische Abfolge der Befragungen werden an dieser Stelle zunächst ausgewählte Ergebnisse der Gesamtvereinsbefragung im Herbst 2020 dargestellt, gefolgt von einigen Ergebnissen der COVID-Zusatzbefragung.

Die Sportvereine in Deutschland wurden zunächst, wie auch in der siebten Welle, nach ihrem Selbstverständnis gefragt. Hier zeigt sich, dass die Vereine besonderen Wert auf Gemeinschaft legen und sich als Solidargemeinschaft verstehen. Zudem legen die Vereine Wert auf eine demokratische Beteiligung im Verein. Dies umfasst auch die demokratische Beteiligung von jungen Menschen. Außerdem geben die Sportvereine an, regelmäßig mit ihren Mitgliedern zu kommunizieren, was insbesondere in Krisenzeiten wichtig erscheint. Ausbaufähig ist das Engagement der Vereine u. a. im Bereich des Kinderschutzes und der Prävention sexualisierter Gewalt. Insgesamt fällt auf, dass die durchschnittliche Zustimmung zu den Items des Selbstverständnisses im Vergleich zur siebten Welle im Jahr 2017 in allen Bereichen, die auch 2017 erhoben wurden, leicht, aber signifikant rückläufig ist. Eine mögliche Erklärung könnte das insgesamt eingeschränkte Angebot der Vereine aufgrund der Corona-Pandemie und damit ein gefühlt auch eingeschränktes Engagement in den unterschiedlichen Bereichen darstellen.

Im Vergleich zu anderen Sportanbietern bieten die Vereine nach wie vor ein vergleichsweise preisgünstiges Sportangebot für eine breite Bevölkerung an. So verlangt die Hälfte der Vereine einen monatlichen Mitgliedsbeitrag für Kinder von maximal € 4,-, für Jugendliche von maximal € 5,- und für Erwachsene von maximal € 10,-. Bei der Angebotserstellung arbeiten die Sportvereine mit verschiedenen Akteuren zusammen. So geben 37 % der Vereine an, mit einem anderen Sportverein zu kooperieren und knapp ein Drittel kooperiert mit einer Schule. Während im Vergleich zum Jahr 2013 anteilig mehr Sportvereine mit anderen Vereinen bei der Angebotserstellung zusammenarbeiten, ist der Anteil der kooperierenden Vereine mit Schulen rückläufig. Dies gilt auch für die Kooperation mit Krankenkassen und Jugendämtern. Hingegen ist der Anteil der Vereine, die mit einem kommerziellen Sportanbieter (z. B. einem Fitnessstudio) zusammenarbeiten, gestiegen.

Im Bereich des Leistungssports zeigt sich, dass im Vergleich zu 2017 der Anteil an Vereinen mit Kaderathleten bzw. Kaderathletinnen leicht gesunken ist.

So gaben in der aktuellen Vereinsbefragung 10,9 % der Vereine an, über Kaderathletinnen bzw. -athleten aus den Bereichen Olympiakader (OK), Perspektivkader (PK), Ergänzungskader (EK), Nachwuchskader (NK1 und NK2) und/oder Landeskader (LK) zu verfügen.

Von besonderer Bedeutung für die Sportvereine in Deutschland sind nach wie vor das Ehrenamt sowie die freiwillig Engagierten in den Vereinen. So gab es im Jahr 2019, d. h. im Jahr vor der Corona-Pandemie, in den Sportvereinen in Deutschland rund 2 Mio. ehrenamtliche Positionen. Hierbei waren die Männer nach wie vor in der Überzahl. Rechnet man zu den ehrenamtlich Engagierten noch die Anzahl der freiwilligen Helfer und Helferinnen hinzu, die sich nicht in festen Positionen, sondern sporadisch im Verein engagieren (z. B. bei Sportveranstaltungen, Vereinsfesten, Fahrdiensten etc.), so trifft dies auf rund ein Viertel der Vereinsmitglieder bzw. rund 6,7 Mio. Personen zu.

Neben den Ehrenamtlichen gab es 2019 auch Vereine, die bezahltes Personal beschäftigt haben. So gab gut jeder zehnte Verein an, bezahlte Mitarbeiter bzw. Mitarbeiterinnen im Bereich Führung und Verwaltung einzusetzen, während sogar knapp ein Drittel auf bezahltes Personal im sportpraktischen Bereich (Sport-, Übungs- und Trainingsbetrieb) setzte. Weitere knapp 19 % der Vereine beschäftigten bezahltes Personal in weiteren Bereichen, wie z. B. der Technik, Wartung oder Pflege.

Betrachtet man ergänzend das Personal für bestimmte Aufgabenbereiche im Verein, so gab ein Drittel der Vereine an, über eine Person für die Aus- und Weiterbildung der Vereinsmitarbeiterinnen bzw. -mitarbeiter zu verfügen. Dieser Anteil ist im Vergleich zur siebten Welle allerdings rückläufig, was direkte Auswirkungen auf das Humankapital der Sportvereine haben kann. So hat eine weiterführende Studie gezeigt, dass eine solche Position im Verein einen signifikant positiven Effekt auf die Fort- und Weiterbildungsbereitschaft im Übungsleiter- bzw. Trainerbereich und damit auf das Humankapital der Vereine hat (Breuer, Feiler & Rossi, 2021f).

Erstmals im Rahmen des SEB wurde das Thema Digitalisierung näher betrachtet. Hierbei wurden die Vereine zunächst um eine Einschätzung zum Stand der Digitalisierung im eigenen Verein befragt. Es zeigt sich, dass die größte Hürde der Digitalisierung in den Vereinen im Ressourcenmangel (Zeit, Geld, Personal) liegt. Besonders kleine Vereine haben zudem mit Anfangsinvestitionen in Technologien zu kämpfen. Es sind auch insbesondere die Kleinstvereine, die der Digitalisierung noch skeptisch gegenüberstehen, weniger Relevanz in der Thematik sehen und daher z. T. bewusst analog bleiben. Was die Nutzung digitaler Medien betrifft, so zeigt sich, dass insbesondere die Mitgliederverwaltung und Finanzbuchhaltung sowie die Kommunikation mit Mitgliedern und Ehrenamtlichen bereits bei einem Großteil der Vereine digital abläuft.

Betrachtet man die Herausforderungen der Vereine zum Zeitpunkt der Gesamtbefragung im Herbst 2020, so zeigt sich, dass die Probleme der Vereine insbesondere im Bereich Personal lagen. So stellten Probleme der Bindung und Gewinnung ehrenamtlicher Funktionsträger bzw. -trägerinnen, jugendlicher Leistungssportlerinnen bzw. -sportler sowie Übungsleiterinnen bzw. -leiter und Trainer bzw. Trainerinnen weiterhin die durchschnittlich größten Probleme für die Vereine dar. Zudem hatten die Vereine im Vergleich zur Befragung drei Jahre zuvor vermehrt mit der Bindung und Gewinnung von Mitgliedern zu kämpfen. Dieses Problem wie auch die Bindung und Gewinnung jugendlicher Leistungssportler und -sportlerinnen hat im Vergleich zu 2017 signifikant zugenommen.

Zudem stellten auch bürokratische Hürden (Anzahl Gesetze, Verordnungen, Vorschriften) die Vereine in Pandemiezeiten vor wachsende Herausforderungen, während gleichzeitig die (mangelnde) Unterstützung durch Politik und Verwaltung ein konstant großes Problem darstellte. Während rund 30 % der Vereine das letztgenannte Problem als groß bzw. sehr groß einschätzten, traf dies für das Problem der Anzahl an Gesetzen, Verordnungen und Vorschriften sogar auf rund 38 % der Vereine zu und ist im Vergleich zu 2017 angewachsen.

Hingegen waren finanzielle Probleme im Schnitt geringer ausgeprägt und im Vergleich zur siebten Erhebungswelle sogar rückläufig. Hierzu passt eine ergänzende Einschätzung der Vereine zu Problemen speziell aufgrund der COVID-19-Pandemie. So sollten die Vereine die Wahrscheinlichkeit einschätzen, innerhalb der kommenden zwölf Monate (zum Zeitpunkt der Befragung) existenzielle Probleme aufgrund der Pandemie in den Bereichen der Bindung und Gewinnung von Mitgliedern, Ehrenamtlichen sowie bei der finanziellen Situation zu bekommen. Die Vereine gaben im Schnitt eine knapp 21-prozentige Wahrscheinlichkeit an, im nachfolgenden Jahr existenzielle Probleme im Bereich der finanziellen Situation zu bekommen. Noch größer wurde die Wahrscheinlichkeit eingeschätzt, dass existenzielle Probleme bei der Bindung und Gewinnung von Ehrenamtlichen (29,4 %) und der Mitgliederbindung und -gewinnung (34,2 %) auftreten werden. In diesem Zusammenhang zeigt eine weiterführende Studie, dass verschiedene strukturelle Merkmale und Kapazitäten die Einschätzung der Vereine hinsichtlich möglicherweise auftretender existenzieller Probleme durch COVID-19 signifikant beeinflussen. So empfinden z. B. Vereine, die über bezahltes Personal und eigene Sportanlagen verfügen, eine höhere Wahrscheinlichkeit, im Bereich der finanziellen Situation in Existenznot zu geraten (vgl. Feiler & Breuer, 2021).

Im Rahmen der COVID-Zusatzbefragung im Frühjahr 2021 wurden den Vereinen einige gleiche Fragen gestellt, die bereits in der Gesamtbefragung 2020 erhoben wurden, um u. a. eine Entwicklung zwischen Herbst 2020 und Frühjahr 2021 hinsichtlich verschiedener Problemlagen untersuchen zu können. So wurde auch die Frage zur Wahrscheinlichkeit des Auftretens existenzieller Probleme aufgrund der Pandemie den Vereinen im Frühjahr 2021 erneut gestellt. Hierbei bezog sich der Zeithorizont allerdings auf das Ende des Jahres 2021. Die Ergebnisse zeigen, dass die Sportvereine im Herbst 2020 in allen drei Bereichen durchschnittlich eine größere Wahrscheinlichkeit einer Existenzbedrohung sahen, als dies zum Befragungszeitpunkt im Frühjahr 2021 der Fall war. So ist die die gefühlte Existenzbedrohung im Jahr 2021 in allen drei Bereichen signifikant zurückgegangen, d. h. die tatsächliche Problementwicklung

war signifikant schwächer als die zunächst vermutete Problementwicklung. Besonders groß war der Rückgang der gefühlten Bedrohung im Bereich der finanziellen Situation, was bedeutet, dass im Frühjahr 2021 die Sportvereine im Schnitt nur noch eine durchschnittliche Wahrscheinlichkeit von rund 14 % für eine existenzielle Notlage aufgrund der finanziellen Situation bis zum Ende des Jahres 2021 befürchteten.

Dass die Vereine finanziell bis zum Zeitpunkt der Befragung eher mäßig von den Auswirkungen der Pandemie getroffen wurden, belegt auch die objektive Betrachtung der Einnahmen und Ausgaben der Vereine im Jahr 2020. So zeigt sich, dass es nicht nur Rückgänge bei den einzelnen Einnahmekategorien im Jahr 2020 gab, sondern auch die Ausgaben der Vereine im Jahr 2020 aufgrund der Pandemie geringer ausfielen. Anteilig sind die Ausgaben sogar stärker zurückgegangen als die Einnahmen. Zur relativ stabilen finanziellen Lage der Vereine könnten auch die finanziellen Hilfsmaßnahmen beigetragen haben, die im Rahmen der Pandemie aufgesetzt wurden. So zeigen die Ergebnisse der Zusatzbefragung des SEB im Rahmen der COVID-19-Pandemie, dass rund jeder fünfte Verein finanzielle Hilfsmaßnahmen beantragte, wobei der Anteil bei den Großsportvereinen mit mehr als 2.500 Mitgliedern mit über zwei Drittel weitaus höher ausfiel. Beantragt wurden hierbei vor allem Liquiditätshilfen. Die finanziellen Hilfsmaßnahmen könnten somit ein Grund dafür sein, dass der Anteil an Vereinen mit einer positiven Bilanz im Vergleich zum Zeitpunkt vor der Pandemie unverändert geblieben ist.

Insgesamt ist auf Basis der COVID-Zusatzbefragung des SEB festzustellen, dass die Sportvereine in Deutschland vor allem in ihrer Mitgliederbasis getroffen wurden, was speziell auf größere Vereine zutraf. Insbesondere die größeren Vereine nutzten allerdings auch digitale Ersatzangebote und Outdooraktivitäten, um den Mitgliederrückgängen entgegenzuwirken. Darüber hinaus setzten die Vereine weitere Maßnahmen um (z. B. im Bereich der Digitalisierung und der intensiveren Kommunikation mit den Mitgliedern). Unterstützungsleistungen von den Verbänden nahmen die Vereine vor allem in Form von Beratungs- und Informationsleistungen in Anspruch.

Weniger stark zeigten sich die Auswirkungen der Pandemie bei der Anzahl der Personen in Vorstandsfunktionen bzw. bei den ehrenamtlichen Trainern bzw. Trainerinnen und Übungsleiterinnen bzw. -leitern. Hier gab die große Mehrheit der Vereine an, die Zahl sei innerhalb des Jahres 2020 unverändert geblieben. Auch die Zahl der Personen, die als Schieds- bzw. Kampf-richterinnen und -richter in den Vereinen engagiert sind, ist im Laufe der Pandemie weitgehend stabil geblieben.

Die Tatsache, dass Vereine stärker von Mitglieder-rückgängen betroffen waren als von Rückgängen bei den ehrenamtlich Engagierten, spiegelt sich ebenfalls in den Problemwahrnehmungen der Vereine wider. So ist der Problemdruck bei der Mitgliederbindung, -gewinnung und -identifikation im Vergleich zum Herbst 2020 im Frühjahr 2021 gestiegen, während Probleme in den Bereichen der Bindung und Gewinnung von ehrenamtlichen Funktionsträgern bzw. -trägerinnennnen sowie Übungsleiterinnen bzw. -leiter und Trainer bzw. Trainerinnen im selben Zeitraum gesunken sind. Es zeigt sich demnach, dass es eine Problemverschiebung zu geben scheint. So wurden in den vergangenen Wellen des Sportentwicklungsberichts stets die Ehrenamtsprobleme von den Vereinen am stärksten eingeschätzt, während die Vereine im Frühjahr 2021 die durchschnittlich größten Probleme im Bereich der Bindung und Gewinnung von Mitgliedern sehen. Hier hat die Pandemie offenbar zu einer Veränderung der schwerwiegendsten Herausforderungen für die Vereine geführt. Es ist allerdings zu beachten, dass aufgrund des Befragungszeitraumes noch nicht absehbar ist, ob dieser Trend nachhaltig oder eher kurzfristig ist. Während insbesondere Trainerinnen bzw. Trainer und Übungsleiter bzw. -leiterinnen aufgrund der Unterbrechung des Sportbetriebs weniger bzw. gar nicht eingesetzt wurden, traten zeitgleich viele Mitglieder aus den Vereinen aus. Somit kann die Problemwahrnehmung der Vereine möglicherweise auch auf den Zeitpunkt der Befragung zurückzuführen sein. Eine genauere Problembewertung lässt sich daher erst nach der Rückkehr in den sportlichen Normalbetrieb vornehmen.

4 Literatur

- Breuer, C., & Feiler, S. (2021). *Sportvereine in Deutschland: Ergebnisse aus der 8. Welle des Sportentwicklungsberichts. Sportentwicklungsbericht für Deutschland 2020-2022 - Teil 1*. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.).
- Breuer, C., Feiler, S., & Rossi, L. (2021a). *Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf die Sportvereine in Deutschland. Ergebnisse der COVID-Zusatzbefragung im Rahmen der 8. Welle des Sportentwicklungsberichts*. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.).
- Breuer, C., Feiler, S., & Rossi, L. (2021b). *Impact of the COVID-19 pandemic on sports clubs in Germany. Results of the COVID-19 supplementary survey as part of the 8th wave of the Sport Development Report*. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.).
- Breuer, C., Feiler, S., & Rossi, L. (2021c). *Personen im Fußballvereinskontext in Deutschland: SchiedsrichterInnen und Vereinsmitglieder. Sonderauswertung des Sportentwicklungsberichts für Deutschland 2020-2022*. Köln: Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Sportökonomie und Sportmanagement.
- Breuer, C., Feiler, S., & Rossi, L. (2021d). *Situation und Entwicklung der Fußballvereine in Deutschland 2020. Sonderauswertung des Sportentwicklungsberichts 2020-2022*. Köln: Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Sportökonomie und Sportmanagement.
- Breuer, C., Feiler, S., & Rossi, L. (2021e). *Situation und Mitgliederentwicklung bei Vereinen des Behinderten- und Rehabilitationssports im Zuge der COVID-19-Pandemie. Sonderauswertung des Sportentwicklungsberichts 2020-2022*. Köln: Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Sportökonomie und Sportmanagement.
- Breuer, C., Feiler, S., & Rossi, L. (2021f). *Increasing Human Capital of Coaches - An Investigation Into Individual and Organizational Factors*. *Journal of Sport Management*, 36(2), 199-209.

- DOSB (2020). *Bestandserhebung 2020*.
Frankfurt/M.: Deutscher Olympischer
Sportbund.
- Feiler, S. & Breuer, C. (2021). Perceived Threats
through COVID-19 and the Role of
Organizational Capacity: Findings from
Non-Profit Sports Clubs. *Sustainability*,
13(12), 6937.

Sportanlagen und Sporttechnologie

Sensor-basierte Echtzeit-Laufdiagnostik in der Leichtathletik

(AZ 071501/19)

Martin Lames (Projektleitung) & Patrick Blauburger

Technische Universität München, Lehrstuhl für Trainingswissenschaft und Sportinformatik

1 Problem

In Wettkämpfen, Ligen und Trainingseinheiten diverser Sportarten (z. B. Fußball, Handball) werden seit einigen Jahren Positions- und Aktionsdaten erfasst.

In der Leichtathletik wurde bislang jedoch noch kein Trackingsystem zur leistungsdiagnostischen Analyse in Training und Wettkampf eingesetzt. Mit den Ergebnissen des BISP-geförderten Forschungsprojekts "Funkbasierte Echtzeit-Laufdiagnostik in der Leichtathletik" (BISP-Nr.: AZ 071503/16-17) konnte gezeigt werden, dass die Technologie der Positionserfassung mittlerweile ausreichend Genauigkeit und Abtastrate bietet, um selbst komplexe Bewegungsmuster reliabel abzubilden.

An seine Grenzen stößt der rein positionsdatenbasierte Ansatz hingegen bei der Detektion von Bodenkontaktzeit (GCT). Vor allem die GCT ist ein wichtiger Parameter im Sprint (Mattes et al., 2014), der aber bisher in Trainings- und Wettkampfsituationen nicht allgemein verfügbar ist. Dieser nicht zu vernachlässigende Leistungsindikator wurde in vergangenen Studien meist durch den Einsatz zusätzlicher Sensorik erfasst (Macadam et al., 2019).

Eine ideale Lösung verspricht hier eine Synergie aus Inertialsensorik (für die Bestimmung der GCT) und Positionsdaten (Bestimmung der Schrittlänge). Eine derartige Technologie muss zunächst methodisch abgesichert werden (Macadam et al., 2019). Anschließend können Systeme, welche beide Datenflüsse bereitstellen, im Feld erprobt werden.

Ziel dieses Projektes war die Erarbeitung des methodischen Vorgehens sowie die Erprobung erster Einsätze von sensor-basierten Lösungen in der Leichtathletik.

2 Methode

2.1 Labortests

In den Labors des Präventionszentrums der Technischen Universität München wurde in einer Reihe von Versuchen eine Evidenzbasis für die Entwicklung, Durchführung und Auswertung der folgenden Arbeitsschritte geschaffen:

- › Vor- und Nachteile der Anwendung unterschiedlicher Inertial Measurement Units (IMU)
- › Anbringungsmöglichkeiten der Sensoren an den Athletinnen und Athleten
- › Gleichzeitige Handhabung der Referenzsysteme in Echtzeit.

2.2 Feldtests

Die entwickelten Methoden sollten nun unter realen Bedingungen erprobt werden. Dazu wurden zwei Messtermine mit der Trainingsgruppe von Sprint-Bundestrainer Jörg Möckel terminiert. Unter den Athletinnen und Athleten der Trainingsgruppe waren befanden sich auch Teilnehmende der Junioren-Europameisterschaft, sowie der Leichtathletik-Weltmeisterschaft. Die Messungen fanden zu zwei Terminen in Chemnitz statt und wurden jeweils von einer 4-köpfigen Delegation der Technischen Universität München begleitet (Abb. 1).

Die in den Labortests entwickelten Methoden konnten auf das veränderte Setting angewandt werden. Es wurden jeweils mehrere Trainingsläufe (50 m, 100 m, 400 m) und Sprünge (Dreisprung) der Athletinnen und Athleten aufgezeichnet.

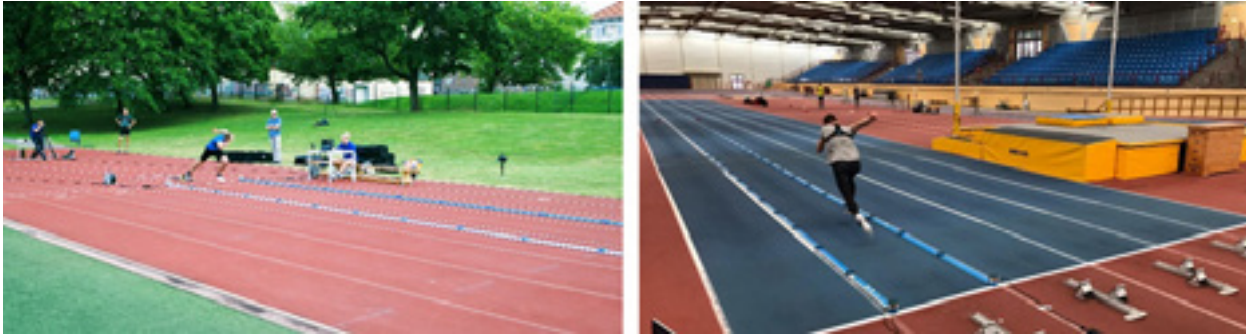


Abb. 1: Testaufbauten bei Feldversuchen

2.3 Stichprobe

Vier deutsche Sprinterinnen bzw. Sprinter der nationalen Spitze (3 Männer, 1 Frau) führten insgesamt 26 Sprints durch, bei denen IMUs (Physilog 5, Gait Up SA, Schweiz) an der Knöchel-seite der Schuhe angebracht wurden. Simultan wurden über einen 50 m Korridor mit Hilfe von Lichtschranken am Boden (Optogait, Microgate, Italien) Referenzdaten für alle Sprintparameter aufgezeichnet. Um Daten für die Gesamtdistanz von 100 m zu erhalten, wurde der Optogait (OG) Korridor für 6 der Sprints in den zweiten 50 m -Sektor verschoben.

2.4 Datenanalyse

Die erfassten IMU-Daten wurden mit einem Butterworth-Lowpass-Filter der 2. Ordnung gefiltert. Zeitliche Parameter wurden durch einen individuell entwickelten Algorithmus bestimmt, welcher Beschleunigungs- und Lage-/Gyroskopdaten einbezieht.

3 Ergebnisse

Durch die Messungen im Feld konnten sowohl Trainerinnen/Trainer und Athletinnen/Athleten im praktischen Trainings- und Wettkampfablauf unterstützt werden als auch eine breite Datenbasis für die Entwicklung und Evaluierung der Methodik aufgebaut werden. Die gewonnenen Erkenntnisse werden in diesem Abschnitt thematisch gliedert und dargestellt.

3.1 Bodenkontaktzeit

Die GCT der getesteten Läuferinnen und Läufer konnten mit einer hohen Genauigkeit ermittelt werden.

Es wurde eine durchschnittliche Abweichung von $\pm 5,4$ ms zu der mit OG gemessenen GCT festgestellt.

Insgesamt wurden 576 von 586 Schritten (98,3 %) mit einer mittleren GCT von $118,3 \pm 23,9$ ms ermittelt. Die durchschnittliche Differenz zwischen IMU- und OG-GCT betrug $1,2 \pm 8,8$ ms mit einer Abweichung von 4,3 % für jeden Schritt und einem root mean square error (RMSE) von 8,89 ms. Die einzelnen Datenpunkte sind in einem Bland-Altman-Diagramm dargestellt (Abb. 2, S. 3). Die Limits of Agreement ($2 * SD$) wurden dabei auf -16,1 ms und 18,5 ms festgelegt.

3.2 Sprungdisziplinen, 400-m- und Staffellauf

Die Anwendung der sensorbasierten Erfassung von Laufparametern konnte zudem auf Langsprints (400 m) transferiert werden. Hierbei konnten die Bodenkontakte der Athletinnen und Athleten verlässlich detektiert werden. Dies galt ebenfalls für den Staffellauf, da hier auch auf einer 400 m-Strecke gelaufen wird.

Die entwickelte Methodik konnte ebenfalls auf Sprungdisziplinen übertragen werden.

3.3 Integration in Positionserfassungssystem

Um simultan Positions- und Sensordaten der Läufe zu erheben, wurde ein mobiles LPS-System von Kinexon an der Sportstätte aufgebaut. Die Abtastrate der Positionswerte betrug 20 Hz. In jedem Radar-Sender ist zudem eine IMU mit einer Abtastrate von 100 Hz integriert.

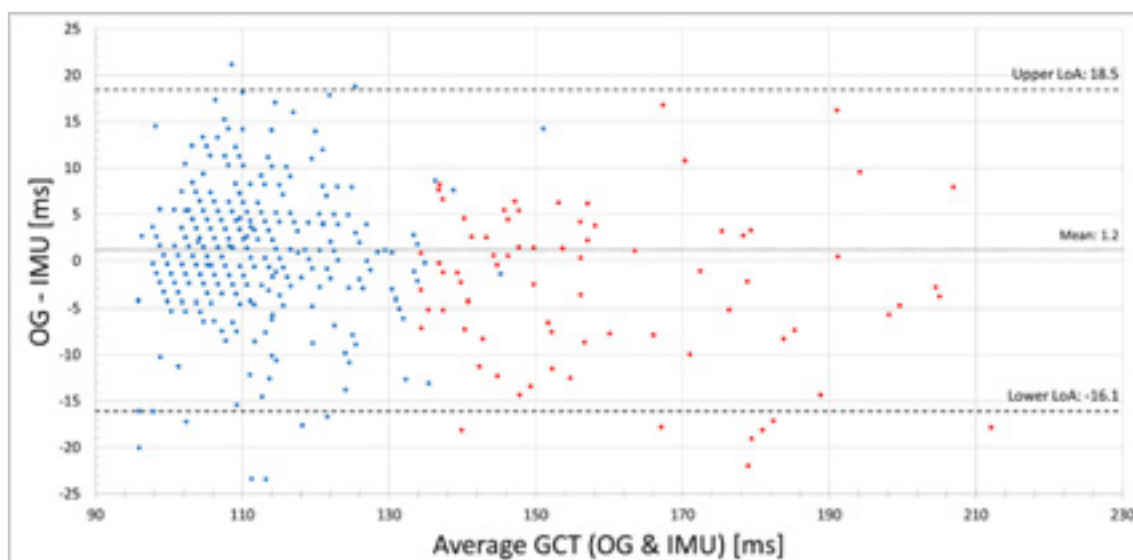


Abb. 2: Bland-Altman Diagramm von IMU- und Optogait (OG) berechneten Bodenkontaktzeiten (GCT). Die gestrichelten Linien stellen Limits of Agreement ($2 \cdot SD$) dar, die gepunktete Linie den Durchschnitt. Schritte 1-5 sind rot, Schritte 6-47 blau markiert.

Die Erhebung von Positions- und Sensor-Daten findet gleichzeitig statt. Die Kombination kann eine Möglichkeit zur Korrektur des „internen Drifts“ der IMU darstellen. Als Drift wird der „schleichende“ additive Messfehler der IMU bezeichnet, welcher in der Summe große Auswirkungen auf die Ergebnisse haben kann.

Zudem ist es durch eine Schnittstelle möglich, Vitaldaten von sämtlichen Athletinnen und Athleten zu erfassen. So können beispielsweise Herzfrequenz-Gurte direkt mit dem Sensor des Athleten bzw. der Athletin gekoppelt werden, um synchron Daten zu erheben.

Der Transfer der mit RedFIR erworbenen Ergebnisse konnte an unterschiedlichen Stellen gewährleistet werden. Vor allem bei Methodik und Praxiserfahrung konnten erarbeitete Erkenntnisse übernommen werden. Die genaue Übernahme der entwickelten Algorithmik bedarf jedoch noch weiterer Untersuchungen.

4 Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass die Analyse von Laufparametern mit Hilfe von IMUs erfolgreich angewendet werden kann. Mit der entwickelten Messmethode konnten mit ähnlichen Studien vergleichbare Ergebnisse erzielt werden (Schmidt et al., 2016). Die An- und Einbindung positionsbasierter Messsysteme (Seidl, Linke & Lames, 2017) konnte umgesetzt werden.

Die Ergebnisse sollten nun detaillierter untersucht und mit einer breiteren Datenbasis untermauert werden. Da die Entwicklung vor allem in diesem Gebiet rasant voranschreitet, sollten auch zukünftige Untersuchungen an dieser Kombination arbeiten. Durch die Schnittstelle können auch weitere Parameter (z. B. Herzfrequenzmessung) direkt angebunden werden. Die Verfügbarkeit des mobilen Kinexon-Systems eröffnet eine Vielzahl an Anwendungsoptionen in der Praxis, die Gegenstand weiterer Untersuchungen sein sollten.

Im Folgejahr konnte – trotz der unvorhersehbaren Verzögerung im Sportbetrieb auf Grund der Corona-Pandemie – ein weiterer Messtermin mit Kaderathletinnen und -athleten wahrgenommen werden. Es wurde die Begleitung einer wettkampfnahen Trainingseinheit mit diversen Messmethoden realisiert. Zu diesem Termin standen sämtliche Projektergebnisse zur Verfügung, um die Leistungsdiagnostik bestmöglich zu unterstützen.

Durch die Zusammenlegung weiterer Messsysteme wurden Referenzdaten einer längeren Strecke aufgenommen und somit eine erweiterte Datenbasis geschaffen.

Ein Teil der Ergebnisse konnte bereits bei der Spinfortec2020 öffentlich vorgestellt werden (Fehr, 2020).

5 Literaturverzeichnis

- Fehr, U. (2020). *Zukunftsperspektiven von Sportinformatik & Sporttechnologie im Leistungs- und Breitensport: Tagungsband zum 13. Symposium der dvs-Sektion Sportinformatik und Sporttechnologie am 25. & 26. September 2020 in Bayreuth*: Universität Bayreuth.
- Macadam, P., Cronin, J., Neville, J., & Diewald, S. (2019). Quantification of the validity and reliability of sprint performance metrics computed using inertial sensors: A systematic review. *Gait & posture*, 73, 26-38. doi:10.1016/j.gaitpost.2019.07.123
- Mattes, K., Habermann, N., Schaffert, N., & Mühlbach, T. (2014). A longitudinal study of kinematic stride characteristics in maximal sprint running. *Journal of Human Sport and Exercise*, 9 (3), 686-699. doi:10.14198/jhse.2014.93.02
- Schmidt, M., Rheinländer, C., Nolte, K. F., Wille, S., Wehn, N., & Jaitner, T. (2016). IMU-based Determination of Stance Duration During Sprinting. *Procedia Engineering*, 147, 747-752. doi:10.1016/j.proeng.2016.06.330
- Seidl, T., Linke, D., & Lames, M. (2017). Estimation and validation of spatio-temporal parameters for sprint running using a radio-based tracking system. *Journal of biomechanics*, 65, 89-95. doi:10.1016/j.jbiomech.2017.10.003

Einsatz von Drohnen im Sport

Positionsdaten und Video für Training und Wettkampf

(AZ 071501/20-21)

Martin Lames (Projektleitung), Marc Schmid & Tiago Russomanno

Technische Universität München, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaft,
Lehrstuhl für Trainingswissenschaft und Sportinformatik

1 Motivation und Herausforderung

In den letzten Jahren hat sich die Drohnentechnologie für den Consumer-Bereich so weit entwickelt, dass preiswerte Modelle mit sehr guten technischen Eigenschaften erhältlich sind. Gleichzeitig hat im Sport die informationelle Unterstützung von Trainingssteuerung und Wettkampfanalysen in vielen Sportarten zugenommen und ist zu einem wichtigen Bestandteil der Trainingsplanung geworden. Aktuelle Global Positioning-(GPS), Local Positioning-(LPS) und Video-Systeme (Vid) sind jedoch für viele Verbände und Vereine unattraktiv in der Anschaffung, da die finanziellen Belastungen ab ca. 40.000€ beginnen und für den Einsatz oft räumliche Voraussetzungen geschaffen werden müssen (z. B. für Video-Systeme müssen konstante Aufnahmewinkel durch Medieneinrichtungen gewährleistet werden).

Die Drohnentechnologie bietet also grundsätzlich die Möglichkeit sowohl hochwertige Videoaufnahmen als auch eine darauf basierende Positionserfassung preiswert zur Verfügung zu stellen, um sie in der Trainings- und Wettkampfanalyse nutzbringend einzusetzen.

Die Hauptherausforderungen in diesem Projekt sind die Aufarbeitung rechtlicher Grundlagen für den Drohneneinsatz im Sport sowie das kontinuierliche Tracking von Spielern bzw. Spielerinnen und die stabile Transformation in Weltkoordinaten aus dem Video.

2 Methode

2.1 Leitfaden für den Einsatz von Drohnen im Sport

Um Drohnen legal und sicher im Sport einsetzen zu können, müssen entsprechende Regeln eingehalten werden, um Sicherheits- und Datenschutzfragen einheitlich beantworten zu können. Jedes Jahr steigt die Anzahl an Berichten über Kollisionen, Eingriffe in die Privatsphäre oder Störungen von Notfalleinsätzen. Das liegt daran, dass moderne Drohnen sich fernsteuern lassen und im Notfall automatisch und außerhalb der Sichtweite des Piloten fliegen können. Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur hat deshalb neue, klare Strukturen für einen sicheren Drohnenbetrieb entwickelt, um den Weg aus den Laboren in die Praxis zu unterstützen. Nach dem Bundesdatenschutzgesetz (BDSG) sind Drohneneinsätze im öffentlichen Raum grundsätzlich erlaubt, solange keine Gefährdung der Persönlichkeitsrechte zu befürchten ist. Weitere Regelungen variieren je nach Drohnenmodell und Einsatzgebiet. Im Folgenden wird ein allgemeines Verfahren für die sichere Anwendung im Sport beschrieben.

Der Ausgangspunkt für jeden Drohneneinsatz ist die Berücksichtigung der technologischen Anforderungen an die Drohne in Bezug auf die Sportart, die analysiert werden soll. Vor diesem Hintergrund ist die Bandbreite der möglichen Drohnenmodelle bereits eingengt. Bezüglich der Sicherheitsanforderungen muss entschieden werden, welche Sicherheitssensoren für den Einsatz notwendig sind. Dies führt zu einer weiteren Einschränkung der möglichen Drohnenmodelle.

Nach der Entscheidung für ein Modell muss sich jeder Pilot zunächst mit den allgemeinen Vorschriften vertraut machen. Das heißt, dieser muss sich vergewissern, welcher Drohnenklasse das Modell angehört. Nur dann kann sichergestellt werden, welche spezifischen Vorschriften gelten. Darüber hinaus sind gewisse allgemeine Vorschriften zwingend vorgeschrieben, z. B. das Anbringen eines Etiketts an der Drohne und das Mitführen eines Kenntnissnachweises für jeden Piloten. Im nächsten Schritt ist zu überlegen, wo der Flug stattfinden soll, um das Vorhandensein von Flugbeschränkungszonen zu überprüfen. Zudem muss sich der Pilot über etwaige spezielle Vorschriften des Grundstückseigentümers informieren. Dies könnte z. B. die Registrierung, der Zweck und die Dauer des Fluges bei der zuständigen Polizeiinspektion beinhalten.

2.2 Gewinnung von Positionsdaten

Zur Extraktion von Spieler-Positionsdaten wurde eine Software programmiert, die es ermöglicht, kontinuierlich einzelne Spielerinnen bzw. Spieler in Videos zu tracken. Hierzu wurden zwei Prinzipien verwendet. Einerseits, sogenannte „generische Tracker“ (Bai et al., 2020), welche eine einmal ausgewählte Kombination an Pixeln von Bild zu Bild verfolgen. Andererseits sogenanntes „Tracking-by-Detection“ (Andriluka et al., 2008), bei welchem zuerst in jedem Bild ein Spieler oder eine Spielerin detektiert wird und anschließend eine Verbindung/Zuweisung zwischen den einzelnen Positionen stattfindet. Der generische Tracker wurde benutzt, um alle Spielenden zu tracken, da dieser keine neuen Daten zum Updaten des Algorithmus benötigt, während die Detektionsalgorithmen vom Menschen annotierte Daten von Spielenden benötigen, um zuverlässig zu funktionieren. Im Tennis wurde ebenfalls der „Tracking-by-Detection“-Ansatz zuverlässig getestet, wodurch das Auswerten der Positionsdaten vollautomatisiert durchgeführt werden konnte. Die einzelnen Spieler bzw. Spielerinnen werden mit dem entsprechenden Algorithmus via umgebendes Rechteck markiert. Hierbei wird für die ausgegebene Position der Mittelpunkt des Rechtecks ausgewählt.

Nachdem die Spielerpositionen im Video erfasst worden sind, ist es unabdinglich, diese relativen Positionen in ein Weltkoordinatensystem zu transformieren.

Deshalb wurde das entsprechende Feld via „Template Matching“ getrackt (Geethapriya et al., 2019), und die Spielerkoordinaten in Feldkoordinaten (Weltkoordinaten) des jeweiligen Bildes umgewandelt. Dies muss für jedes einzelne Bild geschehen, da die Drohne keine feste Darstellung liefert, sondern sich relativ zum Feld bewegen kann. Dazu wurde in jedem Bild eine Transformationsmatrix über die kleinste Quadrate Methode mit Bezug auf die charakteristischen Punkte des Spielfelds und dadurch das relative Koordinatensystem (Homography (Chum et al., 2005)) aufgestellt. Unter Berücksichtigung des Kamerawinkels geht beim Tracken der Spieler die z-Richtung (also die Richtung in die Tiefe der Kamera) verloren. Daraus resultiert der ausschließliche Vergleich zwischen x- und y-Positionen.

3 Ergebnisse

Um die Methodik repräsentativ zu validieren, wurden drei Sportspiele aufgenommen. Diese beinhalten variierende Feldgrößen, Feldfarben, Anzahl an Spielern und Erfahrung. Die Validierung wurde in zwei Bereiche unterteilt. Erstens, die Statische Validierung, bei welcher die Referenzpositionen von statischen Objekten mit einem Tachymeter gemessen wurden und anschließend mit der Tracking Software ebenfalls getrackt wurden. Zweitens, die dynamische Validierung, bei welcher die Athleten während des Spiels von mehreren unterschiedlichen Systemen getrackt wurden. Die Vergleichssysteme bestanden dabei aus kommerziell erhältlichen Radar oder GPS-Systemen, welche selbst bereits gegen den Gold Standard VICON validiert wurden (Linke et al., 2018).

Vor jeder Datenerhebung wurden 8 Pylonen auf dem Feld verteilt und ihre Weltkoordinaten wurden mit einem Tachymeter gemessen. 4 Pylonen wurden benutzt, um die Transformation von Bild- in Weltkoordinaten zu berechnen. Die anderen 4 Pylonen wurden benutzt, um die statische Validierung durchzuführen. Für die statische Validierung wurde der geometrische Abstand zwischen den gemessenen Positionen der Referenzmessung und des visuellen Trackingsystems erhoben.

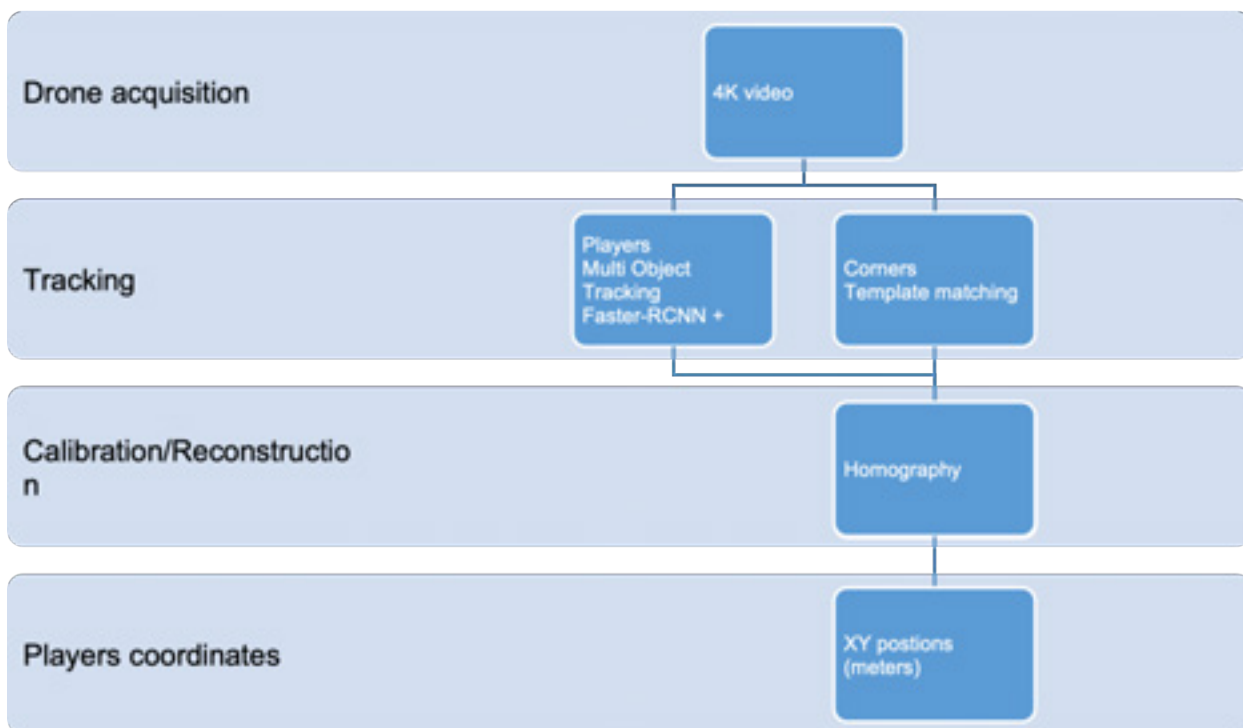


Abb. 1: Pipeline zur Datenextraktion von der Aufnahme bis zu den Spielerkoordinaten

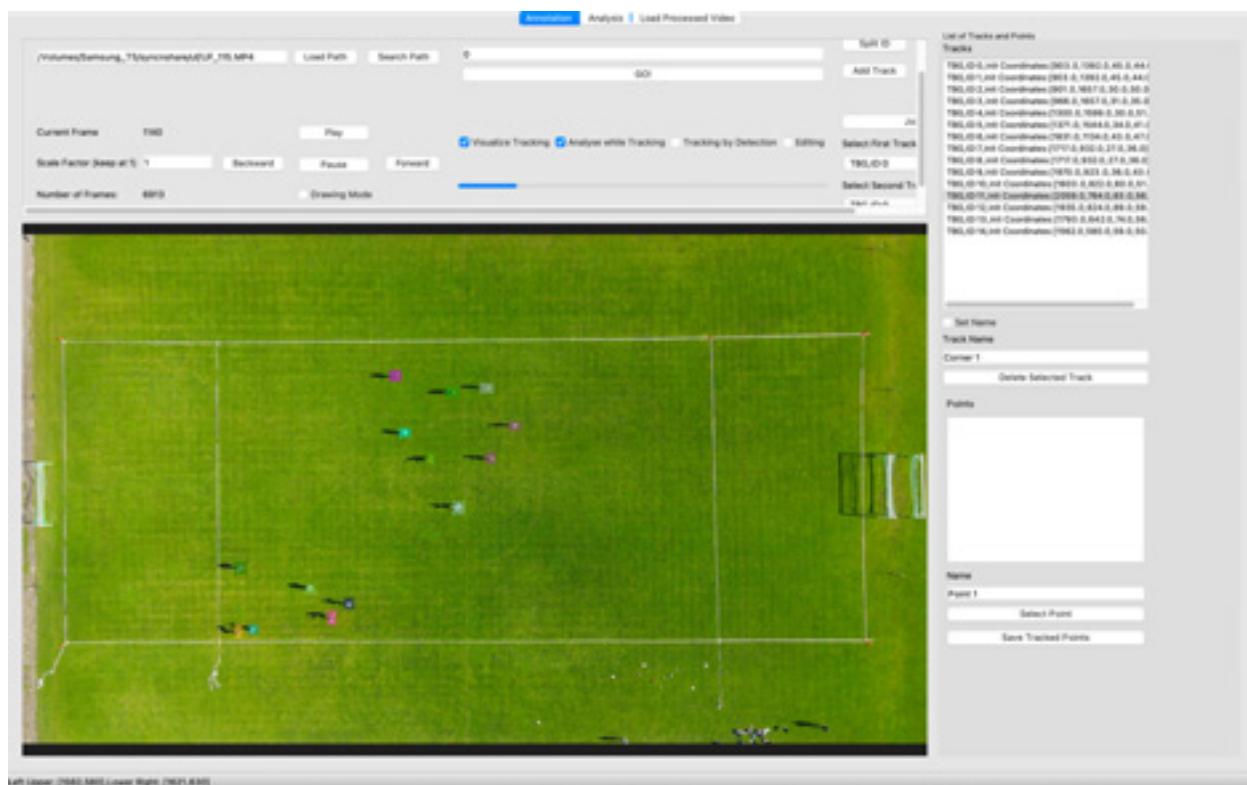


Abb. 2: Tracking Software, in der Aufnahme am Beispiel Ultimate Frisbee

Für den Tennisplatz ergibt sich hierbei ein durchschnittlicher Fehler von 0.02 m, was 0.08 % der Feldlänge und 0.24 % der Feldbreite entspricht. Für das Ultimate Frisbee Feld ergibt sich ein durchschnittlicher Fehler von 0.15 m, was 0.15 % der Feldlänge und 0.41 % der Feldbreite entspricht. Der maximale Unterschied auf dem Tennisplatz und Ultimate Frisbee Feld beträgt jeweils 0.04 m und 0.2 m.

Die Trajektorien der Spielenden wurden mittels einer Prokrustes-Transformation (Linke et al., 2018), einer Minimum Quadrat Reduktionsmethode, die ein Koordinatensystem via Translation, Rotation und Skalierung einem anderen bestmöglich anpasst, räumlich synchronisiert.

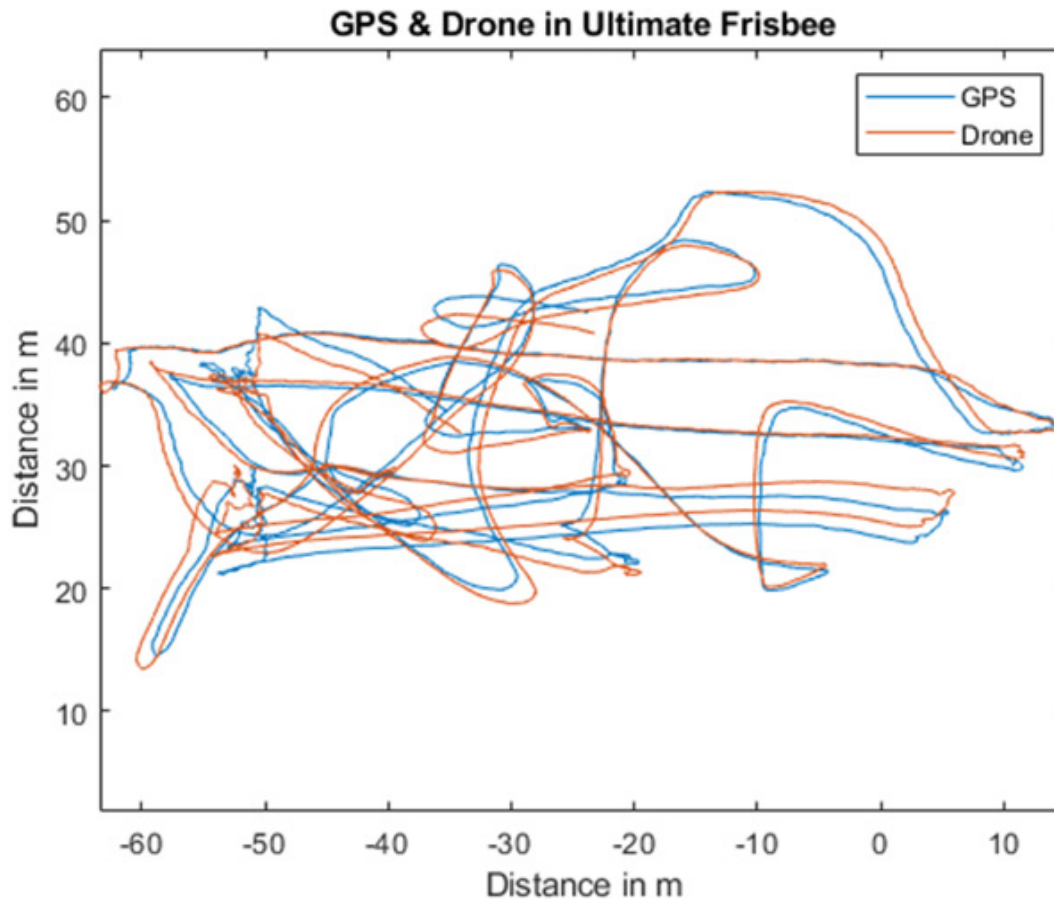


Abb. 3: Räumliche Kalibrierung der Trajektorien in Drohnenvideo und GPS

Für die dynamische Fehler-Analyse wurde ebenfalls der geometrische Fehler berechnet. Zunächst wurden beide Trajektorien unabhängig voneinander mit einem Butterworth-Low-Pass-Filter der vierten Ordnung gefiltert, um hochfrequentes Rauschen zu glätten.

Im Ultimate Frisbee wurde eine Absolute Differenz für die Gesamtlaufstrecke von 2.78 % ermittelt, im Fußball von 2.36 % und im Tennis von 42.8 % für das GPS System ermittelt. Der Fehler zwischen GPS und LPS betrug im Tennis 25.4 %. Die Gesamtlaufstrecke zwischen LPS und Video zeigte im Tennis eine Absolute Differenz von 2.68 %.

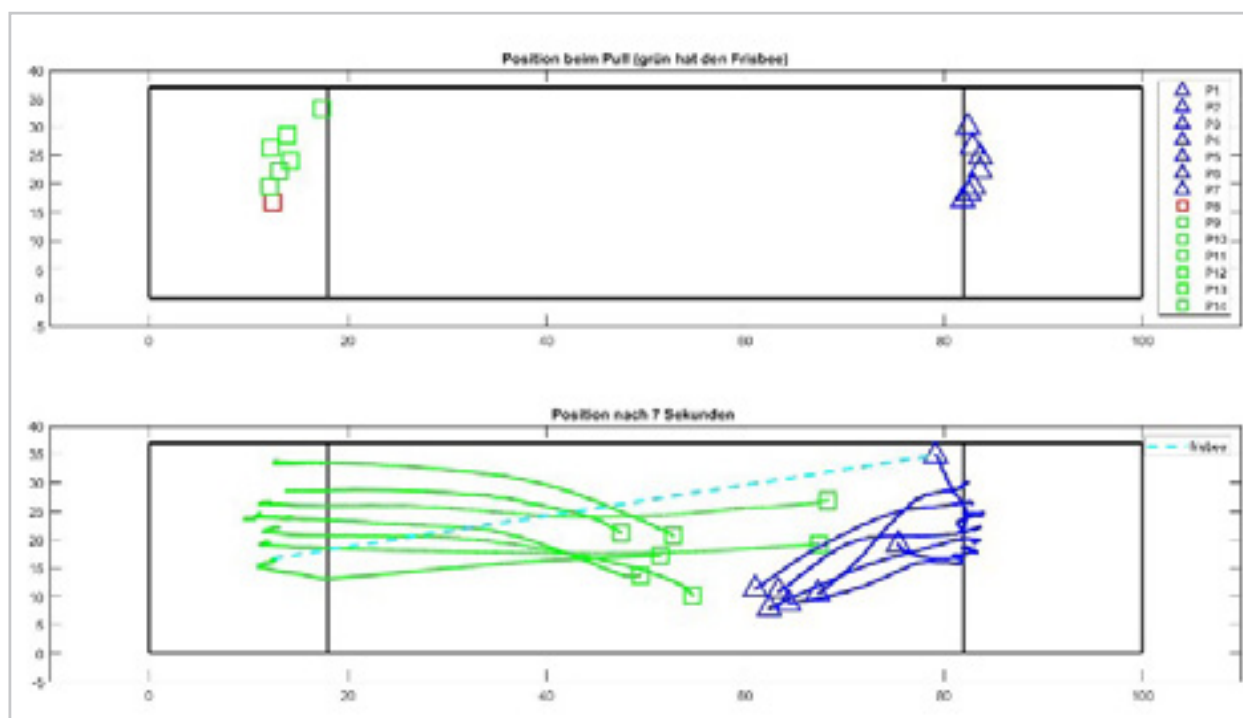


Abb. 4: Extraktion von Tracking Daten im Ultimate Frisbee, aufgenommen mit einer Drohne

4 Diskussion

Wir können mit Hilfe von Bilderkennung und künstlichen Neuronalen Netzen deutlich genauere Leistungsindikatoren aus Videos extrahieren als z. B. mit einem GPS. Dies wird verdeutlicht mit der höheren Abweichung von GPS-Daten von den deutlich genaueren Radar-Daten im Vergleich zur Abweichung der Video-Daten zu den Radar-Daten. Zusätzlich zur genaueren Positionserfassung bietet das Video der Drohne weitere visuelle Informationen für die Coaches in den jeweiligen Sportarten und errechnete Leistungsindikatoren können für die Spieler bzw. Spielerinnen mit Videos untermauert werden.

Der Nachteil der momentanen Software ist die Notwendigkeit geübten Personals, da im Gegensatz zu GPS, visuelles Tracking nicht zu 100 % korrekt sein kann und deshalb manuell korrigiert werden muss. Nächste Schritte für das Tracking aus Drohnenvideos können die Stabilisierung und Beschleunigung der Trackingsoftware sein. Des Weiteren wäre es interessant, Spielobjekte aus den gleichen Videos zu extrahieren und zu tracken. Zudem ist es in Sportarten wie Ultimate Frisbee interessant den Zeitpunkt zu erkennen, an dem die Frisbee auf den Boden fällt. Für Tennis gilt das Gleiche.

5 Literatur

- Andriluka, M., Roth, S., & Schiele, B. (2008). People-tracking-by-detection and people-detection-by-tracking. *2008 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1-8.
- Bai, S., He, Z., Dong, Y., & Bai, H. (2020). *Multi-Hierarchical Independent Correlation Filters For Visual Tracking*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1811.10302>
- Bergmann, P., Meinhardt, T., & Leal-Taixé, L. (2019). Tracking Without Bells and Whistles. *2019 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 941-951.
- Chum, O., Pajdla, T., & Sturm, P. (2005). The geometric error for homographies. *Computer Vision and Image Understanding*, 97(1), 86-102. doi: 10.1016/j.cviu.2004.03.004.
- Danelljan, M., Bhat, G., Khan, F., & Felsberg, M. (2018). *ATOM: Accurate Tracking by Overlap Maximization*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1811.07628>
- Geethapriya, S., Devaki, K., & Murali Bhaskaran, V. (2019). Multiple Object Detection in Images using Template Matching. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 9(1), 3502-3506. doi: 10.35940/ijitee.A5187.119119.
- Linke, D., Link, D., & Lames, M. (2018). Validation of electronic performance and tracking systems EPTS under field conditions. *PLoS One*, 13(7), e0199519. doi: 10.1371/journal.pone.0199519

Konzeption und Evaluierung eines Trainings-Windkanals für den spezifischen Einsatz im Skisprung

(AZ 071502/20-21)

Jörg Ettrich (Projektleitung) & Mike Rinkenauer

Hochschule für Technik, Wirtschaft und Medien Offenburg

Für das Training wichtiger sensomotorischer Komponenten im Skisprung werden aktuell bereits kommerzielle Windkanäle genutzt, wie sie in den Bereichen der Luft- und Raumfahrt oder der Automobilindustrie eingesetzt werden. Aufgrund von technischen, zeitlichen und finanziellen Randbedingungen, ist diese Trainingsform aktuell nicht optimal nutzbar und steht gegenwärtig nur ausgewählten Spitzenathleten und -athletinnen aus dem Nationalteam zur Verfügung. Gerade in den Bereichen Nachwuchssport und junge Talente (high potentials), die am meisten von einer solchen Trainingsform profitieren könnten, steht diese Trainingsmöglichkeit nicht oder nur sehr eingeschränkt zur Verfügung.

Im Projekt „WindSim – Konzeption und Evaluierung eines Trainingswindkanals“ wurde in Zusammenarbeit mit dem Olympiastützpunkt (OSP) Freiburg mithilfe numerischer Methoden zur Strömungssimulation das Konzept eines Trainingswindkanals für den spezifischen Einsatz im Skisprung erarbeitet. Hierzu wurde eine Konstruktion erarbeitet, die ein Training in der charakteristischen Flughaltung eines Skispringers in der Flugphase erlaubt. Durch den Einsatz numerischer Simulationen konnte das Strömungsfeld qualitativ und quantitativ im Hinblick auf konstruktive, strömungsmechanische, biomechanische, sportwissenschaftliche und sicherheitsrelevante Merkmale und Rahmenbedingungen hin untersucht werden, die eine Aussage über die Wirksamkeit und Realisierbarkeit der Trainingseinrichtung zulassen, vgl. Abb. 1.

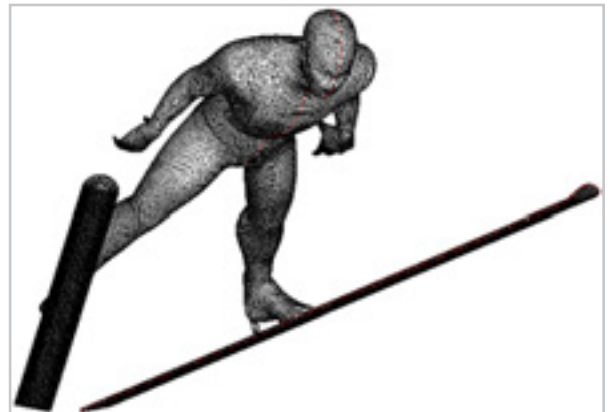


Abb. 1: Generisches Modell eines virtuellen Skispringers mit beispielhafter Darstellung des Rechnetzes auf der Körperoberfläche

Bei den zahlreichen, in Computersimulationen durchgeführten, virtuellen Versuchsreihen wurden die Methoden der statistischen Versuchsplanung und -auswertung eingesetzt, um die Einflüsse unterschiedlichster Parameter sowie ggf. Wechselwirkungen zu identifizieren und zu beurteilen, vgl. Abb. 2.

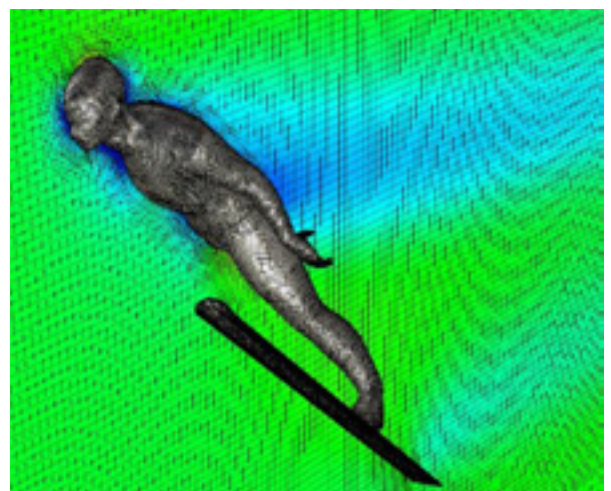


Abb. 2: Geschwindigkeitsverteilung auf einem vertikalen Schnitt durch das Rechengebiet für ein beispielhaftes Simulationsszenario

Im Rahmen ergänzender studentischer Arbeiten wurden zudem eine detaillierte Studie und die Optimierung des vorgesehenen Axialventilators durchgeführt (Dattenberg, 2020), sowie die biomechanische Grundlage für die Aufhängung, die Rahmenkonstruktion und ein Feedback-System erarbeitet (Seywald, 2020).

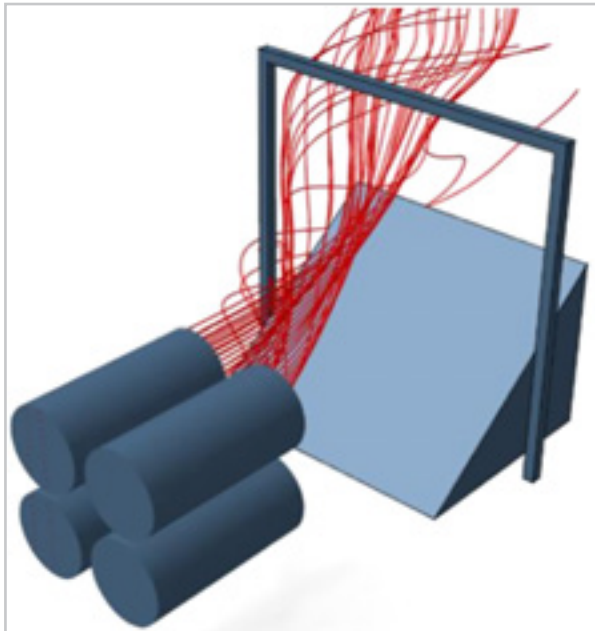


Abb. 3: Beispiel der Identifikation einer unerwünschten Strömungsablösung für eine der Ausführungsvarianten im Laufe der Untersuchungen

Aus den durchgeführten Simulationsstudien konnten eine konkrete Empfehlung für die Ausführung und die Abmessungen einer Trainingsanlage abgeleitet sowie ein Konstruktionskonzept erarbeitet werden, vgl. Abb. 4. Die Rahmenkonstruktion und das Aufhängesystem wurden so geplant, dass die größtmögliche Flexibilität gewährleistet ist und so eine Vielzahl an Aufhängungs- und Befestigungsvarianten realisiert werden kann. Aus sportwissenschaftlicher Sicht ergibt sich hierdurch eine optimale Voraussetzung zur Trainingsbetreuung und eröffnet ein großes Feld an Forschungsmöglichkeiten, da erstmals in einem laborähnlichen Umfeld die reale Flugsituation eines Skispringers abgebildet werden kann. Perspektivisch ist es zudem denkbar, die Trainingsmethodik auch auf den Absprung mit direktem Übergang in die Flugphase zu erweitern oder die Anlage auch für gänzlich andere Disziplinen zu nutzen.

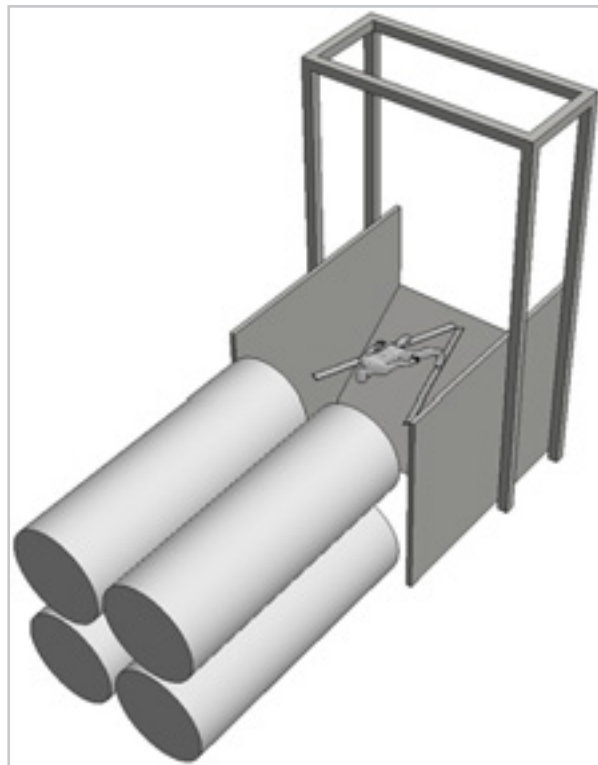


Abb. 4: Konzept für die Trainingseinrichtung mit Rampe, Traverse, Seitenwänden und vier Lüftern sowie exemplarischem Springer

Die Realisierung des Windkanals wurde durch den Gemeinderat Hinterzarten beschlossen. Für die finale Umsetzung sind noch weitere Untersuchungsschritte wünschenswert, die gemeinsam mit der Begleitung und Betreuung des Anlagenbaus im Rahmen eines Folgeprojektes beantragt werden.

Literatur

- Seywald, A. (2020). *Konzeptionierung eines Gurt- und Befestigungssystems zur Anwendung in einer Trainingswindanlage für den Skisprung unter Berücksichtigung biomechanischer, mechanischer und messtechnischer Randbedingungen*, Bachelor Thesis, Hochschule Offenburg.
- Dattenberg, J. (2020). *Berechnung des dreidimensionalen, reibungsbehafteten Strömungsfeldes hinter einem Hochleistungsventilator*, Seminararbeit, Hochschule Offenburg.

Technische Unterstützung für die Leistungsmessung in den Sportarten Eisschnelllauf und Shorttrack

(AZ 071503/20-21)

*Dominik Krumm¹, Nikolas Kuske², Jens Buder¹, Maja Neubert¹, Fred Hamker²
& Stephan Odenwald¹ (Projektleitung)*

¹Technische Universität Chemnitz, Professur Sportgerätetechnik

²Technische Universität Chemnitz, Professur Künstliche Intelligenz

1 Motivation und Herausforderungen

Die Sportarten Eisschnelllauf und Shorttrack finden auf Kunst- oder Natureisbahnen statt und sind daher von den jahreszeitlichen Bedingungen abhängig. In Deutschland gibt es im Sommer nur drei Wochen Eistraining. Um dennoch ganzjährig trainieren zu können, besteht das Training in den Sommermonaten, in denen in Deutschland keine Eisbahnen zur Verfügung stehen, hauptsächlich aus Athletik-, Ausdauer- und Imitationstraining. Um die Eislaufhaltung auch in der eisfreien Zeit zu trainieren, finden von April bis August Trainingseinheiten mit Inline-Skates statt. Im Athletiktraining werden Kraft, Schnelligkeit und Beweglichkeit trainiert. Die entsprechenden Übungen absolvieren die Sportler bzw. Sportlerinnen meist in Sportschuhen ohne Eis. Bei Imitationsübungen wird die Bewegung, die auf dem Eis stattfinden soll, als Trockenübung nachgeahmt. Die Qualität der Nachahmung wird in der Regel durch die Expertise des Trainers beurteilt. Regelmäßige Leistungskontrollen, die neben der Erhebung anthropometrischer Daten auch einen umfassenden Athletiktest beinhalten, dienen der Überprüfung des Leistungsstandes. Dies soll sowohl Defizite als auch Stärken und damit eine Möglichkeit zur Trainingsoptimierung aufzeigen. Die kontinuierliche Überprüfung der sportlichen Leistung ist für den weiteren Trainingsprozess grundlegend. Die Bewertung der Übungen erfolgt durch den Trainer und die Betreuenden anhand von Bewertungstabellen und basiert auf Zeitmessung, der Anzahl von Wiederholungen sowie der Beurteilung der Beweglichkeit.

Um die Qualität der Ausführung dieser Übungen objektiv bewerten zu können, müssen Leistungskennzahlen quantifiziert werden. Ziel dieses Forschungsprojekts war es, Leistungskennzahlen sowohl für Messungen auf dem Eis als auch für Imitationsübungen mit am Körper getragenen Sensoren zu ermitteln. Das erste Ziel bestand darin, einen Algorithmus zu entwickeln, der die Schrittdauer und -kadenz beim Schlittschuhlaufen auf dem Eis erfasst. Das zweite Ziel bestand darin, mithilfe von Methoden des maschinellen Lernens, die Abstoßkräfte beim Skateslide (Imitationsübung) zu bestimmen (Krumm et al., 2021).

2 Methode

2.1 Messsystem

Für die Messungen wurde jeweils das Dialogg-Messsystem verwendet. Das Dialogg-Messsystem wurde im Rahmen des vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft geförderten Projekts TUimSnow (ZMVI4 - 071501/17-19) als Feedbacksystem zur Unterstützung des Snowboardens entwickelt. Beim Dialogg handelt es sich um einen miniaturisierten Datenlogger, der sowohl die Beschleunigung als auch die Drehwinkelrate in jeder der drei Raumrichtungen aufzeichnen und speichern kann. Zusätzlich kann über eine Schnittstelle eine Druckmesssohle an den Datenlogger angeschlossen werden, um die plantare Druckverteilung zu ermitteln (Hill et al., 2016; Hill & Odenwald, 2017; Kilian, Hill & Odenwald, 2016). Die Daten werden für alle Kanäle mit einer Messfrequenz von 100 Hz aufgezeichnet und direkt auf dem Datenlogger gespeichert.

Eine parallele Darstellung auf einem Tablet-PC ist mit einer Übertragungsrates von 10 Hz möglich. Die Laufzeit des Messsystems beträgt mindestens sechs Stunden bei Raumtemperatur im Dauertest. Die Druckmesssohlen, bestehend aus acht Einzelsensoren, können direkt unter die Innensohle oder auf die Einlegesohle gelegt werden.

2.2 Eisschnelllauf

Vier Kaderathleten und -athletinnen (Alter $23,3 \pm 1,9$ Jahre) nahmen an dieser Studie teil. Die Eisschnellläufer/-innen trugen zwei Druckmesssohlen in ihren eigenen Schlittschuhen und je ein Paar mobile Dialog-Messsysteme, die an ihren Knöcheln befestigt waren (Abb. 1). Insgesamt wurden 14 Läufe, die im Eisschnelllaufstadion von Inzell stattfanden, gemessen und ausgewertet. Die Läufe waren Teil des individuellen Trainingsprogramms der Eisschnellläufer/-innen während der Leistungstests und die Streckenlängen variierten zwischen 1.500 m und 3.000 m.



Abb. 1: Mit mobiler Messtechnik instrumentierter Sportler. Die Druckmesssohle wurde direkt in die Schlittschuhe eingelegt und mit Datenloggern verbunden, die am Knöchel befestigt waren. Je nach Protokoll wurden zusätzliche Datenlogger an den Kufen angebracht.

Die Datenanalyse und die Entwicklung des Signalverarbeitungscode wurden mit MATLAB (R2020b, The MathWorks, Inc., Natick, MA, USA) durchgeführt.

Die gemessenen Spannungswerte der acht einzelnen auf der Druckmesssohle befindlichen Drucksensoren wurden mittels Kalibrierfunktion in Druckwerte umgerechnet. Die acht einzelnen Druckwerte wurden zu Drucksummen für jede Beinseite separat summiert. Diese wurden anschließend mit einem Savitzky-Golay-Filter geglättet. Die geglätteten Daten wurden vom Trend bereinigt, um den Einfluss eines möglichen Sensordrifts zu verringern. Auf der Grundlage dieser Daten wurden die Zustandsniveaus einer zweistufigen rechteckigen Wellenform geschätzt. Diese beiden Zustandsniveaus wurden als Eingangsvariablen verwendet, um die Übergangsmetriken der zweistufigen Wellenform zu erhalten, d. h. Impulse, Zyklen, Übergänge, Vorschwingen, Nachschwingen und Einschwingen. Drei Referenzwerte, d. h. obere, mittlere und untere Referenz, wurden berechnet und zur Eingrenzung des möglichen Suchbereichs verwendet. Die Skate-Kontakte (SC) und Skate-Offs (SO) wurden als die linear interpolierten Zeiten bestimmt, zu denen das Signal die untere Referenz mit positiver bzw. negativer Polarität überquerte. Die anfänglichen Push-Offs (POi) und Push-Off-Maxima (POMax) wurden als die ersten Post-Undershoots bzw. Post-Overshoots oberhalb der mittleren Referenz bestimmt. Nach der automatischen Erkennung der Schlittschuhlauf-Ereignisse (Abb. 2) wurde zusätzlich zwischen Geraden und Kurven unterschieden. Zur Unterscheidung wurde die Zeitspanne zwischen zwei identischen, aufeinanderfolgenden Ereignissen herangezogen, wobei die Zeitspanne bei Geraden im Gegensatz zu den Kurven größer als der Mittelwert war. Aus den Ereignissen wurden die Schrittfrequenz und die Kadenz ermittelt. Der Algorithmus wurde dann auf alle Messungen angewendet, und die deskriptiven Statistiken wurden entsprechend berechnet.

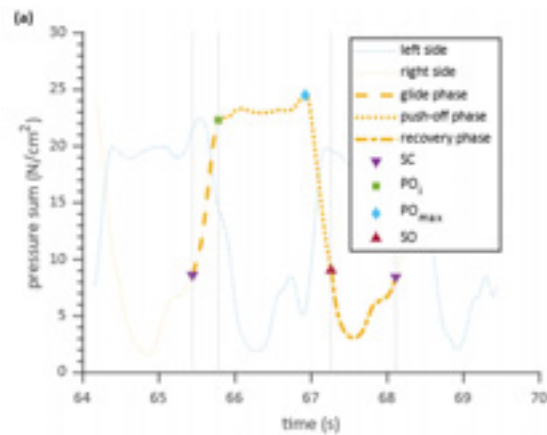


Abb. 2: Drucksammenkurven eines Eisschnellläufers während eines einzelnen Laufs mit automatisch ermittelten Schlittschuhlauf-Ereignissen

2.3 Skateslide

Zur Aufzeichnung der Zielvariablen, d. h. der Abstoßkräfte und -zeiten, wurde zunächst ein Slideboard instrumentiert. Das Slideboard (2,5 m breit, 1,25 m tief und 0,25 m hoch) mit einer Polyethylen-Oberfläche wurde auf zwei Kraftmessplatten mit eingebauten Verstärkern montiert. Die Steuerung der ersten Kraftmessplatte (Modell 9287BA, Kistler Instrumente AG, Winterthur, CHE), die an ein Datenerfassungssystem (Lock+, Oxford Metrics, Oxford, GBR) angeschlossen war, erfolgte mit der Nexus 2 Software (Oxford Metrics, Oxford, GBR). Die Steuerung der zweiten Kraftmessplatte (Modell 9286BA, Kistler Instrumente AG, Winterthur, CHE), die an ein weiteres Datenerfassungssystem (imc CRONOS PL-2, imc Test & Measurement GmbH, Berlin, DEU), wurde mit der Software imc DEVICES (imc Test & Measurement GmbH, Berlin, DEU) durchgeführt.

Die resultierende medio-laterale Kraft (F_x), berechnet als Summe der beiden separat gemessenen medio-lateralen Kräfte jeder Platte (F_{x1} , F_{x2}), wurde als Zielgröße für die Push-off-Kraft verwendet (Abb. 3).

Sieben Versuchspersonen (eine Frau und sechs Männer, Alter 34 ± 11 Jahre, Gewicht $76,1 \pm 8,8$ kg) mit unterschiedlichen Erfahrungsstufen bei der Ausübung des Skateslides (Imitationsübung) nahmen an dieser Studie teil. Die Eingangsgrößen für die Bestimmung der Abstoßkraft wurden aus den 16 plantaren Drucksignalen sowie den zwei triaxialen Beschleunigungsmessern gewonnen. Hierzu wurden Druckmesssohlen in die Sportschuhe der Versuchspersonen eingelegt und mit den mobilen Dialogg-Messsystemen, die an den Knöcheln der Sportler/-innen angebracht waren, verbunden. Die Sensoren wurden mit der Software ENVISIBLE gesteuert. Die Skateslides wurden von jeder Versuchsperson an zwei separaten Messtagen jeweils neunmal durchgeführt. Ein Versuch bestand aus fünf vollständigen Abstoßphasen pro Bein auf dem instrumentierten Slideboard, während die Versuchspersonen die Druckmesssohlen trugen. Vor den Versuchen hatten die Teilnehmer/-innen ausreichend Zeit, sich aufzuwärmen und sich an das Slideboard zu gewöhnen. Während der Versuche trugen die Sportler/-innen Socken über ihren Sportschuhen, um den Reibungskoeffizienten auf dem Slideboard zu verringern. Sowohl die Ziel- als auch die Eingangsvariablen wurden mit 100 Hz aufgezeichnet. Obwohl die Athleten und Athletinnen aufgefordert wurden, die geduckte Skating-Position einzunehmen, wurde die Körperhaltung in dieser Studie nicht kontrolliert.

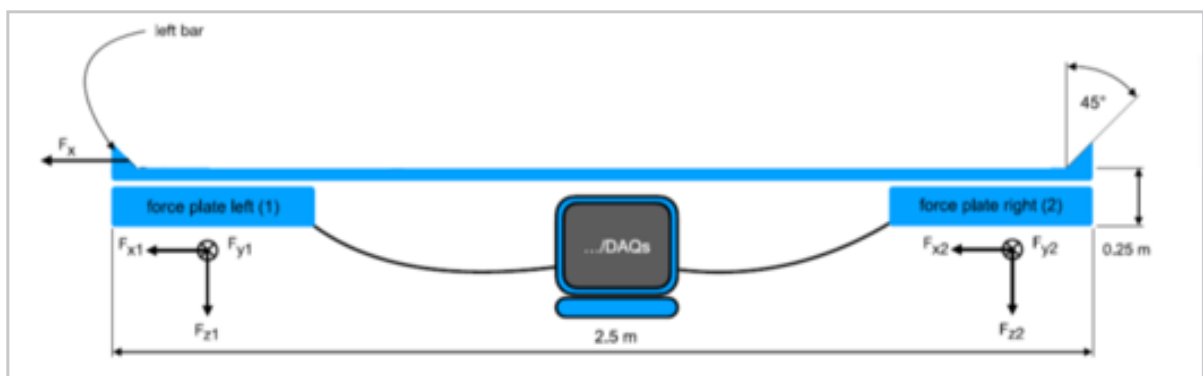


Abb. 3: Skizze des mit zwei Kraftmessplatten und zugehörigen Datenloggern instrumentiertes Slideboards.

Die folgenden Leistungsindikatoren (KPI) wurden aus der Kraft-Zeit-Kurve der getrimmten Datensätze abgeleitet, um die Imitationsübung zu charakterisieren (vgl. Abb. 5): Kraft bei Balkenkontakt (F_{BC}), Zeit beim Balkenkontakt (t_{BC}), Kraft bei Push-Off-Initial (F_{POi}), Zeit bei Push-Off-Initial (t_{POi}), Kraft bei Push-Off-Maximum (F_{POmax}), Zeit bei Push-Off-Maximum (t_{POmax}), Kraft beim Verlassen des Balkens (F_{BO}) und Zeit beim Verlassen des Balkens (t_{BO}). Die Zeit beim Balkenkontakt wurde auch zur Berechnung der Schrittfrequenz (f) verwendet. Der Balkenkontakt wurde als lokales Maximum und das Verlassen des Balkens als lokales Minimum der Abstoßkraft identifiziert. Das anfängliche Abstoßereignis wurde als lokales Minimum der gemessenen Abstoßkraft zwischen Balkenkontakt und Abstoßmaximum identifiziert.

3 Ergebnisse

3.1 Leistungsparameter im Eisschnelllauf

Der neue Signalverarbeitungscode konnte für alle Läufe verwendet werden. Die mediane Schrittfrequenz der Geraden betrug 2,8 s und die der Kurven 1,4 s. Die mediane Kadenz der Geraden betrug 21,8 Schritte/min und die der Kurven 43,9 Schritte/min. Die Schrittzeiten und Schrittfrequenzen auf der linken und rechten Seite der Athleten und Athletinnen waren ähnlich (Abb. 4, S. 5). Während eines einzelnen Laufs wurden durchschnittlich 122 Schritte auf dem Eis ausgeführt (Bereich: 76 bis 172). Ausreißer im Boxplot könnten darauf hinweisen, dass in einigen Fällen nicht alle Ereignisse von der Signalverarbeitungsroutine korrekt erkannt wurden. Die visuelle Inspektion bestätigte diese Vermutung. Insgesamt war die Routine jedoch anwendbar und robust, obwohl die Rohdaten der Druckmesssohlen sowohl zwischen den Eisschnellläufern/Eisschnellläuferinnen als auch innerhalb der Eisschnellläufer/Eisschnellläuferinnen bei verschiedenen Läufen heterogen waren.

3.2 Leistungsparameter beim Skateslide

Die Abstoßkräfte (Push-Off) und deren zeitlicher Verlauf sowie die charakteristischen Leistungskennzahlen (KPIs) der Eisschnelllauf-Imitationsübungen auf einem Slideboard (Skateslide) wurden für die sieben teilnehmenden Sportlerinnen bzw. Sportler gemessen und modelliert. Für den Vergleich der gemessenen und modellierten KPIs wurden nur Testversuche (drei Versuche pro Person am ersten Tag und neun Versuche pro Person am zweiten Tag) herangezogen. Die „gesamte“ relative Differenz zwischen der gemessenen und modellierten maximalen Abstoßkraft (F_{POmax}) lag unter 5 %. „Gesamt“ bedeutet, dass alle Faktoren wie Person, Messtag, Anzahl der Versuche und Beinseite in die Berechnungen einbezogen wurden (Abb. 5, S. 5).

Betrachtet man den relativen Unterschied in Abhängigkeit von einzelnen Faktoren, so zeigen sich zum Teil größere Differenzen. Für den Faktor Person variieren die Unterschiede zwischen $0,0 \pm 10,9 \%$ (Proband/-in vier mit der höchsten Erfahrungsstufe) und $12,9 \pm 11,0 \%$ (Proband/-in eins). Für den Faktor Messtag waren die Unterschiede am zweiten Messtag geringer als am ersten Messtag. Unterschiede zeigten sich auch, wenn der Faktor Beinseite isoliert betrachtet wurde. Insbesondere war die mittlere relative Differenz für das linke Bein (0,7 %) geringer als für das rechte Bein (8,9 %). Ein weiteres Ergebnis, das sich aus der Tabelle ableiten lässt, zeigt auf, dass die Standardabweichung unabhängig von den anderen Faktoren konstant zwischen $\pm 10,9 \%$ und $\pm 22,8 \%$ lag.

Die KPIs, die den genauen Zeitpunkt der Ereignisse bestimmen, wurden genau vorhergesagt. Der gesamte relative Fehler zwischen den vorhergesagten KPIs, die aus den modellierten Variablen abgeleitet wurden, und den KPIs, die aus den gemessenen Variablen ermittelt wurden, betrug weniger als $\pm 2 \%$. Betrachtet man die einzelnen Faktoren isoliert, so stellt man fest, dass mit Ausnahme der Push-off-Initialzeiten (t_{POi}) für Teilnehmer/-in vier (7,2 %) alle relativen Unterschiede kleiner als $\pm 3,5 \%$ waren.

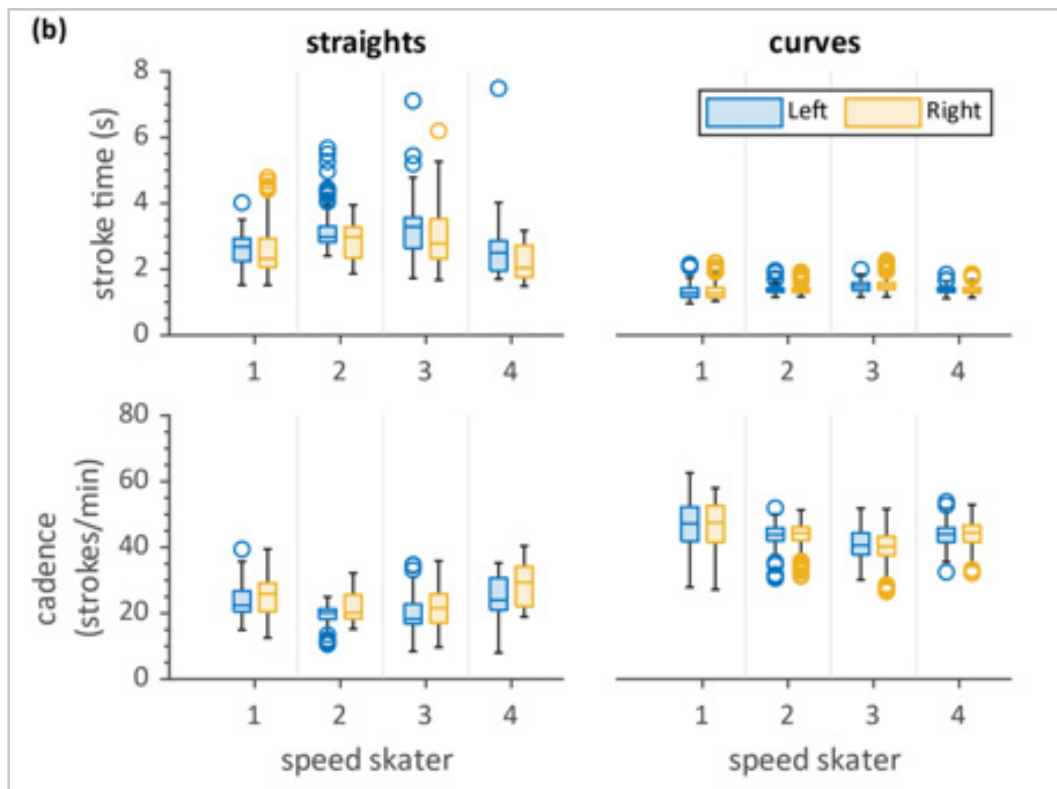


Abb. 4: Boxplots der Schritzfrequenz und Kadenz von 14 aufgezeichneten Läufen von insgesamt vier Eisschnellläufern als Funktion der Position auf der Eisbahn und der Beinseite

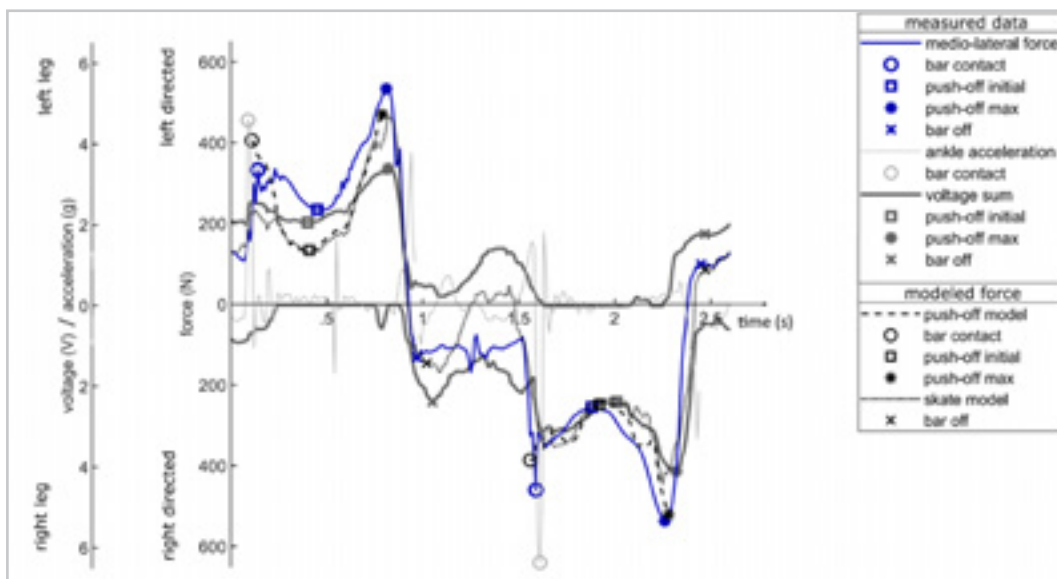


Abb. 5: Gemessene und modellierte Parameter von Versuch Nummer drei am zweiten Messtag von Teilnehmer/in eins. Für jede Seite ist nur ein Schlittschuhlauf dargestellt. Zur einfacheren Darstellung wird die Beschleunigung am Knöchel nur für das Bein auf der Seite des Balkenkontakts gezeigt.

Dies spiegelt sich auch in den geringen relativen Unterschieden für die Schritzfrequenzen wider, die aus den Zeiten beim Balkenkontakt (t_{BC}) berechnet wurden.

Der Gesamt-RMSE der Kraftamplituden und Zeitdifferenzen aller KPIs wird durch die multiplen linearen Regressionsmodelle unterschiedlich vorhergesagt (Abb. 6, S. 6).

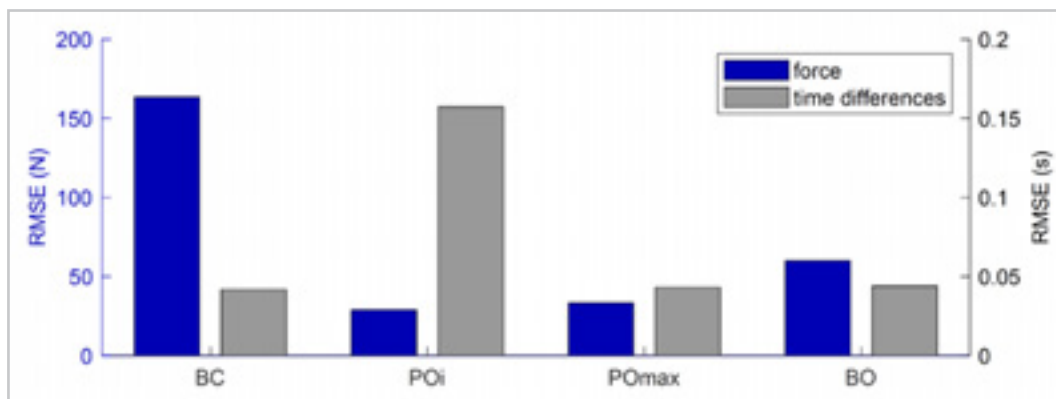


Abb. 6: Gesamte mittlere quadratische Fehler (RMSE) der Kraftamplituden und Zeitdifferenzen für gemessene Zielvariablen und die modellierten Variablen für den Stangenkontakt (BC), den anfänglichen Abstoß (POi), den maximalen Abstoß (POmax) und den Stangenabstoß

Push-off-Initial und Push-off-Maximum zeigen die geringste Abweichung in der Amplitude, während BC deutlich größere Abweichungen aufweist. Bei den Zeitparametern weist Push-off-Initial größere Fehler auf als die anderen KPIs. Die mittlere absolute Differenz von -0,04 s kann jedoch noch als gering angesehen werden. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass zwar nicht alle KPIs mit Hilfe von Sensordaten und maschinellen Lernverfahren gleich gut bestimmt werden können, die Fehler aber gering bleiben.

4 Diskussion

Ziel des Forschungsprojekts war es, den Nachweis zu erbringen, dass es möglich ist, die Leistungsmessung in Form von individuell ausgewählten Leistungsindikatoren mit technischer Unterstützung quantitativ zu erfassen. Dies konnte sowohl für das Eisschnelllaufen als auch für die Imitationsübung Skateslide demonstriert werden. Der hierzu entwickelte Algorithmus zur automatischen Erfassung von Schrittzeit und Trittfrequenz beim Eisschnelllaufen erwies sich als robust. Für den Skateslide wurde eine neue bislang nicht zugängliche Leistungskennzahl identifiziert. In einem nächsten Schritt sollten diese beiden Ergebnisse kombiniert und weiterentwickelt werden, damit die Leistungskennzahl der Abstoßkraft auch beim Eisschnelllauf erfasst und zur Trainingssteuerung eingesetzt werden kann.

5 Literatur

- Hill, M., Hoena, B., Kilian, W., & Odenwald, S. (2016). Wearable, Modular and Intelligent Sensor Laboratory. *Procedia Engineering*, 147, 671-676. doi:10.1016/j.proeng.2016.06.270
- Hill, M., & Odenwald, S. (2017). Multisensorsystem für biomechanische Feldmessungen. In *Innovation & Technologie im Sport*. 23. dvs-Hochschultag, München, 13.-15. September 2017: Abstracts (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, Band 265, dvs Band 265, S. 161). Feldhaus, Edition Czwalina.
- Kilian, W., Hill, M., & Odenwald, S. (2016). Adaptive Sensor Data Acquisition for Gait Analysis. *Procedia Engineering*, 147, 659-664. doi:10.1016/j.proeng.2016.06.267
- Krumm, D., Kuske, N., Neubert, M., Buder, J., Hamker, F., & Odenwald, S. (2021). Determining push-off forces in speed skating imitation drills. *Sports Engineering*, 24, 25. doi:10.1007/s12283-021-00362-1

Service- Forschungsprojekte

Analyse und Optimierung des Erholungsmanagements von Eishockey-Nationalspielerinnen in Perspektive auf die Olympiateilnahme

(AZ 072001/19-20)

*Annika Hof zum Berge, Fabian Loch, Sarah Jakowski (geb. Kölling),
Karl Schwarzenbrunner (Deutscher Eishockey-Bund) & Michael Kellmann (Projektleitung)*
Ruhr-Universität Bochum, Lehr- und Forschungsbereich Sportpsychologie

1 Einleitung und Zielsetzung

Die Optimierung der individuellen Regeneration im Spitzen- und Hochleistungssport stellt für die optimale Leistungserbringung im Wettkampf ein qualitativ hochwertiges Training sowie für den Erhalt der physischen und psychischen Gesundheit einen elementaren Baustein dar (Meyer et al., 2016). Gerade in der Sportart Eishockey mit körperlich und mental höchst intensiven Belastungen an einem Spieltag und kürzesten Zeitabständen zwischen Spieldagen (während Turnierzeiten bis zu fünf Spiele pro Woche) kann die Bereitstellung adäquater kurzfristiger Erholungsmaßnahmen einen entscheidenden Beitrag zu Sieg oder Niederlage leisten. Dieser Sachverhalt wird durch die Doppelbelastung der Spielerinnen (u. a. Ligaalltag, Nominierung Nationalmannschaft) noch weiter verstärkt. Aufgrund der hohen interindividuellen Variabilität bei der Erholung ergibt sich der Bedarf, die Zeitpunkte des Trainings, Intensität und Häufigkeit auf personalisierter Ebene zu gestalten und anpassen zu können. Dabei dient Erholung im wechselseitigen Steuerungsprozess als Gegenstück zur Belastung, welche in der Regel in Form von Trainingsreizen gesetzt wird, um physische und mentale Ressourcen wiederherzustellen (Kellmann & Beckmann, 2018; Kellmann et al., 2018). Ein ausreichender Erholungszustand ist folglich eine wichtige Voraussetzung, um bevorstehende Belastungen optimal bewältigen zu können. Dabei deuten Studienbefunde in Bezug auf die Diagnostik des Erholungsstatus

und Regenerationsbedarfs (Raeder et al., 2016; Wiewelhove et al., 2015) sowie die Wirksamkeit von Regenerationsinterventionen (Hecksteden et al., 2015) darauf hin, dass eine hohe Variabilität zwischen einzelnen Personen vorliegt und keine pauschalen Empfehlungen abgegeben werden können. Folglich sollte die kontinuierliche Erfassung des individuellen Erholungsbedarfs sowie des Beanspruchungszustandes mit objektiven als auch subjektiven standardisierten Verfahren bei Spitzensportlerinnen und Spitzensportlern erfolgen (Bourdon et al., 2017; Halson, 2014; Saw et al., 2015). Da gerade im Leistungssport auch außersportliche Belastungen einen großen Einfluss auf den Erholungs-Beanspruchungs-Zustand haben, können diese mithilfe eines adäquaten Monitorings aufgedeckt und Maßnahmen geplant werden, um diese Belastungen für die jeweilige Person zu minimieren (Heidari et al., 2018).

Während einer Eishockey-Weltmeisterschaft beläuft sich die Anzahl der Spiele auf fünf in einem Zeitraum von einer Woche im Juniorenbereich (U18 Juniorinnen, Division IA) und maximal sieben Spielen (vier Gruppenspiele, Viertelfinale, Halbfinale, Finale) in einem Zeitraum von zehn Tagen bei den Frauen (Top-Division). Hieraus entsteht ein Zeitraum mit häufig wiederkehrenden Belastungsspitzen und kurzen Erholungsphasen. Hierdurch ergibt sich der Handlungsbedarf sowie das Potenzial des Projekts zur Analyse und Optimierung des Erholungsmanagements von Eishockey-Nationalspielerinnen.

Folgendes Ziel stand dabei im Mittelpunkt des Projekts:

- › Erfassung, Dokumentation und Beobachtung individueller Trainings- und Wettkampfbelastungen, des Schlafes, der Erholungszustände und -strategien und der Response der Athletinnen des Deutschen Eishockey-Bunds (DEB) im Längsschnitt während und in Vorbereitung auf besondere sportliche Ereignisse.

2 Methodischer Aufbau des Monitorings

Als Teilnehmende waren die Athletinnen des Olympia- bzw. Perspektivkaders in ihren zeitweiligen Mannschaften vorgesehen. Hieraus ergab sich ein parallellaufendes Bearbeitungsmodell sowohl für den Olympiakader als auch den Perspektivkader (U18) des DEB.

2.1 U18-Frauen

Die Weltmeisterschaft der Frauen U18 Division-IA fand im Januar 2020 in Füssen statt. Zuvor wurde ein siebentägiges Trainingslager vor Ort absolviert.

2.2 A-Frauen

Die Weltmeisterschaft der Top-Division der Frauen war für April 2020 in Truro, Kanada geplant. Die angestrebte Erhebung konnte auf Grund der Corona-bedingten Absage des Turniers nicht durchgeführt werden. Als Kompensationsleistung erfolgte die Betreuung und Datensammlung vor und während der Vorbereitungslehrgänge des Olympia-Qualifikationsturniers im Oktober und November 2021 in Füssen. Zur Datenerfassung wurden verschiedene Fragebögen und bei den A-Frauen zusätzlich Aktigraphie und portable Polysomnographie-Geräte eingesetzt. Zu Beginn des Trainingslagers und Weltmeisterschafts-Turniers (WM) der U18 Frauen sowie vor Beginn der Vorbereitungslehrgänge der A-Frauen wurden unter anderem individuelle Erholungs- und Beanspruchungszustände, sowie die Schlafqualität und Tages schläfrigkeit erfasst.

Im Rahmen des täglichen Monitorings wurden drei unterschiedliche aber sich ergänzende Verfahren eingesetzt, um ein möglichst ganzheitliches Bild des individuellen Erholungs-Beanspruchungs-Zustandes zu erfassen. Hierbei sollten die Athletinnen die *Kurzskala Erholung und Beanspruchung* (KEB; Kellmann & Kölling, 2020; Kellmann et al., 2016) und eine Schlafdokumentation (Hoffmann et al., 1997) täglich morgens nach dem Aufstehen und abends vor dem Schlafen ausfüllen, sowie das subjektive Belastungsempfinden der Trainings- bzw. Spielintensität und durchgeführte Erholungsmaßnahmen protokollieren. Für die anschließenden Rückmeldephasen erstellte die Projektgruppe individuelle Ergebnisberichte, die in persönlichen Rückmeldegesprächen (Skype/Zoom) besprochen wurden.

Der *Erholungs-Belastungs-Fragebogen für Sportler* (EBF-Sport; Kallus & Kellmann, 2016), sowie der *Pittsburgh Sleep Quality Index* (PSQI; Buysse et al., 1989), die *Epworth Sleepiness Scale* (ESS; Johns, 1991) und der *Fragebogen zum Schlafverhalten von Sportlerinnen und Sportlern* (engl. Version ASBQ; Driller et al., 2018; deutsche Version FSVS; Hof zum Berge et al., in Revision) wurden eingesetzt, um eine globale Erfassung des individuellen Erholungs-Beanspruchungs-Zustands und Schlafes zu gewährleisten. Das tägliche Monitoring beinhaltete die KEB (Kellmann & Kölling, 2020; Kellmann, et al, 2016), eine *Schlafdokumentation* zur Erfassung des Schlafverhaltens (Hoffmann et al., 1997) sowie an Trainings- und Wettkampftagen jeweils eine *Trainingsdokumentation* und ein Protokoll zu durchgeführten *Erholungsmaßnahmen*. Somit konnte ein Monitoringprozess konzipiert werden, der valide und ganzheitlich akute Erholungs-Beanspruchungszustände und Schlafparameter darstellen kann, um so mögliche Überbeanspruchungszustände und auffällige Schlafscores bei den Athletinnen zu identifizieren.

3 Ergebnisse

Mit dem durchgeführten Erholungs-Beanspruchungs-Monitoring zur Optimierung des Erholungsmanagements wurde ein individueller Ansatz verfolgt, sodass die Ergebnisdarstellungen in Form von Rückmeldeberichten ebenfalls personenspezifisch erfolgten.

Aus diesem Grund können in diesem Bericht nur exemplarische Rückmeldeergebnisse und ausgewählte Ergebnisse auf Gruppenebene dargestellt und beschrieben werden.

3.1 U18-Frauen

Anhand der zu Beginn des Trainingslagers und vor Beginn der WM erfolgten Befragungen konnte ein Vergleich der Prä-Trainingslager- und Prä-WM-Turnier-Daten erfolgen und unter anderem die Entwicklung der subjektiv empfundenen Schlafqualität und der Tagesschläfrigkeit über die Zeit erfasst werden. Im paarweisen deskriptiven Vergleich zeigte sich sowohl eine Reduktion der PSQI-Scores als auch der ESS-Werte, was eine Zunahme der Schlafqualität sowie eine Abnahme der Tagesschläfrigkeit auf Gruppenebene indizierte: PSQI (T1 = 5.90 ± 2.36 , T2 = 4.65 ± 2.18) und ESS (T1 = 9.00 ± 3.58 , T2 = 8.60 ± 4.04).

Das vorbereitende Trainingslager schien demnach eine geeignete Maßnahme zur Erhöhung der Schlafqualität und einer Reduktion der Tagesschläfrigkeit zu sein. Die durch Projektmitarbeitende implementierten verschiedenen

schlafhygienischen Interventionen für alle Spielerinnen, wie angeleitete Entspannungsverfahren abends vor dem Schlafengehen, die Abwesenheit von Smartphones vor dem Schlafen und geplante und feste Bettzeiten haben dabei potenziell zu einem erholsameren Schlaf beigetragen.

3.2 A-Frauen

Abb. 1 zeigt exemplarisch die Ergebnisse der PSQI-Auswertung auf Gruppenebene aus der Befragung im September. Dargestellt ist die Verteilung der Spielerinnen auf die verschiedenen Kategorien entsprechend der sich aus den Fragebogen-Auswertungen ergebenden Einordnungen. Die Auswertung zeigt, dass von den 35 Spielerinnen, die die Befragung im September ausgefüllt haben, bei 48,57 % eine ‚gute‘ Schlafqualität (PSQI Score ≤ 5) vorliegt und bei 48,57 % eine ‚schlechte‘ Schlafqualität (PSQI-Score 6-10). Für 2,86 % der Athletinnen kann keine Einordnung ermittelt werden, da relevante Angaben oder Items fehlten bzw. der Fragebogen nicht vollständig beantwortet wurde.

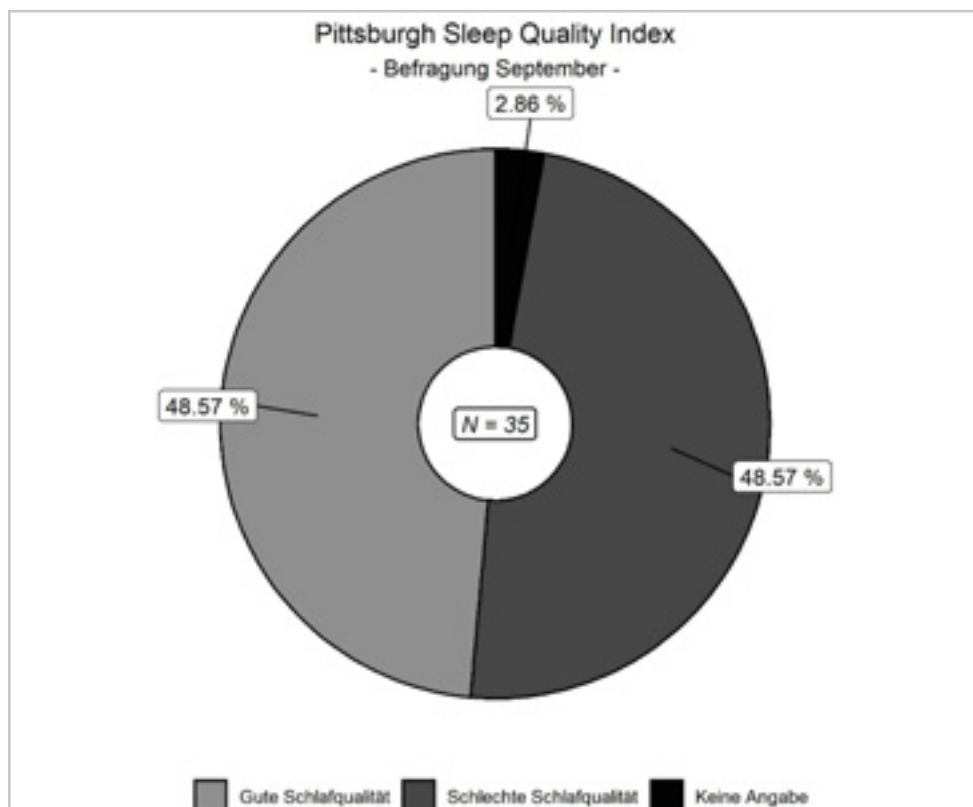


Abb. 1: Prozentuale Verteilung der 35 Eishockey-Athletinnen der deutschen Frauen-Nationalmannschaft auf die verschiedenen Kategorien entsprechend der Auswertung des Pittsburgh Sleep Quality Index.

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass sowohl die Schlafqualität als auch das Schlafverhalten Ansatzpunkte zur Optimierung bieten. Daher wurde allen Spielerinnen im Anschluss an die Präsentation der Ergebnisse die Möglichkeit zur freiwilligen Teilnahme an einem 10-tägigen Schlafmonitoring mittels Aktigraphie und/oder Schlafprotokollen sowie ggf. portabler Polysomnographie gegeben, um eine genauere Exploration des Schlafes und potenzieller Schwierigkeiten zu ermöglichen. Darüber hinaus erfolgte für alle Spielerinnen bei der zweiten Lehrgangsmassnahme in Füssen ein Vortrag zur Schlafhygiene inklusive der Vorstellung verschiedener Entspannungsverfahren sowie der angeleiteten Durchführung einer Atemtechnik während des Cool-Downs nach einer Trainingseinheit im Rahmen des Lehrgangs. Dies diente neben einer edukativen Intention dazu, ungünstige Schlafverhaltensweisen zu adressieren und eine Optimierung der veränderbaren, verhaltensbezogenen Gewohnheiten anzustreben.

Neben den Schlafkennwerten wurden die KEB-Verläufe über den Monitoring-Zeitraum am Abend und am Morgen abgebildet. Abb. 2 und 3

zeigen exemplarisch den Verlauf der Items der Kurzskala Erholung und der Kurzskala Beanspruchung einer Athletin über den 10-tägigen Zeitraum. Bei dieser Athletin zeigt sich insgesamt ein hohes Niveau der Erholung und komplementär dazu ein recht geringes Beanspruchungs-Niveau. Auffällig sind zum einen die niedrig eingeschätzte *Körperliche* und *Mentale Leistungsfähigkeit* und der niedrige *Allgemeine Erholungszustand* in der Nacht des 08. Oktobers. Diese Einschätzungen sind komplementär mit den Ausprägungen der Beanspruchungs-Items zu dem Zeitpunkt, bei denen die *Muskuläre Beanspruchung* und der *Allgemeine Beanspruchungszustand* im Verhältnis hoch ausgeprägt waren. Zudem fielen die punktuellen Abnahmen der *Emotionalen Ausgeglichenheit* auf der Kurzskala Erholung und im Einklang damit die Anstiege der *Emotionalen Unausgeglichenheit* auf der Kurzskala Beanspruchung auf und wurden im Rückmeldungsgespräch mit der Athletin thematisiert. Die Athletin konnte diese Abweichungen einordnen und führte sie auf ein spezielles Ereignis zurück.

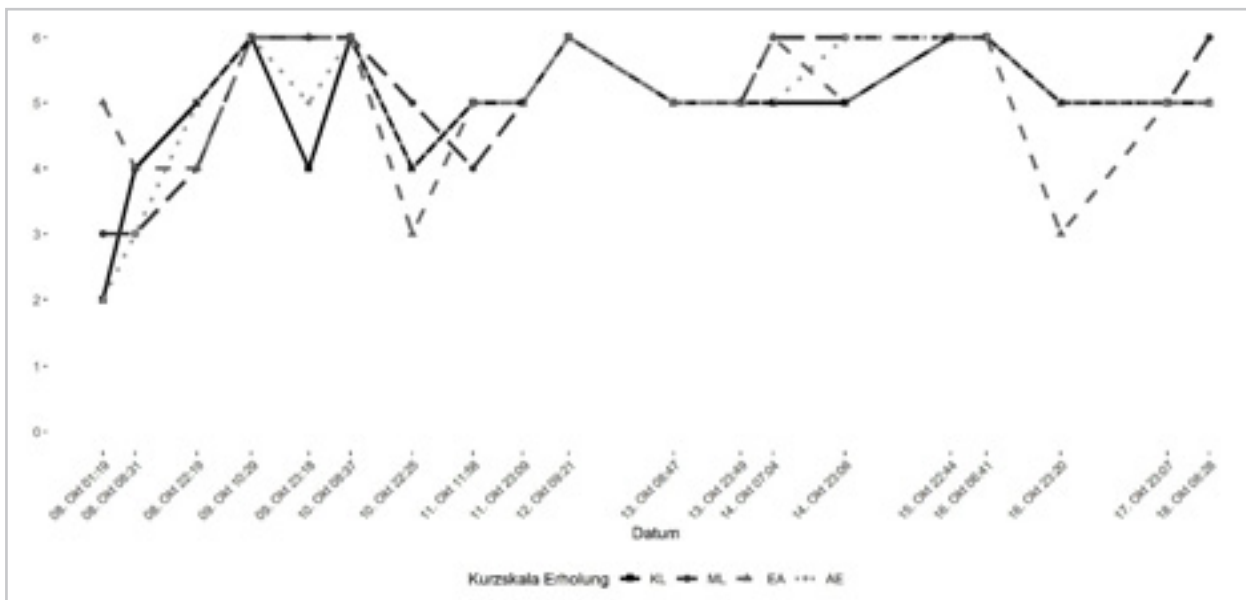


Abb. 2: KEB Verlauf für die 4 Items der Kurzskala Erholung einer Eishockeyathletin im Längsschnitt über den 10-tägigen Monitoring-Zeitraum.

Anmerkung. KL = Körperliche Leistungsfähigkeit. ML = Mentale Leistungsfähigkeit. EA = Emotionale Ausgeglichenheit.

AE = Allgemeiner Erholungszustand.

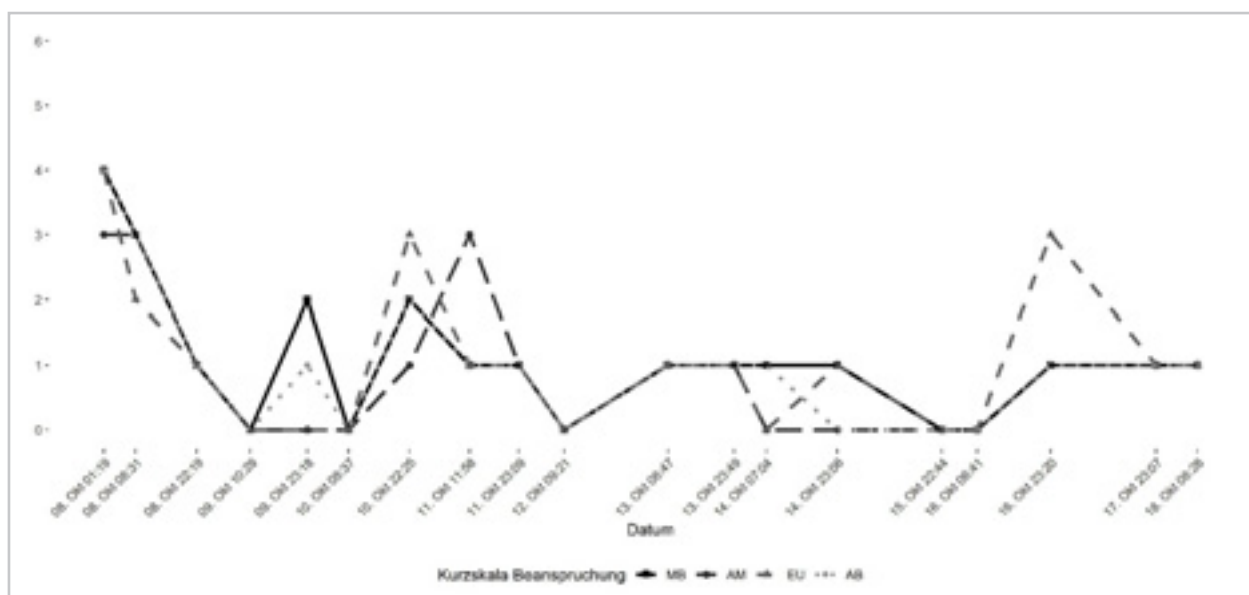


Abb. 3: KEB Verlauf für die 4 Items der Kurzskala Beanspruchung einer Eishockeyathletin im Längsschnitt über den 10-tägigen Monitoring-Zeitraum.

Anmerkung. MB = Muskuläre Beanspruchung. AM = Aktivierungsmangel. EU = Emotionale Unausgeglichenheit.

AB = Allgemeiner Beanspruchungszustand.

4 Diskussion und zukünftige Empfehlungen

Durch die Nutzung der verschiedenen Schlafragebögen im Screening in Kombination mit den täglich erhobenen Schlafprotokollen und der KEB, bei den A-Frauen zusätzlich ergänzt durch objektive Aktigraphie- und Polysomnographie-Daten, konnte ein umfassendes Bild der Erholungs- und Beanspruchungs-Verläufe und der Schlafparameter der Spielerinnen über den Verlauf des Trainingslagers und Weltmeisterschaftsturniers bzw. der Vorbereitung auf das Olympia-Qualifikationsturnier gewonnen werden. Das Monitoring konnte aufgrund der überwiegend hohen Compliance der Athletinnen weitgehend problemlos und effektiv durchgeführt werden. Neben den individuellen Rückmeldungsgesprächen und Empfehlungen an die jeweilige Athletin wurden die Ergebnisse erfolgreich dazu genutzt, jeweilige Anpassungen in der Trainingsgestaltung (Tapering) vorzunehmen.

Die Ergebnisse des Projekts weisen grundsätzlich auf die Bedeutsamkeit der Themen Erholung, Beanspruchung und Schlaf bei Eishockey-Nationalspielerinnen und die notwendige Sensibilisierung für diese Thematiken und deren

Bezug zum Leistungssport hin. Insbesondere zu Beginn des Monitorings zeigte sich jeweils der Interventionsbedarf hinsichtlich der (nächtlichen) Erholung und des Schlafes der Athletinnen. Die persönlichen Gespräche (per Skype/Zoom) zur Ergebnismeldung stellten sich positiv dar und boten Gelegenheit zur Thematisierung auffälliger oder abweichender Werte und zur Erläuterung praktischer Ableitungen. Diese bezogen sich, neben der Formulierung schlafhygienischer Tipps, auf Empfehlungen und Verweise auf eine umfassende Schlafanalyse mittels validierter Schlafanalyseverfahren oder auf die Einübung psychologischer Entspannungsverfahren.

Bei der erfolgreichen Umsetzung eines täglichen Erholungs-Beanspruchungs-Monitorings bildet die Ressource Zeit der Aktiven den limitierenden Faktor. Die Compliance kann dabei möglicherweise durch explizite Erläuterungen der Notwendigkeit und des Potenzials eines Monitorings und der Auswertung vollständiger Daten erhöht werden. Für zukünftige Monitoringprojekte sollte die geringe zeitliche Kapazität der Athletinnen im leistungssportlichen Alltag unbedingt bei der zeitlichen Planung der Monitoringphasen berücksichtigt werden.

Zudem sollte abgewogen werden, ob sich intensive und weniger intensive Monitoringphasen abwechseln sollten und zu welchen Zeitpunkten und über welche Dauer sich ein tägliches Monitoring als sinnvoll darstellt.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Umsetzung des Projektes zur Analyse und Optimierung des Erholungsmanagements von Eishockey-Nationalspielerinnen in Perspektive auf die Olympiateilnahme die Wichtigkeit von regelmäßigem Erholungs-, Beanspruchungs- und Schlaf-Monitoring verdeutlicht. Sowohl die Konzeption des Monitorings in Form einer intensiven Wettkampfbegleitung bei den Eishockey-Juniorinnen als auch die Begleitung der Frauen-Nationalmannschaft in Form von Betreuung und Datensammlung während der Vorbereitungslehrgänge des Olympia-Qualifikationsturniers erwies sich als sinnvolles Konzept zur Unterstützung und Analyse des Erholungsmanagements der Nationalspielerinnen. Die Umsetzung kann in angepasster Form weiterhin zielführend im DEB oder in anderen Sportarten eingesetzt werden. Hierfür ist die Betonung des Nutzens des Monitorings und die Berücksichtigung des zeitlichen Rahmens wichtig und notwendig.

5 Literatur

- Bourdon, P. C., Cardinale, M., Murray, A., Gastin, P. B., Kellmann, M., Varley, M. C., Gabbett, T. J., Coutts, A. J., Burgess, D. J., Gregson, W., & Cable, N. T. (2017). Monitoring athlete training loads: Consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *12*, 161-170.
- Buysse, D. J., Reynolds III, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R., & Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, *28*, 193-213.
- Driller, M. W., Mah, C. D., & Halson, S. (2018). Development of the Athlete Sleep Behavior Questionnaire: A tool for identifying maladaptive sleep practices in elite athletes. *Sleep Science*, *11*(1), 37-44.
- Halson, S. L. (2014). Monitoring training load to understand fatigue in athletes. *Sports Medicine*, *44*, S139-S147.
- Hecksteden, A., Kraushaar, J., Scharhag-Rosenberger, F., Theisen, D., Senn, S., & Meyer, T. (2015). Individual response to exercise training – a statistical perspective. *Journal of Applied Physiology*, *118*, 1450-1459.
- Heidari, J., Kölling, S., Pelka, M., & Kellmann, M. (2018). Monitoring the recovery-stress state in athletes. In M. Kellmann & J. Beckmann (Eds.), *Sport, recovery and performance: Interdisciplinary insights* (pp. 3-18). Routledge.
- Hoffmann, R. M., Müller, T., Hajak, G., & Cassel, W. (1997). Abend-Morgen-Protokolle in Schlafforschung und Schlafmedizin – Ein Standardinstrument für den deutschsprachigen Raum. *Somnologie*, *1*, 103-109.
- Johns, M. W. (1991). A new method for measuring daytime sleepiness: The Epworth sleepiness scale. *Sleep*, *14*, 540-545.
- Kallus, K. W., & Kellmann, M. (Eds.). (2016). *The Recovery-Stress Questionnaires: User manual [RESTQ]*. Pearson.
- Kellmann, M., & Beckmann, J. (Eds.). (2018). *Sport, recovery and performance: Interdisciplinary insights*. Routledge.
- Kellmann, M., & Kölling, S. (2020). *Das Akutmaß und die Kurzsкала zur Erfassung von Erholung und Beanspruchung für Erwachsene und Kinder/Jugendliche – Manual*. Sportverlag Strauß.
- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A. J., Duffield, R., Erlacher, D., Halson, S. L., Hecksteden, A., Heidari, J., Kallus, K. W., Meeusen, R., Mujika, I., Robazza, C., Skorski, S., Venter, R., & Beckmann, J. (2018). Recovery and performance in sport: Consensus statement. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *13*, 240-245.
- Kellmann, M., Kölling, S., & Hitzschke, B. (2016). *Das Akutmaß und die Kurzsкала zur Erfassung von Erholung und Beanspruchung im Sport – Manual*. Sportverlag Strauß.
- Meyer, T., Ferrauti, A., Kellmann, M., & Pfeiffer, M. (2016). *Regenerationsmanagement im Spitzensport*. Sportverlag Strauß.

- Raeder, C., Wiewelhove, T., De Paula Simola, A. R., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M., & Ferrauti, A. (2016). Assessment of fatigue and recovery in male and female athletes following six days of intensified strength training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*, 3412-3427.
- Saw, A. E., Main, L. C., & Gatin, P. B. (2015). Monitoring athletes through self-report: Factors influencing implementation. *Journal of Sports Science and Medicine*, *14*, 137-146.
- Wiewelhove, T., Raeder, C., Meyer, T., Kellmann, M., Pfeiffer, M., & Ferrauti, A. (2015). Markers for routine assessment of fatigue and recovery in male and female team sport athletes during high intensity interval training. *PLOS ONE*, *10*(10), e0139801.

Vorbereitung eines disziplinübergreifenden sportpsychologischen Rahmenkonzepts im Deutschen Turner-Bund

(AZ 072002/20)

Helena Koine¹, Dr. Jeannine Ohlert (Projektleitung)^{1,2}, Marion Sulprizio^{1,3}

¹Deutsche Sporthochschule Köln, Psychologisches Institut, Abteilung Gesundheit & Sozialpsychologie

²Das Deutsche Forschungszentrum für Leistungssport Köln – momentum

³MentalGestärkt

Im vorliegenden Projekt wurden im Hauptteil und in der darauf folgenden Projektverlängerung zwei unterschiedliche Arbeitsziele bearbeitet, welche beide die Optimierung der sportpsychologischen Betreuung aller relevanten Akteure im Deutschen Turner-Bund (DTB) bezwecken. Im ersten Projektteil wurden die Vorarbeiten für die Entwicklung eines disziplinübergreifenden sportpsychologischen Rahmenkonzepts im DTB durchgeführt, um die sportpsychologische Betreuung vom Nachwuchs- in den Erwachsenenbereich in allen Disziplinen des DTB zu strukturieren und zu systematisieren. Die Projektverlängerung beruhte auf dem vermehrten Bekanntwerden von nationalen und internationalen Fällen interpersoneller Gewalt im Turnsport, welche die Durchführung und Evaluation von Workshops zur Schaffung einer Kultur des Hinsehens bei administrativen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des DTB mit erhöhter Dringlichkeit erforderte. Im Folgenden werden die Hintergründe, Methoden und Ergebnisse beider Projektteile dokumentiert und diskutiert.

1 Erster Projektteil

1.1 Einführung und Problemstellung

Im Turnsport wird der Erfolg im Spitzenbereich neben den körperlichen Voraussetzungen maßgeblich von mentalen Fähigkeiten geprägt (Schulze, 2010). Aus diesem Grund ist neben dem physiologischen Training die mentale Vorbereitung ein entscheidender Baustein in der Leistungsentwicklung junger Turnerinnen und Turner (Cogan & Vidmar, 2000; Salmela, 2011). Der Deutsche Turnerbund (DTB) strebt deshalb an, die sportpsychologische Betreuung vom Nachwuchs- in den Erwachsenenbereich in allen Disziplinen zu strukturieren und zu systematisieren, um wichtige Impulse nicht nur für die Leistungsoptimierung, sondern ebenso zur Persönlichkeitsentwicklung und psychischen Gesundheit ihrer Turner und Turnerinnen zu setzen. Ziel des vorliegenden Projekts war daher die Schaffung der Grundlagen für die Erstellung eines disziplinübergreifenden sportpsychologischen Rahmenkonzepts.

1.2 Aufbau des Projektteils & Methoden

Der erste Projektteil gliederte sich in vier aufeinander aufbauende Schritte. Im ersten Schritt erfolgten eine Recherche sowie anschließende Sichtung vorhandener Literatur zu sportpsychologischen Betreuungsthemen im Turnen sowie bereits vorhandener Rahmenkonzeptionen in der Sportpsychologie mit Bezug zum DTB, um geeignete Bestandteile einer Konzeption für den DTB zu finden. Im zweiten Schritt wurden alle aktuellen Kaderathleten und -athletinnen der olympischen Disziplinen des DTBs sowie die Bundestrainerinnen und -trainer zu ihren bisherigen Erfahrungen mit sportpsychologischer Betreuung im DTB und ihren Wünschen für die Zukunft befragt. Zusätzlich wurden die zuständigen Sportpsychologen Werner Mickler und Moritz Anderten in Interviews nach relevanten Betreuungsthemen gefragt, welche sie auf Grundlage ihrer bisherigen Arbeit mit Aktiven und Trainerinnen bzw. Trainern des DTB einschätzten. Im vierten und letzten Projektschritt erfolgte die Integration aller durchgeführten Projektschritte, die als Grundlage für die nachfolgende Erstellung der sportpsychologischen Rahmenkonzeption dienen soll.

1.3 Ergebnisse

1.3.1 Sichtung relevanter Rahmenkonzeptionen und Literatur zu sportpsychologischen Betreuungsthemen im Turnsport

Als Übersicht über bereits bestehende Rahmenkonzeptionen (Deutscher Handball Bund, Deutscher Skiverband, Deutscher Schwimmverband, Schweizer Judo und Ju-Jitsu Verband) wurde ein Modell (siehe Abb. 1) genutzt, welches die Themen und Inhalte für die Stufen Trainerausbildung, Diagnostik, Athleten und Athletinneninnenausbildung in verschiedenen Entwicklungsstufen und Bedarfsmaßnahmen zusammenfasst (Ohlert, Sulprizio & von Keutz, 2019). Darauf aufbauend konnten durch die Sichtung der vorhandenen Literatur zu sportpsychologischen Betreuungsthemen im Turnsport die im Modell dokumentierten Inhalte auf Grundlage des psychologischen Anforderungsprofils der technisch-kompositorischen Disziplinen für konditionelle, technomotorische, strukturell-organisatorische und (psycho-)soziale Aufgaben sportartspezifisch gewichtet werden.

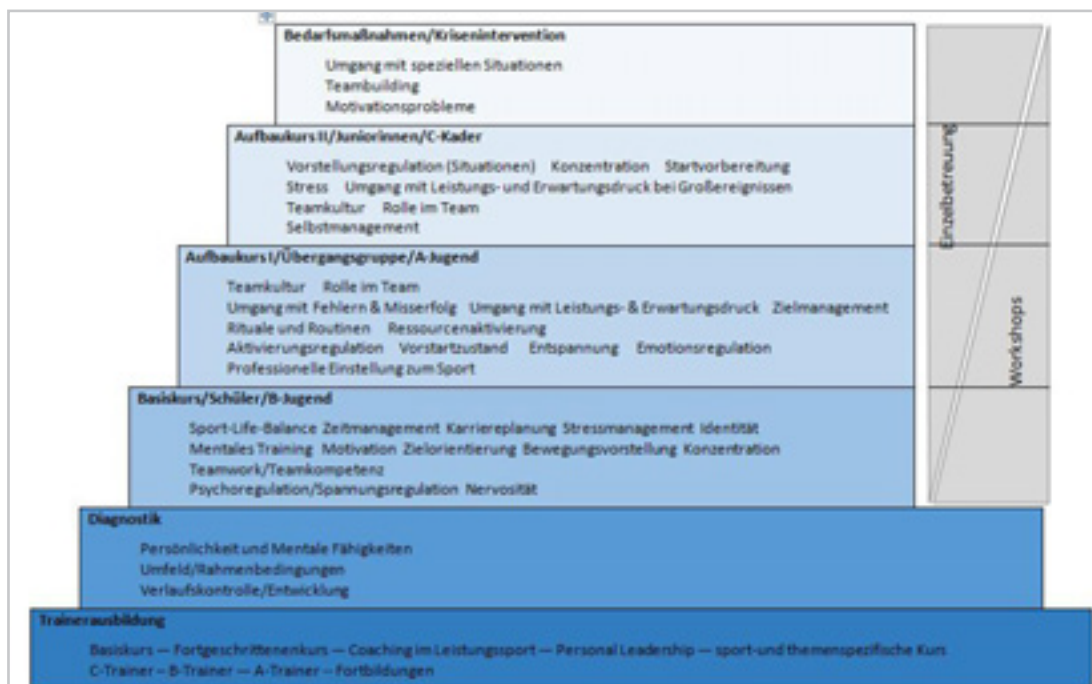


Abb. 1: Zusammenfassung der inhaltlichen Ausrichtung bestehender sportpsychologischer Rahmenkonzeptionen in einem Schema mit verschiedenen Ausbildungs- und Betreuungsstufen (Abbildung entnommen aus Ohlert, Sulprizio & von Keutz, 2019).

1.3.2 Befragung der Kaderathleten und -athletinnen und DTB-Trainerinnen und Trainer

Insgesamt gesehen unterstützen die Daten der Befragung der Athletinnen und Athleten die Dringlichkeit der Systematisierung und Strukturierung sportpsychologischer Maßnahmen. Zunächst ist eine einheitliche Verfügbarkeit von Maßnahmen für die verschiedenen Disziplinen und Kader anzustreben, um der bislang sehr heterogenen Nutzungsrate entgegenzuwirken. Weiter sollte die Qualität der sportpsychologischen Betreuung verbessert werden, welche eine essentielle Rolle für die Vermittlung sportpsychologischer Tools und deren Effekte spielt. Im speziellen ist hier eine Passung des sportpsychologischen Personals mit dem jeweiligen Team bzw. einzelnen Athletinnen bzw. Athleten anzustreben, indem beispielsweise die freie Wahl des Sportpsychologen oder der Sportpsychologin ermöglicht und die Entwicklung einer vertrauensvollen Beziehung durch begleitende Maßnahmen (z. B. Aufklärung zur Schweigepflicht oder zum Benefit von Sportpsychologie) unterstützt wird. Die Ergebnisse weisen zusätzlich darauf hin, dass schon junge Turnerinnen und Turner frühzeitig in die strukturierte, sportpsychologische Betreuung über das Workshopformat eingebunden werden sollten, während für ältere vermehrt Einzelgespräche angeboten werden sollten.

Die Ergebnisse der Befragung der Trainerinnen bzw. Trainer zeigen neben der Relevanz der sportpsychologischen Betreuung von Athleten und Athletinnen die Wichtigkeit von sportpsychologischen Angeboten für den Trainerbereich. Auf dieser Grundlage ergibt sich der Wunsch der Befragten nach einer Ausweitung der sportpsychologischen Maßnahmen, die eine praxisnahe Unterstützung der Trainerarbeit bieten sollten. Ein für alle Trainerinnen und Trainer zugängliches sportpsychologisches Angebot zur Regulierung der eigenen Belastung/Erholung, zur Stressregulation, aber auch zum Umgang mit Druck oder schwierigen Athletinnen und Athleten bzw. Konfliktmanagement könnten zukünftige Maßnahmen oder Lizenzverlängerungsveranstaltungen des DTBs sinnvoll anreichern. Weiterhin wird auch eine individuelle Betreuungsoption (Coach-the-Coach) häufig gewünscht.

1.3.3 Interviews mit sportpsychologischen Experten des DTB

Als Ergänzung der beiden Befragungen wurden zwei der aktuell tätigen Sportpsychologen des DTB, Werner Mickler und Moritz Anderten nach ihrer Meinung zur zukünftigen Ausrichtung sportpsychologischer Betreuung im DTB am Beispiel der Disziplin Gerätturnen weiblich befragt. In der Arbeit mit den jungen Turnerinnen identifizieren sie die konkurrierenden, zeitintensiven Anforderungen zwischen Leistungssport und Schule bzw. der dualen Karriere als ausschlaggebende Stressfaktoren im Alltag der Athletinnen. Beide Sportpsychologen bezeichnen die Unterstützung in der Bewältigung dieser Doppelbelastung als Kernaufgabe in der sportpsychologischen Betreuung im DTB. Als Präventivansatz soll hier neben weiteren mentalen Trainingstechniken vor allem das Regenerationsmanagement der jungen Athletinnen geschult werden, um sie in der selbstständigen Regulation von Belastung und Erholung zu unterstützen. Ebenso betonen Werner Mickler und Moritz Anderten die Notwendigkeit der Systematisierung der sportpsychologischen Unterstützung im Trainerbereich, um die Beziehungsqualität zwischen Athletin und Trainer bzw. Trainerin zu stützen, welche als Basis für die optimale Leistungsentwicklung sowie für das Wohlbefinden der Athletinnen gilt.

1.4 Diskussion

Zusammenfassend können für die sportpsychologische Rahmenkonzeption im DTB folgende Empfehlungen abgeleitet werden:

- Systematisierung und verbesserte Kommunikation bereits bestehender Angebote
- Ausweitung und Regelmäßigkeit der sportpsychologischen Angebote für Athletinnen und Athleten sowie Trainer und Trainerinnen
- Frühzeitiger Start und systematische Strukturierung der sportpsychologischen Angebote in Hinblick auf spezifische Altersgruppen

- › Verbesserung der sportpsychologischen Betreuungsqualität der Athletinnen und Athleten
- › mehr Möglichkeiten zur Einzelbetreuung
- › mehr Fortbildungen auf dem Gebiet der Sportpsychologie im Trainerbereich
- › mehr Coach-the-Coach-Angebote.

Auf Grundlage der Projektergebnisse liegen dem DTB nun konkrete Handlungsempfehlungen vor, wie den aktuell noch bestehenden Defiziten in der sportpsychologischen Betreuung von Athleten und Athletinnen sowie Trainerinnen und Trainern entgegengewirkt werden kann. Diese Handlungsempfehlungen, die sowohl auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen als auch auf den genannten Bedürfnissen der relevanten Akteure im DTB und den Empfehlungen der zuständigen Sportpsychologen beruhen, werden nun in der Erstellung des disziplinübergreifenden sportpsychologischen Rahmenkonzepts im Deutschen Turner-Bund berücksichtigt, um die ganzheitliche Förderung im Verband zu optimieren. Der Verband führt den Prozess der Erstellung der Konzeption nun unter der Leitung der Verbandssportpsychologin Dr. Kathrin Staufenbiel weiter. Die finale sportpsychologische Rahmenkonzeption soll im Jahr 2022 vorliegen.

2 Projektverlängerung: Prävention von interpersonaler Gewalt

2.1 Einführung und Problemstellung

Auf Grund der Entwicklungen im internationalen und nationalen Turnsport im Jahr 2020 wurde nach den Vorarbeiten für die Entwicklung eines disziplinübergreifenden sportpsychologischen Rahmenkonzepts eine Projektverlängerung beantragt, um den Themenbereich „Prävention von interpersonaler Gewalt“ mit erhöhter Dringlichkeit gezielt in die Praxis zu transferieren.

Die Dringlichkeit ergab sich durch das vermehrte Bekanntwerden von nationalen und internationalen Fällen interpersonaler Gewalt (d. h. emotionale, körperliche und sexualisierte Gewalt) im Leistungssport. Auch im deutschen Turnsport wurden schwere Vorwürfe der Ausübung psychischer Gewalt und der Abgabe von Medikamenten ohne ärztliches Rezept zu Lasten einer Trainerin geäußert. Die Strukturen im Turnsport bringen mit sich, dass sich grenzüberschreitende Verhaltensweisen wie beispielsweise unangebrachte Massagen oder Berührungen in einem schleichenden Prozess (engl. grooming, Brackenridge, 2001) etablieren können. Von Athletinnen und Athleten verschiedener Länder wird die sehr stark auf Macht und Unterdrückung basierende Trainingskultur in vielen Turn-Leistungszentren kritisiert und die Problematik sexualisierter Gewalt auf emotionale und körperliche Gewalt erweitert, die in einem engen Zusammenhang oftmals als Mischform auftreten (Ohlert, Vertommen, Rulofs, Rau & Allroggen, 2021).

Ein wichtiges Instrument, um dem Auftreten interpersonaler Gewalt jeglicher Art vorzubeugen, ist die Schaffung einer so genannten „Kultur des Hinsehens“ innerhalb eines Sportverbandes. Hierzu ist es notwendig, dass nicht nur im Athleten- und Trainerbereich, sondern auch bei den Mitarbeitenden im administrativen Bereich innerhalb eines Sportverbandes die Sensibilität für Strukturen, die interpersonale Gewalt begünstigen können, erhöht wird und grenzüberschreitende Verhaltensweisen sowie eigene Handlungsbereiche identifiziert werden können.

Initiiert durch den DTB war daher das konkrete Arbeitsziel der Projektverlängerung, eine Workshopkonzeption zur Schaffung einer Kultur des Hinsehens bei Mitarbeitenden im administrativen Bereich des DTB zu erstellen, durchzuführen und zu evaluieren. In die Sensibilisierungsmaßnahmen wurden ebenfalls Mitarbeitende der Deutschen-Eislauf-Union integriert, deren angebotene Sportarten sowie Trainingskultur in vielen Nationen ähnliche Problematiken aufweisen wie im Turnsport (u. a. frühes Einstiegsalter, hohe Trainingsumfänge bereits in jungem Alter, hohe Abhängigkeiten von einem Trainer/ einer Trainerin (Monsma & Feltz, 2006).

2.2 Aufbau des Projekts & Methoden

Die Projektverlängerung enthielt insgesamt fünf Arbeitspakete, die sukzessive aufeinander aufbauten:

- (1) Zunächst wurde die Workshopkonzeption auf Grundlage eines Expertengesprächs und der bereits erarbeiteten Ergebnisse der Forschungsprojekte „TraiNah“ und »Safe Sport« vorbereitet. Parallel zu diesen Vorarbeiten wurde in Hinblick auf die aktuellen Vorfälle von psychischer Gewalt im Bundesstützpunkt Chemnitz zusätzlich ein Workshop für Multiplikatoren bzw. Multiplikatorinnen durchgeführt, im Rahmen dessen neben Präventionsmaßnahmen auch Interventionsmaßnahmen erarbeitet wurden.
- (2) Anschließend wurden sowohl die Workshopkonzeption als auch das dazu passende Evaluationsinstrument erstellt.
- (3) Im dritten Schritt erfolgte die Durchführung der vier Workshops sowie
- (4) zeitgleich die Durchführung der Evaluation.
- (5) Aufgrund der Evaluationsergebnisse wurden im letzten Schritt noch Anpassungen am Konzept vorgenommen, um das finale Konzept als Grundlage für weitere Workshops in den Verbänden nach Projektende zur Verfügung zu stellen.

2.3 Ergebnisse

2.3.1 Vorarbeiten: Gespräch mit Expertinnen und Experten

Innerhalb dieses Gesprächs am 02.02.2021 wurde gezielt nach den Bedürfnissen, aktuellen verbandsinternen Erfordernissen und Erwartungen an die Präventionsworkshops gefragt. In diesem Rahmen wurde die Zielgruppe der Fortbildung auf die Mitarbeitenden der DTB-Geschäftsstelle und des DTB-Präsidiums, auf die Bundesstützpunktleitungen und die Bundestrainer bzw. -trainerinnen der verschiedenen Disziplinen festgelegt. Zusätzlich wurde als übergeordnetes Ziel die grundlegende Wissensvermittlung und Sensibilisierung zum Thema interpersonelle Gewalt definiert, die fortführend den Prozess der Haltungsänderung anstoßen sollte.

Auf Grundlage dieses Meinungsbildes sollten die Konzeption und inhaltliche Gestaltung der Präventivworkshops mit einem zielgruppenspezifischen Fokus erarbeitet werden.

2.3.2 Workshopkonzeption

Auf Grund der Einschränkungen der Coronapandemie wurde die Sensibilisierungsmaßnahme als Online-Workshop konzipiert, welcher über Cisco Webex als Video-Konferenz mit weiteren digitalen Werkzeugen wie das Miro-Board, ein digitales Whiteboard, durchgeführt wurde. Mit dem Ziel der vorbereitenden Homogenisierung des Wissensstandes der Teilnehmergruppe wurde ein einleitendes Basisvideo erstellt und allen Teilnehmenden per E-Mail zusammen mit der Einladung zum Workshop zugeschickt. Im ersten Teil des insgesamt 210-minütigen Workshops wurde die bereits im Einführungsvideo eingeleitete Sensibilisierung in Bezug zu den vier Gewaltformen (physische, psychische, sexualisierte Gewalt und Vernachlässigung) intensiviert, indem an Hand von verschiedenen Beispielen aus dem Leistungssport und den wissenschaftlichen Erkenntnissen der Studie »Safe Sport« (Ohlert et al., 2018) das Auftreten und die Folgen von Gewalt im Sport beleuchtet wurden. Im zweiten Teil des Workshops wurde zunächst der Fokus auf das Auftreten von sexualisierter Gewalt im Sport gelenkt, um anschließend Ideen zu konkreten Präventivmaßnahmen auf Verbandsebene und speziell im administrativen Arbeitsfeld zu sammeln. Die Workshopkonzeption sieht somit eine Kombination aus Wissensvermittlung über die Präsentation der Kursleitung, intensiven Austausch über Diskussionen in Kleingruppen und im Plenum, sowie Reflexion jedes einzelnen vor.

2.3.3 Evaluation Workshop

Die Ergebnisse der Evaluation weisen darauf hin, dass die angestrebte Verhaltensänderung der Mitarbeitenden im administrativen Bereich auf Basis der Stärkung der Determinanten Einstellung, wahrgenommene Verhaltenskontrolle und Intention durch den Workshop effektiv unterstützt und die Sensibilisierungsmaßnahme als anwendungsfreundlich eingeschätzt wurde.

2.3.4 Workshop für Multiplikatorinnen und Multiplikatoren

Aufgrund der Vorfälle von psychischer Gewalt im Bundesstützpunkt Chemnitz im DTB bestand die Notwendigkeit neben den Sensibilisierungsmaßnahmen für die administrative Ebene eine gesonderte Schulung durchzuführen, die sich speziell an Mitarbeitende richtet, welche eine tragende Rolle im Umgang mit und der Aufarbeitung von Verdachtsfällen interpersoneller Gewalt im DTB tragen. Dieser tiefergehende Workshop für den Multiplikatorenkreis wurde somit für die Arbeitsgruppe des „Runden Tisches“ konzipiert, die das Thema „Prävention von sexualisierter Gewalt“ gezielt im DTB bearbeiten und teils als Ansprechpersonen fungiert. Unter der Anleitung der Fachreferentin Mandy Owczarzak (Landessportbund NRW) wurde in diesem speziellen Workshop neben den Präventionsmaßnahmen ein besonderes Augenmerk auf die einzelnen Schritte der Intervention im Falle eines verbandsinternen Verdachtsfalls gelegt.

2.4 Diskussion

Mit dem Ziel der Umsetzung der im Präventionskonzept (Deutscher Turner-Bund, 2020) festgelegten Prinzipien des DTB wurde in dieser Projektverlängerung ein zielgruppenspezifisches Workshopkonzept für die Ebene der Mitarbeitenden im administrativen Bereich ausgearbeitet, durchgeführt und evaluiert, welches nun fortführend den gesamtverbandlichen Kulturwandlungsprozess hin zum gewaltfreien Leistungssport stützen soll. In der Evaluation konnten die Effektivität und Anwendbarkeit des Workshopkonzepts als erste Sensibilisierungsmaßnahme, die neben Wissenszuwachs auch den Prozess der Handlungsänderung einleitet, gezeigt werden. Auch die gesonderte, tiefergehende Schulung im Multiplikatorenkreis für diejenigen Mitarbeitenden, die das Thema Prävention von interpersoneller Gewalt explizit in ihrem Verantwortungs- und Aufgabenbereich definiert haben, zeigt einen hohen Bedarf.

Der angestrebte gesamtverbandliche Kulturwandelprozess erfordert nun die Fortführung solcher zielgruppenspezifischen Sensibilisierungsmaßnahmen zum Thema Prävention von interpersoneller Gewalt für die Gruppe der Mitarbeitenden im administrativen Bereich sowie auf allen anderen Ebenen des Verbands. Diesen hat der DTB mit der Initiierung des Struktur- und Kulturwandelprozesses „Leistung mit Respekt“ (Deutscher Turner-Bund, 2021) bereits angestoßen und wird ihn nun in eigener Regie fortführen.

3 Literatur

- Brackenridge, C. (2001). *Spoilsports. Understanding and preventing sexual exploitation in sport*. Routledge.
- Cogan, K. D., & Vidmar, P. (2000). *Gymnastics*. Morgantown, WV: Sport Psychology Library.
- Deutscher Turner-Bund (2021). *Leistung mit Respekt*. Zugriff unter <https://www.dtb.de/verbandspolitik/kultur-strukturwandel>
- Deutscher Turner-Bund (2020). *Präventions- und Interventionskonzept zum Schutz vor sexualisierter Gewalt im DTB*. Zugriff unter https://www.dtb.de/fileadmin/user_upload/dtb.de/Deutsche_Turnerjugend/Kinder_und_Jugendschutz/PDFs/Pr%C3%A4ventionsschutzkonzept_final.pdf
- Monsma, E. V., & Feltz, D. L. (2006). A Mental Preparation Guide for Figure Skaters. A Developmental Approach. In J. Dosil (Hrsg.), *The sport psychologist's handbook. A guide for sport-specific performance enhancement* (S. 428-454). Wiley. doi:10.1002/9780470713174.ch19
- Ohlert, J., Seidler, C., Rau, T., Rulofs, B., & Allroggen, M. (2018). Sexual violence in organized sport in Germany. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 48, 59-68. <https://doi.org/10.1007/s12662-017-0485-9>

- Ohlert, J., Sulprizio, M., & von Keutz, P. (2019). Sportpsychologische Unterstützung der DHB-Nachwuchsspielerinnen und -spieler bei der Bewältigung der speziellen Herausforderungen beim Einstieg in den Spitzensport. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2017/18* (S. 309-314). Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- Ohlert, J., Vertommen, T., Rulofs, B., Rau, T., & Allroggen, M. (2021). Elite athletes' experiences of interpersonal violence in organised sport in Germany, the Netherlands, and Belgium. *European Journal of Sport Science*, 21 (4), 604-613. <https://doi.org/10.1080/17461391.2020.1781266>
- Salmela, J. H. (2011). Interaction between physiological, biochemical and psychological aspects of gymnastic performance. The psychologist's point of view. In M. Jemni (Hrsg.), *The science of gymnastics* (S. 176-180). Routledge.
- Schulze, A. (2010). *Mental skills test for gymnastics - Psychologie im Gerätturnen*. Inklusive Fragebogen zur Erfassung von Fertigkeiten. Diplomica Verlag.

sportFATIGOM: Biomarker für Ermüdung, Erschöpfung und schlechte Leistung im Alpinen Skisport

(AZ 072016/20)

Henning Wackerhage (Projektleitung)¹, Stephanie Kaps¹, Martin Schönfelder¹
& Felix Ehrlenspiel²

¹Technische Universität München, Professur für Sportbiologie

²Technische Universität München, Arbeitsgruppe Sportpsychologie

1 Problem

Die Leistungsfähigkeit einer Athletin oder eines Athleten variiert in Abhängigkeit des durchgeführten Trainings. Jedoch erleben Athletinnen und Athleten selbst bei gut empfundener Vorbereitung Tage, an denen es „schlecht läuft“ oder bei denen sie die Leistung „nicht abrufen können“. Dies kann bedeuten, dass eine Favoritin oder ein Favorit eine Meisterschaft oder Olympiamedaille nicht gewinnt. Die Ursachen für diese Leistungsfluktuation sind wenig bekannt. Zu bekannten Ursachen, die die Leistung reduzieren können, zählen Mikroverletzungen, die zu einer Muskelentzündung oder Muskelkater (Englisch: Delayed Onset of Muscle Soreness, abgekürzt DOMS) führen, mentale Erschöpfung oder unterschwellige Krankheiten. Im Extremfall kommt es zum nur schlecht definierten Overreaching oder Übertraining. Viele unerwartet schlechte Leistungen können aber nicht erklärt werden. Hier wäre es wünschenswert, dass die Forschung Biomarker für Variablen entdeckt, die die Ursache von unerwartet schlechten Leistungen sind, so dass derartige leistungsreduzierenden Probleme frühzeitig beseitigt werden können.

In der Analytik haben sich neue Methoden etabliert, die es den Forscherinnen und Forschern ermöglichen, statt einem mehrere Hundert Metabolite oder Proteine zu messen. Die wichtigste dieser Methoden ist die Massenspektrometrie. Ein Massenspektrometer misst die Ladung und Masse von Molekülen, so dass es möglich ist diese Moleküle zu identifizieren und zu quantifizieren. Massenspektrometrie eignet sich zur Messung von Metaboliten, was „Metabolomics“ genannt wird und von Proteinen, was „Proteomics“ genannt wird.

Es stellt sich die Frage, ob diese stark erweiterte, analytische Sicht auf den Zustand einer Athletin oder eines Athleten genutzt werden kann, um Moleküle zu messen, deren veränderte Konzentration mit den Ursachen von Leistungsfluktuationen assoziiert sind, so dass diese erkannt und beseitigt werden können.

Unsere Arbeitsgruppe hat kontrollierte Metabolomics-Laborstudien durchgeführt, z. B. um zu untersuchen, ob ein extrem glykolytischer, oxidativer oder anaboler Stoffwechsel mit veränderten Blut-Metabolitenkonzentrationen assoziiert ist (Schraner et al., 2021). Im Gegensatz dazu ist die vorliegende Studie eine Feldstudie, die zum Ziel hatte, Variationen des Stoffwechsels und der Homöostase bei alpinen Skifahrerinnen und Skifahrern des Deutschen Skiverbands über mehrere Monate hinweg mittels Metabolomics- und Proteomics-Analysen zu charakterisieren. Wir haben parallel mittels Fragebogen die Erholung, Ermüdung und Leistung erhoben, um dann zu untersuchen, ob das Gefühl starker Ermüdung mit systematisch veränderten Metaboliten- und Proteinkonzentrationen im Blut assoziiert ist.

Konkret war es unser Ziel, mit dieser Untersuchung zwei Forschungsfragen zu beantworten:

- › Führen spezifische Ursachen von körperlicher oder mentaler Erschöpfung (z. B. Schlafmangel, Entzündung, Mikroverletzungen) zu spezifischen Änderungen in der Metaboliten- oder Proteinkonzentration im Blut?

- Spiegelt sich das sogenannte „Unexplained Underperformance Syndrome“ in individuellen Metaboliten- und/oder Proteinmustern bzw. Konzentrationen wider?

Darüber hinaus wollten wir mit dieser Studie überprüfen, ob eine Sport-Metabolomics bzw. Proteomics-Studie mittels minimalinvasiver Dried Blood Spots im Feld durchführbar ist.

Unser langfristiges Ziel ist es, neue Biomarker für Ermüdung, Erschöpfung und Leistungsvariation im Leistungssport zu identifizieren.

2 Methode

2.1 Studiendesign und Probandengruppe

In diesem Service-Forschungsprojekt wurden insgesamt 18 alpine Leistungssportler im Alter von 21-33 Jahren, darunter 11 Athleten der Herren Ski Alpin Lehrgangsguppe LG1a und 7 Athleten der Lehrgangsguppe LG1b, des Deutschen Skiverbands rekrutiert. Die Routineuntersuchungen der Athleten wurden z. B. durch Blutabnahmen ergänzt. Diese studienbedingten zusätzlichen Untersuchungen wurden dabei zu 3 verschiedenen Messzeitpunkten erhoben:

- 1) **Jährliche Sporttauglichkeitsuntersuchung:** Feststellung der individuellen Ausdauerleistungsfähigkeit auf dem Fahrradergometer, kapillare Blutabnahmen vor und nach der Belastung zur Bestimmung des Blut-Metaboloms- und Proteoms in Ruhe sowie nach maximaler Ausbelastung mittels sogenannter Dried Blood Spots (DBS), sowie sportpsychologische Charakterisierung.
- 2) **Probenerhebung während dem Training:** Kapillare Blutabnahmen am ersten sowie am letzten Tag eines intensiven Skikurses zur Bestimmung des Blut-Metaboloms und Proteoms im Training via DBS. Parallel erfolgten die sportpsychologischen Fragebögen.
- 3) **Probenerhebung in der Wettkampfperiode:** Kapillare Blutabnahmen an 1-4 Wettkämpfen zur Bestimmung des Blut-Metaboloms und Proteoms in der Wettkampfperiode. Parallel erfolgten die sportpsychologischen Fragebögen.

Um herauszufinden, inwiefern sich die Metabolitenkonzentrationen im Blut der alpinen Skifahrer bei mentaler und/oder physischer Ermüdung verändern, wurden die DBS mittels einer Metabolom-Analyse am Helmholtz Zentrum München ausgewertet. Bei der Metabolomics-Messung wurden zwei separate Reverse Phase (RP)/UPLC-MS/MS Methoden mit positiver Ion Mode Elektrospray Ionisation (ESI) und einer (RP)/UPLC-MS/MS mit negativer Ion Mode ESI durchgeführt. Hierbei wurde eine Waters ACQUITY Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (Engl: ultra-performance liquid chromatography (UPLC)) und ein Thermo Scientific Q-Extractive high resolution Massenspektrometer verbunden mit einer heizbaren Elektrospray Ionisationsquelle und einem Orbitrap Massenanalysator verwendet. Vor den UPLC-MS/MS Durchgängen wurden die getrockneten Probenextrakte mit 40 µl Lösungsmittel aufgenommen, welche eine Reihe von Standards in festgelegten Konzentrationen enthielten. Um Handling-Fehler zu reduzieren, wurden die Pipettierschritte mit Hilfe eines automatisierten MicroLab STAR® Roboters (Hamilton Bonaduz AG, Bonaduz, Schweiz) durchgeführt. Zur Messung der Konzentrationen inflammatorischer Protein-Marker im Blut der Athleten, wurden die gesammelten Blutproben mittels des Olink® Target 96 Inflammation Panels (Olink Proteomics AB, Uppsala, Schweden) analysiert.

3 Ergebnisse

Zunächst wollten wir Fluktuationen in der Müdigkeit während einer Saison messen. Hierzu haben wir Fragebogen-Analysen durchgeführt. Die Resultate für Müdigkeit und für Tatendrang sind in Abb. 1 dargestellt. Hier zeigt sich, dass beide Faktoren über die Saison hinweg variieren.

Wir haben des Weiteren Metabolite im Blut der Probandinnen und Probanden gemessen. Einige ausgewählte Metaboliten sind in Abb. 2 dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl die Ermüdung als auch Blutmetaboliten über eine Saison hinweg stark variieren.

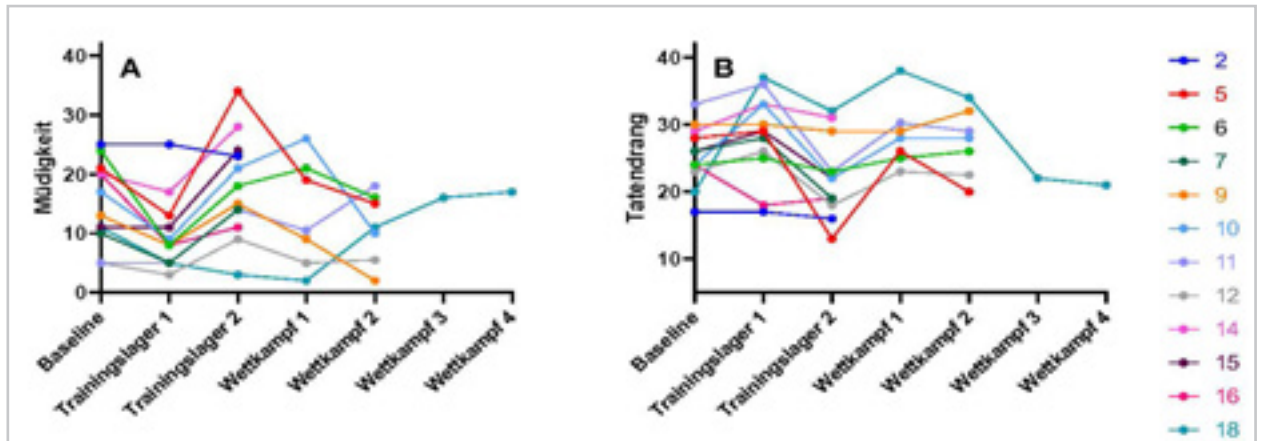


Abb. 1: Zeitlicher Verlauf der individuellen Scores für die Skalen Müdigkeit (A) und Tatendrang (B) des Profile of Mood States (McNair et al., 1981) über den gesamten Studienzeitraum. Ein Skalenwert von 0 indiziert keinerlei Müdigkeit bzw. Tatendrang, wohingegen ein Skalenwert von 42 maximale Müdigkeit bzw. Tatendrang signalisiert.

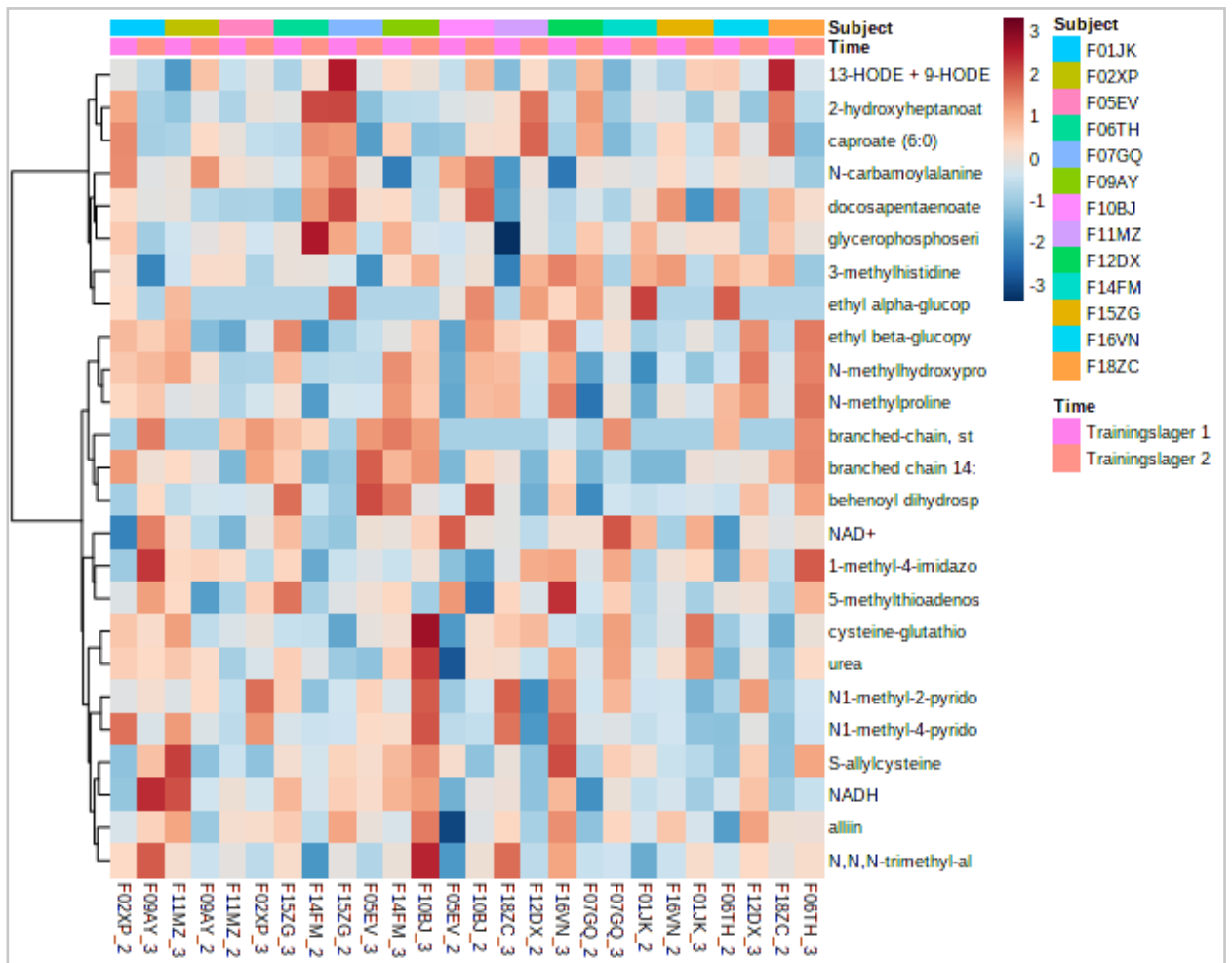


Abb. 2: Heatmap der 25 Top Metabolite, deren log₂ Konzentrationen sich während des Trainingslagers im Blut alpiner Leistungssportler signifikant verändert haben. Rot zeigt einen Anstieg in der log₂ Metaboliten-Konzentration, wohingegen Blau eine Verringerung signalisiert.

Über das gesamte Studienkollektiv konnten wir noch nicht zeigen, ob es eine Assoziation z. B. zwischen bestimmten Metaboliten und Ermüdung gibt, deshalb müssen die Daten zudem auf individueller Ebene detaillierter untersucht werden.

4 Diskussion

Massenspektrometrie-basierte Methoden wie z. B. Metabolomics und Proteomics erlauben es, Tausende Moleküle im Blut von Athleten bzw. Athletinnen zu messen. Die hier vorliegende Metabolomics- und Proteomicsstudie ist unseres Wissens die erste Feldstudie überhaupt, die Änderungen von Metaboliten- und Proteinkonzentrationen während einer Saison bei Leistungssportlerinnen und Leistungssportlern dokumentiert und die die Konzentrationen dieser Moleküle mit Fragebogendaten assoziiert. Unsere Ergebnisse zeigen, dass sich Metaboliten- und Proteinkonzentrationen im Blut sowie die Ermüdung während einer Saison ändern. Aufgrund der insbesondere durch die COVID-19-Pandemie bedingten Verzögerungen und aufgrund der großen Datenmenge waren wir noch nicht in der Lage die Konzentrationen dieser Moleküle mit Daten zur körperlichen und mentalen Erschöpfung zu korrelieren, was die Forschungsfragen des Projekts waren.

Diese Pionier-Studie hat auch die Hürden aufgezeigt, die methodisch bei der Massenspektrometrieanalyse von Blutproben von Athletinnen und Athleten im Feld überwunden werden müssen:

- Die Forscherinnen und Forscher müssen robuste Methoden entwickeln, damit Trainerinnen und Trainer das Blut ohne viel Aufwand und Technologie (vergleichbar zur Laktatbestimmung) entnehmen und stabil lagern können. Hier bietet sich die „Dried Blood Spots“ Methode an, die weiter validiert werden muss.
- Bei der Analyse ist man von hochqualifizierten Massenspektrometrie-Spezialisten und Bioinformatikern abhängig, und

unsere Studie hat gezeigt, dass dies Monate dauern kann. Dies ist nicht akzeptabel, wenn man im Leistungssport mit Massenspektrometrie möglichst sofort Probleme identifizieren möchte, die die Leistung reduzieren, um dann im zweiten Schritt diese Probleme durch spezielle Interventionen zu eliminieren. Sollte gezeigt werden, dass Massenspektrometrie-Methoden tatsächlich Leistungs-beeinflussende Probleme identifizieren können, so dass sich ein genügend großer Wettbewerbsvorteil ergibt, dann müssen hier Infrastruktur und Kompetenzen aufgebaut werden, die eine schnelle Probenanalyse garantieren.

Zusammengefasst ist dieses Projekt eine Pionierarbeit, die zum ersten Mal Massenspektrometrie-Methoden zur Blutanalysen von Athletinnen und Athleten benutzt. Die Analysen zeigen, dass sich im Jahresverlauf die Konzentrationen von Metaboliten und Proteinen ändern. Aber es sind weitere Analysen erforderlich, um zu untersuchen ob z. B. Metaboliten- und/oder Protein-Konzentrationen mit Ermüdung oder Erschöpfung assoziiert sind. Die Studie zeigt auch Hürden auf, die bei Routine-Massenspektrometrie-Untersuchungen im Leistungssport überwunden werden müssen.

5 Literatur

- McNair, D., Lorr, M., Droppleman, L. F., Biehl, B., & Dangel, S. (1981). Profile of Mood States (Dt. Bearbeitung). In *Collegium Internationale Psychiatriae Salarum*, (Beltz).
- Schranner, D., Schönfelder, M., Römisch-Margl, W., Scherr, J., Schlegel, J., Zelger, O., Riermeier, A., Kaps, S., Prehn, C., Adamski, J., et al. (2021). Physiological extremes of the human blood metabolome: A metabolomics analysis of highly glycolytic, oxidative, and anabolic athletes. *Physiological reports* 9, e14885. <https://doi.org/10.14814/phy2.14885>

Metabolische, mechanische und psychologische Quantifizierung von Trainings- und Wettkampfbelastungen der weiblichen Bundeskader im Kunstturnen

(AZ 072011/20-21)

Lukas Zwingmann^{1,2} & Patrick Wahl^{1,2} (Projektleitung)

¹Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik, Abt. Leistungsphysiologie

²Deutsche Sporthochschule Köln, Das Deutsche Forschungszentrum für Leistungssport Köln (momentum)

1 Einleitung

Neben subjektiven Instrumenten wie dem Session Rating of Perceived Exertion (sRPE) erhalten objektive Messverfahren von körperlicher Belastung und Beanspruchung derzeit noch wenig Einzug in das Trainings- und Wettkampfmonitoring von kompositorischen Sportarten (Bradshaw & Hume, 2012), obwohl die Kombination mehrerer Methoden gegenüber der isolierten Nutzung einer einzigen sinnvoll erscheint (Gabbett et al., 2017). Im Bundeskader der deutschen Kunstturnerinnen fehlen daher bislang adäquate Möglichkeiten, die Belastungsverträglichkeit der Athletinnen einzuschätzen und zu steuern. Die gängige Analyse von Herzfrequenzbasierten Intensitätsverteilungen erscheint im Hinblick auf die intermittierenden, mechanischen Eigenheiten des Turnens allerdings allein nicht ausreichend.

In Spisportarten werden mit zunehmender Verbreitung triaxiale Beschleunigungssensoren eingesetzt, anhand derer valide Indikatoren der externalen, mechanischen Belastung abgeleitet werden können (Jaspers et al., 2018). Der sogenannte akkumulierte Player Load ist einer dieser Indikatoren und ergibt sich aus den Quadratsummen der Beschleunigungsänderungen in x-, y- und z-Richtung im Verlaufe einer Trainingseinheit. Zum Einsatz von Accelerometern im Kunstturnen existiert bislang lediglich ein Tagungsbericht von Beatty et al. (2006), legt aber deren Nutzen in einer Sportart wie dem Kunst-

turnen dar, in der Trainingsintensitäten nicht über Geschwindigkeits- oder Leistungsdaten abgegriffen werden können. Aus diesen neuen Möglichkeiten, die sich auch in azyklischen Sportarten anwenden lassen, ergibt sich die nachfolgende Herangehensweise zur Evaluation und Implementierung von Steuerungsgrößen in das Training der deutschen Kunstturnerinnen, in Kombination mit metabolischen Leistungsdiagnostiken und Wettkampfsimulationen.

2 Methoden

Die Inhalte des Projekts bestanden aus

- › Ausdauerleistungsdiagnostiken zur Bestimmung der kardiorespiratorischen Maximalwerte,
- › dem Monitoring des regelmäßigen Trainings der Athletinnen sowie
- › der Bewertung der individuellen metabolischen Beanspruchung während eines simulierten Wettkampfs im Zusammenhang mit der einleitend ermittelten Ausdauerleistungsfähigkeit.

In den nachfolgenden Ausführungen wird nur auf die Trainingsevaluation eingegangen. Informationen und Daten zur Ausdauerleistungsdiagnostik sowie der Simulation des Wettkampfes werden nicht angeführt.

Getestet wurden insgesamt 20 Athletinnen aus 6 Standorten (Körperhöhe: $156,2 \pm 8,0$ cm, Körpermasse: $47,9 \pm 8,4$ kg, Alter: $16,8 \pm 5,0$ Jahre). Davon waren 5 Athletinnen Mitglieder des Olympiakaders (OK), 12 waren Mitglieder des Perspektivkaders (PK) und 3 waren Mitglieder des Nachwuchskaders 1 (NK1).

Die Trainingsevaluation bestand aus drei Teilen:

- (A) präzise Protokollierung der Trainingsinhalte,
- (B) Erfassung von Trainingsbelastungen anhand von Herzfrequenz und Beschleunigung des Rumpfes,
- (C) subjektive Bewertung der Athletinnen zu ihrem akuten Wohlbefinden.

Die Daten aus (A) und (B) wurden retrospektiv verarbeitet, die Daten aus (C) wurden online übermittelt und standen tagesaktuell zur Verfügung.

2.1 Trainingsprotokolle

Erfasst wurden die Trainingsdauer, Trainingsinhalte und sRPE. Die Trainingsinhalte wurden kategorisiert nach Erwärmung, Athletik, Boden, Schwebebalken, Sprung, Stufenbarren und Trampolin. Jede Kategorie beinhaltete weitere Unterkategorien. Durch Angabe von Uhrzeiten je (Sub)Kategorie wurden die Anteile der Trainingsinhalte an der Gesamttrainingsdauer definiert und die simultan erfassten Beschleunigungsdaten synchronisiert. Nach jeder Trainingseinheit wurde das subjektive Belastungsempfinden der Athletinnen anhand der modifizierten Borg-Skala (d. h. 1 = „sehr sehr leicht“, 10 = „sehr, sehr anstrengend“) erfasst (Foster et al., 2001). Durch Multiplikation mit der Trainingsdauer ergab sich zudem eine sRPE basierte Training Load.

2.2 Externale & internale Belastung

Die Beschleunigungs- und Herzfrequenzdaten wurden mithilfe einer Wearable Technologie aufgezeichnet (Vector S7, Catapult Group International Ltd, Melbourne, Australien), die in einer dünnen, enganliegenden Weste unter dem Turnanzug getragen wurde. Lineare und Winkelbeschleunigungen wurden mittels triaxialen Accelerometern aufgezeichnet und Mikrobewe-

gungen mittels inertialer Messeinheiten (Inertial Movement Analysis, IMA). Die Daten wurden auf den Sensoren gespeichert und nachträglich exportiert. Nach Abschluss des Messzeitraums wurden einige Parameter durch eine automatisierte Software berechnet (OpenField Console, Catapult Group International Ltd, Melbourne, Australien), andere mithilfe von MATLAB (The MathWorks Inc., Natick, MA, USA) und Microsoft Excel (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA).

Untersucht wurden der Akkumulierte Player Load (PL), die durchschnittliche Trainingsintensität (PL/min), die Anzahl niedrig- bis hochintensiver Aktionen sowie die Herzfrequenz. Die Bewegungsaktionen wurden in zwei Kategorien aufgeteilt:

- › Aktionen in der anterior-posteroren/medio-lateralen Ebene,
- › Sprünge in vertikaler Richtung.

Start- und Endpunkt jeder Aktion wurden durch Überlagerung des Rohsignals mit einer polynomischen Glättung derselben identifiziert. Jede Aktion, die länger als 0,5 s andauerte und in einer bestimmten Geschwindigkeits- bzw. Wegänderung resultierte, wurde als niedrig-, mittel- oder hoch-intensive Aktion definiert. Aktionen, die in der anterior-posteroren/medio-lateralen Ebene stattfanden, wurden nach der Geschwindigkeitsänderung eingeteilt: 1,5 – 2,5 m/s (niedrig-intensiv), 2,5 – 3,5 m/s (mittel-intensiv) und > 3,5 m/s (hoch-intensiv). Sprünge hingegen wurden anhand der Wegänderung eingeteilt: > 0,2 m (niedrig-intensiv), 0,2 – 1,0 m (mittel-intensiv) und > 1,0 m (hoch-intensiv).

2.3 Kurzsкала zur Erfassung von Erholung & Beanspruchung

Der akute Erholungs- und Beanspruchungszustand einer Athletin wurde innerhalb der ersten Stunde nach dem morgentlichen Aufstehen anhand eines validierten psychologischen Fragebogens namens „Kurzsкала zur Erfassung von Erholung und Beanspruchung (KEB)“ gemessen (Hitzschke et al., 2015). Die KEB setzt sich aus zwei Subkategorien (Erholung und Beanspruchung) zusammen, die jeweils 4 Items mit einer Skala von 0 (trifft gar nicht zu) bis 6 (trifft voll

zu) beinhalten. Der Fragebogen wurde über ein browserbasiertes Fragebogentool bereitgestellt (SoSci Survey GmbH) und konnte pseudonymisiert via Smartphone, Tablet oder PC ausgefüllt werden.

3 Ergebniszusammenfassung

3.1 Trainingsevaluation

Die Kunstturnerinnen trainierten durchschnittlich $2,4 \pm 0,7$ Stunden pro Einheit und $17,4 \pm 6,4$ Stunden pro Woche. Die mittlere Anzahl an Einheiten pro Woche belief sich auf $7,2 \pm 2,5$. Der mittlere PL lag bei 422 ± 147 pro Einheit und bei 3.027 ± 1.259 pro Woche. Während der Variationskoeffizient (CV) der Trainingsdauer pro Einheit bei 25,9 % lag, schwankte der PL pro Einheit um 34,8 %. Die mittlere Trainingsintensität, gemessen anhand des PL/min, belief sich auf $2,96 \pm 0,72$ und schwankte um 24,4 %. Der Stufenbarren nahm den prozentual größten Anteil an der Gesamttrainingsdauer ein und variierte im Verhältnis zu den anderen Geräten gleichzeitig wenig.

Die größte Variabilität wies das Athletiktraining auf, das sich deutlich zwischen den untersuchten Standorten unterschied. Auf Grundlage des Player Loads machte hingegen allein das Aufwärmen rund ein Viertel und damit den größten Anteil der Trainingsbelastung aus. Die kleinsten Anteile hatten jeweils das Trampolin und der Sprungtisch.

Die Zählung der niedrig bis hoch-intensiven Aktionen zeigte, dass am Stufenbarren und Trampolin durchschnittlich die meisten Aktionen erfolgten. Die hohe Anzahl von fast 250 Aktionen auf dem Trampolin, mit einem großen Anteil im hoch-intensiven Bereich, ist dabei vor allem durch die wiederholten Sprünge zustande gekommen, die in vielen Fällen in einer Sprunghöhe von über 1,0 m resultierten und somit als intensiv eingestuft wurden. An den anderen Geräten lag die mittlere Anzahl an Aktionen zwischen 50 und 100. Auffällig am Boden, Schwebebalken und Sprungtisch ist, dass auch hier die Anzahl an hoch-intensiven Aktionen gegenüber niedrig- und mittel-intensiven Aktionen überwog (Abb. 1).

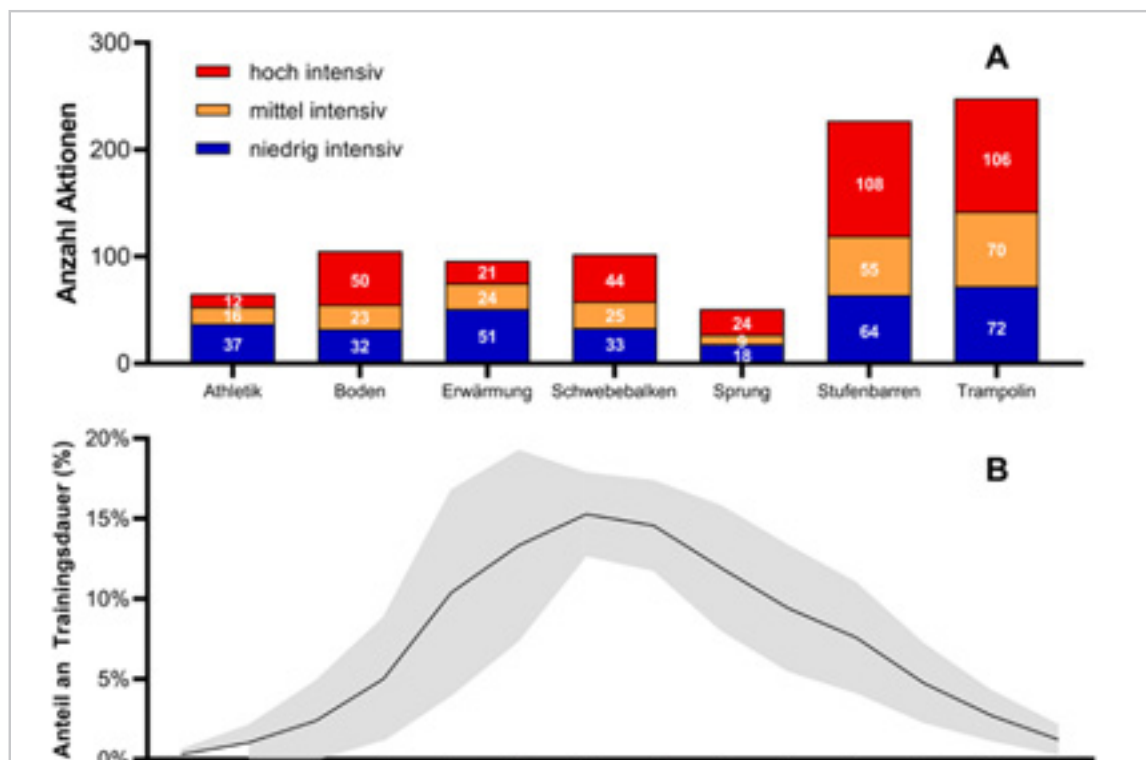


Abb. 1: (A) Durchschnittliche Anzahl an niedrig- bis hoch-intensiven Aktionen je Gerät bzw. Trainingsform. Einbezogen wurden sowohl Aktionen in anterior-posteriorer/medio-lateraler Richtung als auch Vertikalsprünge. (B) Durchschnittliches Trainingskonzentrationsprofil basierend den Herzfrequenzbereichen in Prozent der maximalen Herzfrequenz.

Die Herzfrequenzen lagen in 83,7 % der Trainingsdauer in einem niedrig-intensiven ($< 80\%$ der maximalen Herzfrequenz [HF_{max}]), zu 12,4 % in einem mittel-intensiven ($80-90\% HF_{max}$) und nur zu 4,0 % in einem hoch-intensiven Bereich ($> 90\% HF_{max}$). Die mittlere Herzfrequenz lag in dieser Stichprobe bei 126 ± 11 bpm bzw. bei $66,4 \pm 4,8\%$ der HF_{max} . Dies verdeutlicht nochmals die zu Beginn beschriebene Problematik, dass intensive Aktionen aufgrund ihrer kurzen Dauer nicht immer zu einem signifikanten Anstieg metabolischer Kenngrößen führen und Herzfrequenzen daher nur unzureichend die Trainingsbelastung widerspiegeln.

Auch die Aufbereitung des Session-RPE Ratings ergab, dass sich dieser Parameter allein nicht für eine differenzierte Beurteilung der Trainingsbelastungen eignete. Dieser Umstand basiert auf der zu geringen Variabilität der Antworten, die die Athletinnen zu den täglichen Trainingseinheiten abgaben. Es fehlte somit eine adäquate Ausdifferenzierung. Die Athletinnen antworteten in 49,6 % der Fälle mit einem Wert von 7. Zu 27,7 % antworteten sie mit 6 und zu 11,3 % antworteten sie mit 8. Antworten zwischen 1 und 5 bzw. 9 und 10 waren sehr selten dokumentiert worden. Hieraus ergibt sich unmittelbar und langfristig der Bedarf eines Umdenkens bezüglich der Trainingsdokumentation.

3.2 Zusammenhänge der Trainingsparameter

Abb. 2 ist zu entnehmen, dass die mechanische Gesamtbelastung, gemessen anhand des PL, hoch mit der Trainingsdauer korrelierte. Wie zuvor beschrieben, variierte die durchschnittliche Trainingsintensität um 24,4 %. In Verbindung mit der vorliegenden Varianzaufklärung von 71,5 % lassen sich die mechanischen Belastungen annähernd vollständig anhand der Trainingsdauer und der wechselnden Durchschnittsintensitäten erklären.

Auf der anderen Seite zeigten die vorangegangenen Analysen bereits, dass die Herzfrequenz als metabolischer Belastungsparameter ungeeignet erscheint. Diese Suggestion wird auch anhand der Pearson-Korrelation deutlich. Und ebenso der Training Load korreliert nur gering mit dem PL.

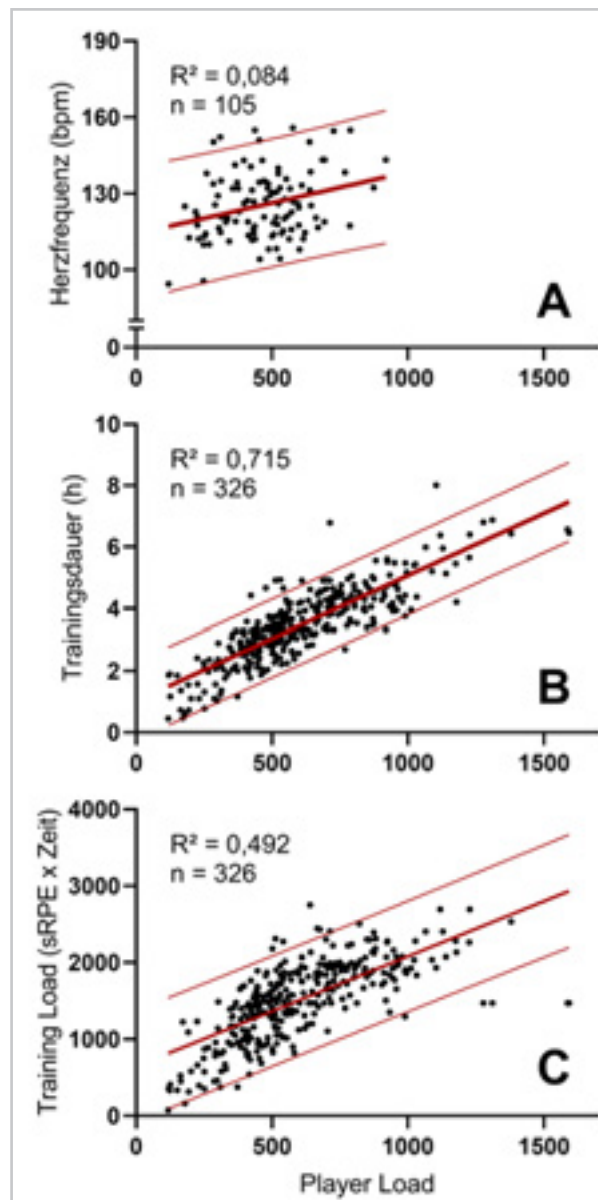


Abb. 2: Korrelationen zwischen (A) mittlerer Herzfrequenz, (B) Trainingsdauer sowie (C) Training Load und Player Load. Rote Linien – 95 % Vorhersagebänder.

In Anbetracht dessen erscheint vor allem die Dokumentation der Trainingsdauer als valide Möglichkeit, die trainingsinduzierten Belastungen künftig besser abzuschätzen.

3.2 Kurzskala Erholung & Beanspruchung

Im Wesentlichen sollte überprüft werden, inwieweit die Trainingsbelastung eines Tages mit der subjektiv wahrgenommenen Erholung und Beanspruchung am darauffolgenden Tag zusammenhängt. Die Daten aus PL, Training Load, Trainingsdauer, Anzahl explosiver Aktionen sowie allen Items der KEB wurden dazu tageweise für die ersten 20 Tage jeder Messreihe gemittelt und anhand von Kreuzkorrelationen analysiert. Zusätzlich zu den einzelnen Items der KEB wurden auch die mittlere Erholung und Beanspruchung durch Mittelung der jeweils vier zugehörigen Items berechnet. Da die Erholung und Beanspruchung nicht immer asymmetrisch verliefen, wurde zudem ein Index aus der mittleren Erholung und mittleren Beanspruchung gebildet und ebenfalls analysiert.

4 Fazit

Anhand der hier durchgeführten Trainingsevaluation konnten die Trainingsmodalitäten von deutschen Elite-Turnerinnen charakterisiert und zwischen den Kadern und Standorten verglichen werden. Es zeigte sich u. a., dass sich die Trainingsvolumina, gemessen an dem PL sowie den Trainingszeiten, kaum zwischen den Kadern unterschieden, sehr wohl aber zwischen den Standorten. Dies erklärt sich sehr wahrscheinlich dadurch, dass die Kader zu großen Teilen gemeinsam trainieren, je nach Standort aber unterschiedlich betreut und im Hinblick auf die Trainingsinhalte entsprechend unterschiedlich gesteuert werden. In diesem Zusammenhang wären längere Studienzeiträume sinnvoll gewesen, um phasenbedingte Umfangsänderungen sowie Verschiebungen in den Trainingsinhalten abzubilden.

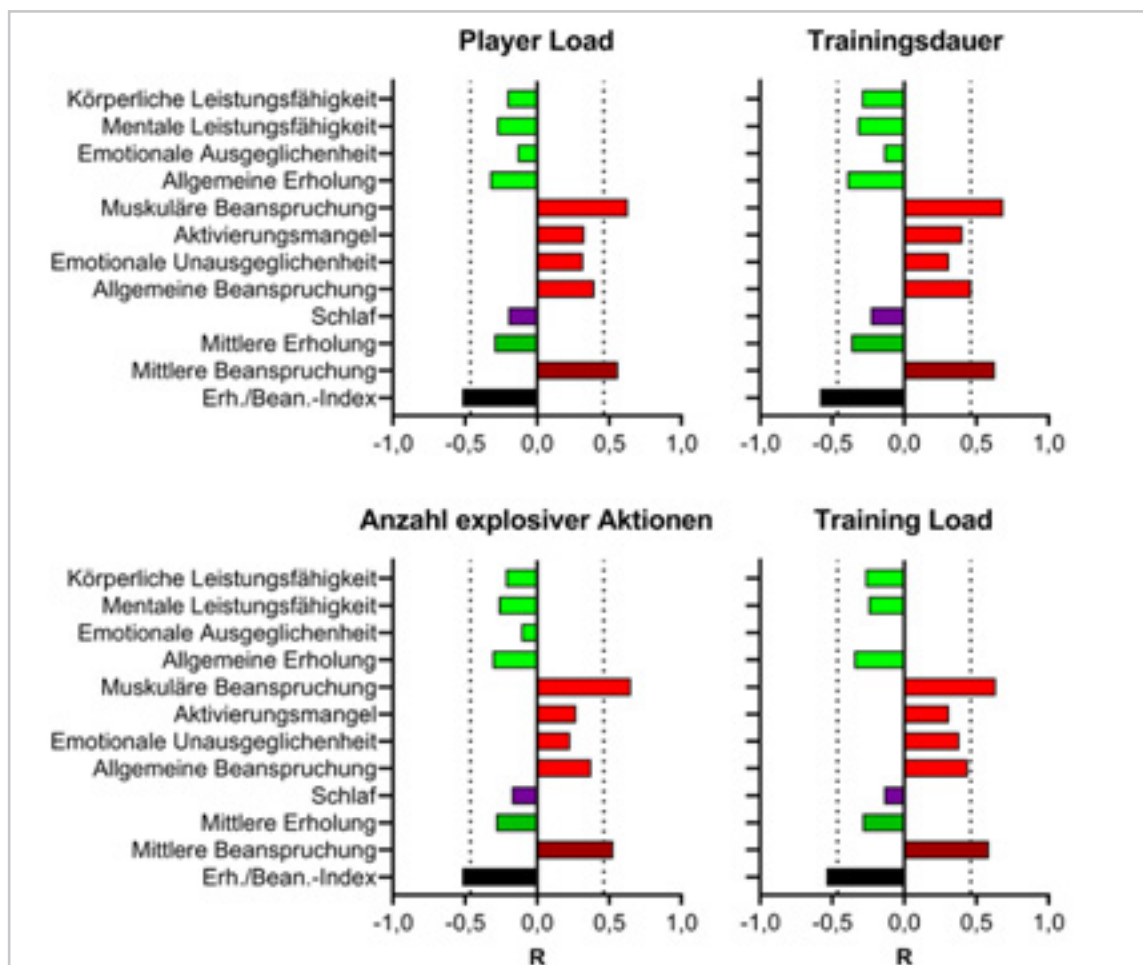


Abb. 3: Kreuzkorrelationen von Player Load, Trainingsdauer, Training Load und Anzahl explosiver Aktionen gegenüber den einzelnen und gemittelten Items der Kurzskala für Erholung und Beanspruchung jeweils ein Tag nach einer Trainingsbelastung (Lag 1), gemittelt über 10 Athletinnen. Gestrichelte Linien – 90 % Konfidenzintervalle.

Im Rahmen dieses Service-Forschungsprojektes musste jedoch ein Kompromiss aus adäquaten Zeiträumen und notwendiger Stichprobengröße gefunden werden.

Die Messungen boten den Trainerinnen und Trainern Möglichkeiten, die geplanten Trainingsinhalte und -volumina mit den realen Belastungen abzugleichen. Insgesamt war die Akzeptanz der Athletinnen für das regelmäßige Tragen der Sensorik allerdings durchwachsen. Nach heutigem Stand ist daher nicht mit einer routinemäßigen Implementierung in dieser Sportart zu rechnen. Als Alternative erwies sich aber mit erstaunlich hoher Korrelation die Trainingsdauer als nutzbares Äquivalent zum PL, das nicht nur die Belastungen besser abbildete als das sRPE Rating, sondern auch eine detailliertere Ausdifferenzierung der Trainingsinhalte ermöglichte.

Die KEB ist in Abhängigkeit zur betrachteten Athletin unterschiedlich zu bewerten. Bei denen, die die Skala konsequent nutzten, waren Verläufe in der Erholung und Beanspruchung zu erkennen, die in einem klaren Zusammenhang zur vorausgegangenen Trainingsbelastung standen und Trainerinnen und Trainern langfristig wertvolle Hinweise für die Trainingssteuerung geben könnten. Bei anderen Athletinnen zeigten sich, trotz wechselnden Trainingsumfangs, keine nennenswerten Schwankungen bei den bewerteten Items, die sich anhand der objektiven Messverfahren erklären ließen; ein Problem, das aufgrund der subjektiven Wahrnehmung der Athletinnen nicht vollkommen zu lösen ist. Übergeordnet korrelierten aber dennoch vor allem die muskuläre Beanspruchung sowie die berechneten Indizes mit den unterschiedlichen Belastungsparametern. Deutlich wurde anhand der KEB auch, dass die Athletinnen eine durchschnittlich mittlere bis gute Schlafqualität, mittlere bis niedrige Beanspruchungswerte sowie mittlere bis hohe Erholungswerte aufwiesen.

Keine Athletin tendierte in eine extreme Richtung, was eine grundsätzlich hohe Ausgewogenheit zwischen Belastung und Entlastung suggeriert. Dennoch wären ebenso hier längere Messzeiträume erstrebenswert gewesen, um mögliche Verschiebungen im Zusammenhang mit Trainingsumfangsänderungen zu analysieren. So oder so erwies sich die KEB aber als praktikables und weitestgehend akzeptiertes Tool für das Athletinnenmonitoring.

5 Literatur

- Bradshaw, E. J., & Hume, P. A. (2012). Biomechanical approaches to identify and quantify injury mechanisms and risk factors in women's artistic gymnastics. *Sports Biomechanics*, 11(3), p. 324-341.
- Gabbett, T. J. et al. (2017). The athlete monitoring cycle: a practical guide to interpreting and applying training monitoring data. *British Journal of Sports Medicine*, 51(20), p. 1451-1452.
- Jaspers, A. et al. (2018). Examination of the external and internal load indicators' association with overuse injuries in professional soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 21(6), p. 579-585.
- Beatty, K., McIntosh, A., & Frechede, B. (2006). Method for the detection of fatigue during gymnastics training. In M. Heller et al. (Eds.) *XXIV International Symposium on Biomechanics in Sports*. University of Salzburg: Salzburg.
- Foster, C., et al. (2001). A new approach to monitoring exercise training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(1), p. 109-115.
- Hitzschke, B., et al. (2015). Entwicklung der Kurzsкала zur Erfassung von Erholung und Beanspruchung im Sport (KEB). *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 22(4), S. 146-161.

Entwicklung eines praxistauglichen Systems zur automatischen Erfassung der Trainingsbelastung im Beach-Volleyball

(AZ 072012/20-21)

Christian Rasche, Benjamin Groh & Mark Pfeiffer (Projektleitung)

Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Institut für Sportwissenschaft

1 Problemhinführung

Das beantragte Projektvorhaben geht auf eine Initiative des Deutschen Volleyball-Verbandes (DVV) zurück und schließt an das vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) geförderte Projekt „Entwicklung einer Methode zur Sprungbelastungsmessung im Beach-Volleyball Training“ (AZ: ZMVI4-072023/18) an. Es konnte dabei gezeigt werden, dass im Unterschied zum Hallenvolleyball aufgrund des sandigen Bodenuntergrunds und der Spielstruktur (3-Kontaktregel, zwei Personen pro Team) neben den Sprüngen vor allem kurze Antritte, schnelle Seitbewegungen und Hechtbewegungen mit direkter Anschlussaktion maßgeblich die Trainingsbeanspruchung der Spielerinnen und Spieler bestimmen (Pelzer et al., 2020; Pfeiffer et al., 2019). Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse wurde seitens des DVV ein Forschungs- und Entwicklungsbedarf im Bereich der Trainingsdokumentation, insbesondere der automatisierten Belastungserfassung im Beach-Volleyball, gesehen. Mit dem Belastungsmonitoring greift der DVV ein aktuell auch in der Sportwissenschaft viel diskutiertes Themenfeld auf (Schwellnus et al., 2016; Soligard et al., 2016). Für eine zeitnahe Optimierung der individuellen Trainingssteuerung, was die Verletzungsprophylaxe einschließt, wird kurzfristig eine wissenschaftliche Unterstützung der Trainingspraxis bei der Entwicklung einer praxistauglichen Lösung zur automatisierten Erfassung der sportartspezifischen Trainingsbelastung benötigt.

Um die Trainingsbelastung (external load) im Beach-Volleyball zu erfassen, wurden bislang die Häufigkeit und Dauer von Spielaktionen vorrangig über Spielbeobachtungsverfahren

erfasst (Bahr & Bahr, 2014; Medeiros et al., 2014; Palao et al., 2015). Palao et al. (2015) erstellten beispielsweise in einer videobasierten Studie mittels eines Kategoriensystems eine spieler-spezifische (Angriff vs. Abwehr) Übersicht von Ballkontakten, Sprüngen, Angriffsschlägen, Pausen- und Ballwechselzeiten für 43 Partien im Beach-Volleyball der Olympischen Spiele von 2008. Neben der originären Belastungskontrolle bzw. -steuerung wurden solche Verfahren auch zur Risikobewertung volleyballspezifischer Verletzungen im Hallenbereich eingesetzt (Bahr & Bahr, 2014). Allerdings sind zur Aktionserfassung im Sportspieltraining die bislang vorgestellten Beobachtungsansätze (videobasiert oder teilnehmend), ob manuell oder automatisiert getaggt, aufgrund des enormen Zeit- und Organisationsaufwandes kaum für den trainingsprozessbegleitenden Routineeinsatz geeignet (Charlton et al., 2017; Kautz et al., 2017). Insbesondere im Hallenvolleyball wurden daher in den letzten Jahren erste Ansätze zur automatisierten Belastungserfassung (Fokus auf Sprungaktionen) mittels Inertialsensoren entwickelt (Charlton et al., 2017; Gageler et al., 2015; Jarning et al., 2015; Kautz et al., 2017; MacDonald et al., 2017; Salim et al., 2019; Wang et al., 2018), auf deren Basis unter Zuhilfenahme entsprechender Analyseverfahren ein aufwandsarmes, rückwirkungsfreies und kostengünstiges Monitoring der Belastung umgesetzt werden kann. Für das Hallenvolleyball werden von kommerziellen Anbietern bereits Produkte für eine automatisierte Belastungserfassung als Komplettsystem von der Datenerfassung über die -analyse bis hin zur Ergebnisdarstellung angeboten (u. a. VERT, OPTIMEYE, KINEXON).

Allerdings sind die technischen Spezifikationen und die Auswertungsalgorithmen nicht öffentlich oder veränderbar, der Zugriff auf die Rohdaten nicht möglich und der Anschaffungspreis verhältnismäßig hoch. Daher stellen solche geschlossenen, proprietären Produkte keine zeitnahe Lösungsoption für die einleitend genannten Probleme im Beach-Volleyball dar.

Aus dem Forschungs- und Technikstand wird als Ziel für das Projektvorhaben die Entwicklung eines praxistauglichen, kostengünstigen Systems für die automatisierte Erfassung der Trainingsbelastung im Beach-Volleyball abgeleitet. Die Trainingsbelastung soll über die Aktionsart aufgeteilt in Basistechniken, Sprungaktionen und Abwehraktionen sowie deren Häufigkeiten abgebildet bzw. quantifiziert werden.

2 Methode

Die Bearbeitung der Zielstellung erfolgte in folgenden vier Arbeitsschritten:

- Datenerhebung
- Datenorganisation und -aufbereitung
- Datenanalyse (Ereigniserkennung und Aktionsklassifikation)
- Systemimplementierung

2.1 Datenerhebung

2.1.1 Studiensetting

Abgeleitet aus der Wettkampfstruktur des Beach-Volleyballs wurden charakteristische Bewegungstypen und exemplarische Ausprägungen identifiziert (siehe Tab. 1) und anschließend in einer strukturierten Spielform kombiniert und wiederholt durchgeführt.

Die in einem typischen Ballwechsel im Beach-Volleyball vorkommenden Aktionen sind in chronologischer Reihenfolge: Aufschlag, Annahme/Abwehr, Zuspiel, Angriff mit Block und eventuell anschließend die sich mehrfach wiederholende Abfolge von Abwehr, Zuspiel und Angriff mit Block. Dieser Ablauf wurde in den Grundzügen unter standardisierten Bedingungen nachempfunden und in zwei Positionen durchgeführt (siehe Tab. 2, S. 3).

2.1.2 Studiendurchführung

Die Hauptuntersuchung wurde mit neun Spielern (intern./nationales Leistungsniveau, zwei Linkshänder, sieben Rechtshänder) auf einer wettkampftauglichen Anlage durchgeführt. Jeder Proband absolvierte beide Positionen jeweils vier Mal, wobei jeder Durchgang auf einer Position aus acht Wiederholungen der entsprechenden Aktionen bestand. Insgesamt resultierten daraus also $4 \text{ mal } 8 = 32$ Wiederholungen pro Aktion pro Proband. Eine Ausnahme bilden die mit * markierten Aktionen, die jeweils in den in der Klammer spezifizierten Varianten durchgeführt wurden, sodass hier nur jeweils 16 Wiederholungen pro Proband vorliegen.

2.1.3 Messsystem

Die Datenerfassung und -aufzeichnung erfolgte mittels mobiler Inertial-Sensorik der Fa. Movesense und Kaasa solution GmbH. Zwei Probanden wurden gleichzeitig mit einem Messsystem ausgestattet, welches jeweils aus einem mobilen Endgerät (Tablet/Smartphone), der Data Collector 2.0 Software und drei Movesense-Sensoren bestand. Ein einzelner Movesense-Sensor hat eine Größe von $36,6 \times 36,6 \times 10,6$ Millimeter, ein Gewicht von 10 Gramm und beinhaltet einen Chipsatz (Nordic Semiconductor nRF52832) mit 64 kB RAM und 512 kB FLASH-Speicher.

Tab. 1: Charakteristische Bewegungstypen und exemplarische Ausprägungen im Beach-Volleyball

Basistechniken ohne Sprung	Sprungaktionen	Abwehraktionen
<ul style="list-style-type: none"> • oberes Zuspiel (pritschen) • unteres Zuspiel (baggern) • Aufschlag aus dem Stand 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufschlag aus dem Sprung (Drive/Float) • Angriff (Smash, Cut, Poke) Block 	<ul style="list-style-type: none"> • Annahme/Abwehr (ein-/zweiarmlig) • Antritt/Sprint intensive Abwehraktion mit Hechtbewegung/Sandkontakt

Tab. 2: Die in der strukturierten Spielform abgebildeten Aktionen pro Position. Mit * markierte Aktionen wurden anteilig mit den in der Klammer spezifizierten Varianten durchgeführt.

Aktionen Position 1	Aktionen Position 2
<ul style="list-style-type: none"> • Aufschlag (mit/ohne Sprung)* • Abwehraktion im Stand • Angriffsschlag (Smash) 	<ul style="list-style-type: none"> • oberes Zuspiel • Block (aus dem/der Stand/Bewegung)* • Abwehraktion mit Hechtbewegung

Die in der Studie genutzte Sensorik umfasste ein 3D-Accelerometer (ACC, ± 16 g) und ein 3D-Gyroskop (GYRO, ± 2000 dps). In Abb. 1 ist die Ausrichtung der x-, y- und z-Dimension relativ zum Sensor dargestellt. Jeder Proband trug jeweils einen Movesense-Sensor an beiden Oberarmen und einen am Brustgurt. Die Aufzeichnungsfrequenz der IMU-Daten (ACC und GYRO) lag bei 104 Hz. Ergänzend wurden alle Aktionen per Video aufgezeichnet.

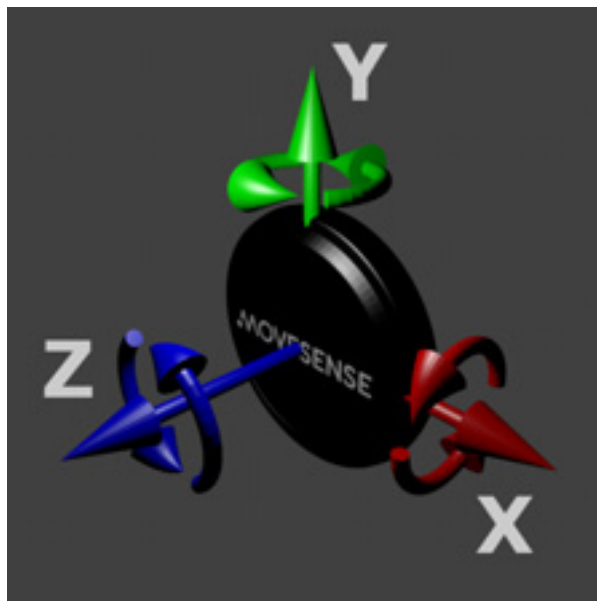


Abb. 1: Die relative Ausrichtung der x-, y- und z-Dimensionen eines Movesense-Sensors. Die Pfeile indizieren jeweils die positive Dimension der gemessenen Beschleunigung (gerade Pfeile) sowie Winkelgeschwindigkeitsdaten (gekrümmte Pfeile).

2.1.4 Datenannotation

Um für die Methodenentwicklung (Aktionserkennung und -klassifikation) und Methodenvalidierung die IMU-Daten mit möglichst geringem Zeitaufwand den entsprechenden

Aktionen zuordnen zu können, erfolgte bereits während der Datenaufzeichnung eine zeitsynchrone Annotation der beach-volleyballspezifischen Aktionen (sogenanntes „tagging“ mittels „hot buttons“).

Das Tagging erfolgte jeweils zum Zeitpunkt des tatsächlichen oder hypothetischen Ballkontakts. Außerdem konnten mittels optionaler Audio-Aufzeichnung Besonderheiten, Zeitverzögerungen und fehlerhafte Zuordnungen dokumentiert werden. Durch die gleichzeitige Aufzeichnung aller Aktionen per Video konnten damit eine effektive Nachbearbeitung des Taggings und eventuell notwendige Fehlerkorrekturen gewährleistet werden.

2.2 Datenorganisation und -aufbereitung

Im Nachgang der Erhebung wurden die Rohdaten-Streams aller Probanden und von allen Sensoren, Durchgängen und Wiederholungen sowie die zugehörigen Tagging-Informationen in einer gemeinsamen Datenbank gespeichert. Dann erfolgte eine Fehlerkorrektur der Datenannotationen anhand der Audio-Kommentare und der Videos. Die Rohdaten umfassten pro Sensor sechs zeitsynchrone Zeitreihen (jeweils x-, y- und z-Dimension für ACC und GYRO, siehe Abb. 2, S. 4). Die Rohdaten der jeweiligen Aktionen wurden mittels eines asynchronen Zeitfensters um den Tagging-Zeitpunkt (1,5 Sekunden vor und 0,5 Sekunden nach der Markierung) extrahiert. Das Zeitfenster wurde asynchron gewählt, da die charakteristischen und hochstandardisierten Bewegungen der technischen Elemente zum größten Teil vor dem tatsächlichen Ballkontakt liegen (beispielsweise Anlauf und Stemmschritt beim Angriffsschlag oder Ballanwurf beim Aufschlag).

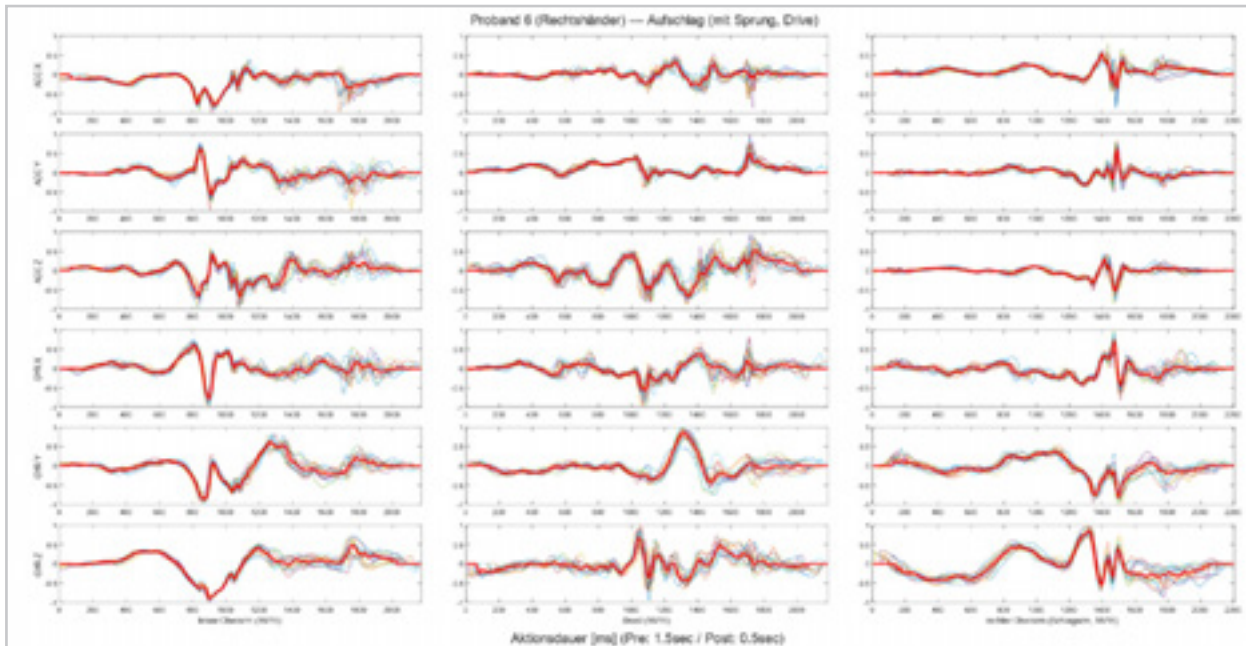


Abb. 2: Zeitsynchronisierte Darstellung der 16 Wiederholungen (alle Kurven außer die fette rote Linie) eines Aufschlags mit Sprung (Drive) von Proband 6. Die linke Spalte repräsentiert den Sensor am linken Oberarm, die Mittlere den Sensor am Brustgurt und die rechte Spalte den Sensor am rechten Oberarm. Die oberen drei Zeilen sind die auf den Bereich von -1 bis 1 normierten Daten der x-, y- und z-Dimension der Beschleunigungsdaten (ACC) und die unteren drei der Winkelgeschwindigkeiten (GYRO). Die fette rote Kurve ist die Mediankurve von allen 16 Aktionen.

Im Folgenden kann die Kombination von Verlaufsdaten und Tagging zur Entwicklung und Validierung der Ereigniserkennungs- und Klassifikationsmethoden verwendet werden.

2.3 Datenanalyse (Ereigniserkennung und Aktionsklassifikation)

In den Analysen des vorliegenden Berichts wurden die beiden Datensätze der Linkshänder ausgeschlossen, sodass die Daten von sieben rechtshändigen Probanden mit insgesamt 1346 annotierten Aktionen ausgewertet und nach Aussortierung von fehlerhaften oder unvollständigen Datensegmenten noch 1300 Aktionen in die Analyse eingeflossen sind.

Im Rahmen der Datenanalyse unterscheidet man die Ereigniserkennung im Allgemeinen und die Klassifikation beach-volleyballspezifischer Aktionen im Speziellen. Ziel der Ereigniserkennung ist es, relevante Intervalle aus den kontinuierlichen Sensordaten zu segmentieren, um anschließend die identifizierten Zeitintervalle, die die Daten möglicher Aktionen enthalten, für die Aktionsklassifikation unter Berücksichtigung zugehöriger Annotationen zu verwenden.

Je nach Sensorposition(en) können für diese beiden Arbeitsschritte unterschiedliche Algorithmen genutzt werden. Die als erster Prototyp implementierte Pipeline enthält vorwiegend Schwellwertverfahren zur Ereigniserkennung und klassische Mustererkennungsalgorithmen zur Aktionsklassifikation. Die Evaluierung erfolgte auf Basis der annotierten Daten. Die Aktionsklassifikation wurde sowohl durch eine Cross-Validation (CV), als auch durch eine Leave-One-Subject-Out Cross-Validation (LOSO-CV) evaluiert.

Arbeitsschritt 1: Ereigniserkennung (event detection)

Der kontinuierliche Datenstream wird im Rahmen der Ereigniserkennung mit einem zweistufigen Sliding-Window-Ansatz in Abhängigkeit der Messfrequenz bei Abtastung jedes neuen Datenpunktes ausgewertet. Für eine Messfrequenz von 104 Hz wird die Prozedur also 104-mal pro Sekunde durchgeführt. Im ersten Schritt werden die L2-normierten Werte der Beschleunigungen und der Winkelgeschwindigkeiten des Sensors am Schlagarm (rechter Arm) bestimmt und auf überschwellige Signale untersucht.

Ein Überschreiten zuvor definierter Schwellwerte deutet auf eine starke Bewegung hin, und der entsprechende Zeitpunkt wird als potenzielles Ereignis markiert. Im zweiten Schritt werden mehrere Abtastpunkte retrospektiv mit einer Intervalllänge von 0,5 Sekunden zusammengefasst, um die in diesem Zeitraum stattgefundenen nach oben gerichteten Rotationen des Schlagarms sowie des unterstützenden Arms zu berechnen. Dafür werden die Winkelgeschwindigkeiten der z-Achsen (siehe Abb. 1) im oben genannten Intervall integriert und alle Intervalle, in denen eine gleichzeitige und gleichgerichtete Rotation beider Arme über einen definierten Schwellwert stattfindet, ebenfalls als potenzielle Ereignisse markiert. Um mehrere, möglicherweise im Rahmen einer Bewegung anfallende, überschwellige Werte nicht mehrfach zu zählen, wird die Erkennung nach dem Auftreten eines überschwelligen Wertes in beiden Schritten für 0,5 Sekunden ausgesetzt.

Arbeitsschritt 2: Aktionsklassifikation (action classification)

Eine Aktion wird für das Zeitintervall von 1,5 Sekunden vor bis 0,5 Sekunden nach dem annotierten Balltreffpunkt bzw. für die in Arbeitsschritt 1 bestimmten Ereigniszeitpunkte definiert. Für alle Events und alle Sensoren werden z. T. statistische und z. T. spezifische Features (z. B. Rotation während des Events) definiert. Die normierten Feature-Vektoren werden dann zur Klassifikation durch mehrere Klassifikatoren verwendet. In der vorliegenden Analyse wurden hierzu die Klassifikatoren Naive Bayes, kNN und C4.5 Decision Tree verwendet. Zur Validierung wurde die Open-Source-Software Embedded Classification Software Toolbox (ECST; Ring et al., 2012) eingesetzt.

2.4 Systemimplementierung

Die zur Ereigniserkennung und Aktionsklassifikation entwickelten Algorithmen werden aktuell in Tensor Flow Lite programmiert und lassen sich dann in die Data Collector 2.0 Software implementieren. Ferner wird zeitgleich eine Integration der Algorithmen direkt auf den Movesense-Sensor mit Ausgabe der Parameter über Bluetooth geprüft.

3 Vorläufige Ergebnisse

Die finale Datenauswertung war zum Zeitpunkt der Beitragsfertigstellung noch nicht vollständig abgeschlossen, so dass nachfolgend vorläufige Projektergebnisse vorgestellt werden. Insgesamt sind für die folgenden Arbeitsschritte 1346 (Ereigniserkennung: Berücksichtigung aller Aktionen) bzw. 1300 (Aktionsklassifikation: Ausschluss von 46 Aktionen aufgrund fehlerhafter bzw. fehlender Datengrundlage) händisch annotierte Aktionen (vgl. Kap. 2.3) in die Analyse eingeflossen.

3.1 Ereigniserkennung (event detection)

Alle detektierten Ereigniszeitpunkte wurden mit den annotierten Daten verglichen. Befindet sich in einem Abstand von weniger als 0,5 Sekunden zum potenziellen Ereignis ein tatsächliches annotiertes Ereignis, so wird es diesem zugeordnet und als true positive betrachtet. Befindet sich kein annotiertes Ereignis im Abstand von weniger als 0,5 Sekunden, so gilt die Erkennung als false positive. Alle händisch annotierten Ereignisse, die keinem potenziellen Ereignis zugeordnet werden können, fließen als false negative in die Auswertung ein.

Insgesamt wurden 1481 Ereignisse durch die automatisierte Erkennung identifiziert. Davon sind 1040 true positive und 441 false positive. Dies führt in Verbindung mit den 1346 händisch annotierten Aktionen insgesamt zu einem Recall von 77,3 % (306 false negative) und einer Precision von 70,2 %.

3.2 Aktionsklassifikation (action classification)

Für die Klassifikation wurden bislang nur die händisch annotierten Daten verwendet. Eine abschließende Evaluierung der gesamten Pipeline steht noch aus. Die Klassifikation auf Basis dieser Daten führt zu folgenden Ergebnissen bezüglich der Klassifikationsgenauigkeit aufgeteilt nach CV und LOSO-CV.

Weiterhin wird im Folgenden exemplarisch die Confusion Matrix für die Naive Bayes-Klassifikation mit Kreuzvalidierung (CV) dargestellt (Tab. 4).

Tab. 3: Klassifikationsergebnisse für die annotierten Aktionen für Naive Bayes, kNN und C4.5 jeweils für CV und LOSO-CV

Klassifikationsgenauigkeit	Naive Bayes	kNN (k=3)	C4.5
CV	91,7 %	94,7 %	85,6 %
LOSO-CV	82,0 %	79,2 %	75,4 %

Tab. 4: Confusion Matrix mit Naive Bayes-Klassifikation und Kreuzvalidierung (CV).

annotierte Aktion		Aufschlag (ohne Sprung)	Aufschlag (mit Sprung, Drive)	oberes Zuspiel	Angriff (Smash)	Block (aus dem Stand)	Block (aus der Bewegung)	Annahme/Abwehr	Intensive Abwehraktion	Gesamtanzahl	
Anzahl		117	87	228	221	136	97	216	198	1300	
prozentualer Anteil		9,0 %	6,7 %	17,5 %	17,0 %	10,5 %	7,5 %	16,6 %	15,2 %	Genauigkeit	
klassifiziert als...	Aufschlag (ohne Sprung)	117	1	0	0	0	0	0	0	99,2 %	
	Aufschlag (mit Sprung, Drive)	0	82	0	6	0	0	0	1	92,1 %	
	oberes Zuspiel	0	0	211	0	5	2	0	2	95,9 %	
	Angriff (Smash)	0	4	0	214	1	3	0	2	95,5 %	
	Block (aus dem Stand)	0	0	2	0	98	15	1	0	84,5 %	
	Block (aus der Bewegung)	0	0	7	1	27	73	2	8	61,9 %	
	Annahme/Abwehr	0	0	7	0	4	2	213	1	93,8 %	
	Intensive Abwehraktion	0	0	1	0	1	2	0	184	97,9 %	
	korrekt klassifiziert										1192
falsch klassifiziert										108	8,3 %

4 Diskussion

Die bislang vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass die Ereigniserkennung in der ersten Analyseversion im Hinblick auf die Erfordernisse der Sportpraxis zufriedenstellend funktioniert. Vor allem Aktionen mit einem Sprunganteil lassen sich mit dem gewählten Ansatz sehr zuverlässig detektieren, wohingegen am Schwellenwertkonzept zur Erkennung von Aktionen ohne Sprung noch Anpassungen vorgenommen werden müssen (evtl. Aufnahme weiterer Kriterien), um auch hier hinreichend gute Ergebnisse zu erzielen.

Was die Klassifikation betrifft, so wurde diese auf Basis annotierter Daten durchgeführt, soll perspektivisch jedoch auf Basis von automatisiert erkannten Events erfolgen. Ferner ist aktuell noch kein Feature Fine-Tuning umgesetzt, d. h. durch die zusätzliche Implementierung von Expertenwissen lassen sich Features noch gezielter definieren und dadurch die Klassifikation weiter verbessern. Der häufigste Fehler in der Klassifikation liegt beim Block und der Unterscheidung in „aus dem Stand“ und „aus der Bewegung“, was aufgrund der nahezu identischen Bewegungsstruktur auch zu erwarten war. Hier könnten die beiden Blockformen zusammengefasst werden, wodurch die Klassifikation der Features nochmal deutlich an Güte gewinnen würde.

5 Literatur

- Bahr, M. A., & Bahr, R. (2014). Jump frequency may contribute to risk of jumper's knee: a study of interindividual and sex differences in a total of 11,943 jumps video recorded during training and matches in young elite volleyball players. *British Journal of Sports Medicine*, 48(17), 1322-1326. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2014-093593>
- Charlton, P. C., Kenneally-Dabrowski, C., Sheppard, J. M., & Spratford, W. (2017). A simple method for quantifying jump loads in volleyball athletes. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(3), 241-245. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.07.007>
- Gageler, H. W., Wearing, S., & James, A. D. (2015). Automatic jump detection method for athlete monitoring and performance in volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(1), 284-296. <https://doi.org/10.1080/24748668.2015.11868793>
- Jarning, J. M., Mok, K.-M., Hansen, B. H., & Bahr, R. (2015). Application of a tri-axial accelerometer to estimate jump frequency in volleyball. *Sports biomechanics / International Society of Biomechanics in Sports*, 14(1), 95-105. <https://doi.org/10.1080/14763141.2015.1027950>
- Kautz, T., Groh, B. H., Hannink, J., Jensen, U., Strubberg, H., & Eskofier, B. M. (2017). Activity recognition in beach volleyball using a Deep Convolutional Neural Network. *Data Mining and Knowledge Discovery*, 31(6), 1678-1705. <https://doi.org/10.1007/s10618-017-0495-0>
- MacDonald, K., Bahr, R., Baltich, J., Whittaker, J. L., & Meeuwisse, W. H. (2017). Validation of an inertial measurement unit for the measurement of jump count and height. *Physical therapy in sport: official journal of the Association of Chartered Physiotherapists in Sports Medicine*, 25, 15-19. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2016.12.001>
- Medeiros, A., Marcelino, R., Mesquita, I., & Palao, J. M [José Manuel] (2014). Physical and temporal characteristics of under 19, under 21 and senior male beach volleyball players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 13(3), 658-665.
- Palao, J. M [José M.], López-Martínez, A. B., Valadés, D., & Ortega, E. (2015). Physical actions and work-rest time in women's beach volleyball. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 15(1), 424-429. <https://doi.org/10.1080/24748668.2015.11868803>
- Pelzer, T., Schmidt, M., Jaitner, T., & Pfeiffer, M. (2020). External training load and the effects on training response following three different training sessions in young elite beach volleyball players. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 15(5-6), 717-727. <https://doi.org/10.1177/1747954120940488>
- Pfeiffer, M., Pelzer, T., Jaitner, T., & Schmidt, M. (2019). Entwicklung einer Methode zur Sprungbelastungsmessung im Beach-Volleyball Training. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch: Forschungsförderung 2018/19* (S. 249-258). Bonn. <https://www.bisp-surf.de/Record/PU201911007432/HierarchyTree?recordID=PU201911007432#tree-PU201911007432>
- Ring, M., Jensen, U., Kugler, P., & Eskofier, B. (2012). Software-based Performance and Complexity Analysis for the Design of Embedded Classification Systems. In IEEE (Vorsitz), *Proceedings of the 2012 21st International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*.
- Salim, F. A., Haider, F., Tasdemir, S. B. Y., Naghshi, V., Tengiz, I., Cengiz, K., Postma, D. B., van Delden, R., Reidsma, D., Luz, S., & van Beijnum, B.-J. (2019). Volleyball Action Modelling for Behavior Analysis and Interactive Multi-modal Feedback. 15th *International Summer Workshop on Multi-modal Interfaces*, 50-58.

- Schwellnus, M., Soligard, T., Alonso, J.-M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., Gabbett, T. J., Gleeson, M., Häggglund, M., Hutchinson, M. R., van Janse Rensburg, C., Meeusen, R., Orchard, J. W., Pluim, B. M., Raftery, M., Budgett, R., & Engebretsen, L. (2016). How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), 1043-1052. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096572>
- Soligard, T., Schwellnus, M., Alonso, J.-M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P., Gabbett, T., Gleeson, M., Häggglund, M., Hutchinson, M. R., van Janse Rensburg, C., Khan, K. M., Meeusen, R., Orchard, J. W., Pluim, B. M., Raftery, M., Budgett, R., & Engebretsen, L. (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50(17), 1030-1041. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096581>
- Wang, Y., Zhao, Y., Chan, R. H. M., & Li, W. J. (2018). Volleyball Skill Assessment Using a Single Wearable Micro Inertial Measurement Unit at Wrist. *IEEE Access*, 6, 13758-13765. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2792220>

Analyse der individuellen Leistungsentwicklung, Trainingsbelastung und -steuerung im Saisonverlauf im Schwimmen

(AZ 072013/20-21)

P. Wahl (Projektleitung), S. Keller

Deutsche Sporthochschule Köln, Abteilung Leistungsphysiologie;
Institut für Trainingswissenschaft & Sportinformatik,
Das Deutsche Forschungszentrum für Leistungssport

1 Einleitung

Die sportmotorische Leistung im Schwimmen ist determiniert durch ein komplexes Zusammenspiel metabolischer und mechanischer Faktoren (Zamparo et al., 2020). Um die individuelle Leistungsentwicklung im Hinblick auf die Trainingsgestaltung zu evaluieren und vor allem langfristig anhand definierter Manipulation der Belastungsnormative zu optimieren, bedarf es möglichst fein auflösender, disziplinspezifischer leistungsdiagnostischer Methoden.

Während im höchsten Kaderbereich spezifische und umfassende Leistungsdiagnostiken (im Schwimmkanal) zur Verfügung stehen, werden im Nachwuchsbereich nur bedingt umfangreiche und regelmäßige Diagnostiken durchgeführt. Im Rahmen eines vorhergehenden BISp-Forschungsprojektes konnten wir eine alternative Testbatterie etablieren, die eine zeiteffiziente Erfassung wesentlicher metabolischer Leistungsparameter ermöglicht und daher Athletinnen und Athleten umfassender charakterisieren kann (Keller et al., 2022). Diese neue Testbatterie erlaubt zudem eine physiologisch-basierte Einteilung der Intensitätsbereiche, anhand welcher die Trainingsbelastung gesteuert und erfasst und somit wertvolle Rückmeldungen über den resultierenden Fortschritt geliefert werden können.

Neben der metabolischen stellt auch die neuromuskuläre Leistungsfähigkeit eine entscheidende Determinante der sportmotorischen Leistung im Schwimmen dar (Toussaint & Beek, 1992).

Während neuromuskuläre Eigenschaften der unteren Extremitäten besonders mit Start- und Wenden-Performance korrelieren (Calderbank et al., 2020; Keiner et al., 2019), wird der neuromuskulären Kapazität der oberen Extremitäten eine größere Bedeutung hinsichtlich des Vortriebs beim Kraulschwimmen zugeschrieben (Morais et al., 2020; Muniz-Pardos et al., 2020). Daher sollte die schwimmspezifische Testbatterie in diesem Serviceprojekt um neuromuskuläre Testungen an Land erweitert werden.

Eine umfassende Analyse der Entwicklung der genannten metabolischen und neuromuskulären Determinanten im Längsschnitt ist im Nachwuchsschwimmen bislang nicht vorgenommen worden. Während in einigen Studien schwerpunktmäßig die Entwicklung mechanischer Einflussfaktoren, wie z. B. Entwicklungsstand, Zuglänge, -frequenz und -index (Abbott et al., 2021; Ferreira et al., 2021), untersucht wurden, und in anderen Untersuchungen der Fokus auf der Analyse metabolischer Zubringer, wie der maximalen Sauerstoffaufnahme bzw. der aeroben und anaeroben Energiebereitstellung (Lätt et al., 2009; Zacca et al., 2020) lag, wurden neuromuskuläre Einflussfaktoren in den genannten Untersuchungen völlig vernachlässigt. Ziel des Projekts war daher eine umfassende Analyse der Entwicklung metabolischer und neuromuskulärer Leistungsindikatoren bei Nachwuchskaderschwimmerinnen und -schwimmern aus NRW.

2 Methodik

2.1 Studiendesign

Im Rahmen des Projekts wurden im Saisonzyklus 2020/2021 vier leistungsdiagnostische Untersuchungen durchgeführt: jeweils zu Beginn des ersten (September 2020) und während des zweiten (März 2021) Makrozyklus, zum Saisonhöhepunkt (Juni 2021) sowie zu Beginn des ersten Makrozyklus (September 2021) in der Folgesaison. Im Rahmen der Diagnostik absolvierten die Teilnehmenden in randomisierter Reihenfolge drei schwimmspezifische Tests im Wasser (stets beginnend mit dem Sprinttest s. u.) sowie zwei Stationen zur Erhebung neuromuskulärer Parameter an Land. Zuvor waren sie mittels Antigen-Schnelltest negativ auf SARS-CoV-2 getestet und anthropometrisch vermessen worden. Vor jeder Diagnostik wurden die Teilnehmenden schriftlich dazu angehalten, 24 h zuvor nicht mehr intensiv zu trainieren, für ausreichend Schlaf zu sorgen und die Nahrungsaufnahme mit Hilfe eines Ernährungsprotokolls konstant zu halten.

2.2 Probandengruppe

26 NK2 Schwimmerinnen und Schwimmer aus NRW (Alter: 14.7 ± 1.4 Jahre, Range: 12.9 – 17.6 Jahre) nahmen an der Längsschnittuntersuchung teil, wobei nicht alle Testpersonen alle leistungsdiagnostischen Untersuchungen wahrnehmen konnten. Daher wurden 19 Teilnehmende (sieben Jungen und zwölf Mädchen) eingeschlossen, die sich in dem Zeitraum von September 2020 bis September 2021 mindestens drei der vier Untersuchungen unterzogen. Alle Versuchspersonen nahmen freiwillig an der Studie teil, wurden nebst ihren Eltern über Nutzen und Risiken der Untersuchung informiert und gaben eine schriftliche Einverständniserklärung ab. Die Studie wurde gemäß der Deklaration von Helsinki durchgeführt und von der lokalen Ethikkommission genehmigt.

2.3 Testverfahren

2.3.1 Anthropometrie

Masse, Höhe und Körperzusammensetzung der Teilnehmenden wurde mittels Stadiometer bzw. Bioimpedanzanalyse (seca 274, seca GmbH & Co KG, Hamburg) erfasst und durch eine Messung der Armspannweite ergänzt.

2.3.2 Sprungkraftdiagnostik

Zur Erfassung der dynamischen Leistungsfähigkeit der Beinstreckerkette wurden je drei Counter-movement (CMJ) und Squat Jumps (SJ) auf einer Kraftmessplatte (Model 9281B, 1,000 Hz, Kistler Instrumente AG, Winterthur, Schweiz) in einem 3D Motion Capture System (VICON™, Oxford, UK, 9 Kameras, 250 Hz) durchgeführt. Jeweils der Sprung mit der größten Höhe berechnet aus dem Intergral des Kraft-Zeit-Verlaufs wurde für die Datenanalyse verwendet.

2.3.3 Load-Velocity Profile

In den Übungen Kniebeuge und Bankdrücken wurde ein Load-Velocity Profile an einer geführten Langhantel (Smith machine, Gym80 international GmbH, Gelsenkirchen) mit Hilfe eines Lineargeschwindigkeitsaufnehmers (T-Force System, Ergotech, Murcia, Spanien) erhoben. Das Testprotokoll für das 1-Wiederholungsmaximum (1RM, Wiederholung mit der höchsten Last, die sicher und ohne Unterstützung ausgeführt werden konnte) wurde von González-Badillo und Sánchez-Medina (2010) adaptiert. Die initiale Last betrug 22 kg (Hantelstange) und wurde sukzessive individuell gesteigert (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010; Sánchez-Medina et al., 2017). Für jede Last wurde derjenige Versuch mit der höchsten Mean Propulsive Velocity (MPP) für die Erstellung der Profile verwendet.

2.3.4 Sprinttest

Bei dem 20-sekündigen Sprinttest starteten die Teilnehmenden aus dem Wasser (ohne Abstoß von der Wand) mit dem Ziel, die größtmögliche Strecke zurückzulegen. Neben der Durchgangsgeschwindigkeit bei 25 m (v_{20s}) als Performance-Kriterium wurden der höchste Nachbelastungslaktatwert (La_{peak}) sowie die maximale Laktatakkumulationsrate (vLa_{max}) als physiologische Kenngrößen der anaeroben Kapazität bestimmt (Heck et al., 2003). Hierzu wurde nach dem Sprint minütlich von der 2. bis 9. Minute Kapillarblut entnommen.

2.3.5 Stufentest

Der Stufentest mit 3-minütiger Stufen- und 30-sekündiger Pausendauer (für die Kapillarblutentnahmen) begann analog zu dem vorhergehenden Projekt vier Inkremente ($0.12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)

unterhalb von 88 % der aktuellen 400-m Bestzeit und wurde um $+0.03 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ bis zur Ausbelastung gesteigert (Keller et al., 2022). Die Laktat-Geschwindigkeitskurve wurde mittels Polynom dritten Grades gefittet, um die erste (LT1, Steigung des Polynoms von 13.3) und zweite Laktatschwelle (LT2, modifizierte Dmax Methode) zu bestimmen, da letztere in dem vorhergehenden Projekt die höchste Übereinstimmung mit dem Maximalen Laktat Steady-State aufgewiesen hatte (Keller et al., 2022).

2.3.6 Economy und $\text{VO}_{2\text{peak}}$ Test

Die Bewegungsökonomie wurde im Rahmen einer wiederholten Messung der Sauerstoffaufnahme nach einer submaximalen Belastung (300 m + 30-sekündige Nachbelastungsmessung und 200 m + 30-s Nachbelastungsmessung) mit einer vorgegebenen Pace (weiblich: $1.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ und männlich: $1.3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Chatard et al., 1990)) erfasst. Im Anschluss erfolgte – analog zum vorhergehenden Projekt – nach einem 100-m Segment mit gesteigerter Geschwindigkeit aus der Wende ein 200-m all-out Segment zur Bestimmung der $\text{VO}_{2\text{peak}}$. Die Sauerstoffaufnahme wurde jeweils durch eine unmittelbare 30-sekündige Nachbelastungsmessung (METAMAX® 3B, CORTEX Biophysik GmbH, Leipzig, Germany) bestimmt und mittels Herzfrequenz-Kinetik korrigiert (Chaverri et al., 2016). Der höchste über 5 s gemittelte korrigierte Wert wurde jeweils für die Datenanalyse verwendet.

Alle Wassertests wurden in einem 50-m Becken und aus Gründen der Vergleichbarkeit in der Schwimmart Kraul absolviert. Die Schwimmgeschwindigkeiten bei den Stufen- und Economy-Tests wurden mit Hilfe einer Lichtlaufleiste (Virtual Swim Trainer, Indico Technologies, Torino, Italien) vorgegeben. Die Messung der Herzfrequenz erfolgte mittels Brustgurten (HRM-Swim™, Garmin Deutschland GmbH, Garching) in Kombination mit den dazugehörigen Uhren (Forerunner® 735XT bzw. Swim2, Garmin Deutschland GmbH, Garching). Für die Laktat-analyse wurden 20 μl Kapillarblut aus dem abgetrockneten Ohrläppchen entnommen und im Nachgang mittels enzymatisch-amperometrischen Verfahrens analysiert (Biosen S-Line, EKF Diagnostics, Cardiff, Wales).

2.4 Analyse der Leistungsdaten

In dem Zeitfenster zwischen März und Juni (Qualifikations- und Wettkampfphase) wurden im Abstand von maximal vier Wochen vor und nach den entsprechenden Diagnostiken von allen Teilnehmenden Wettkampfleistungen über die Strecken (50, 100, 200 und 400 m) in der Schwimmart Kraul erfasst. Da lediglich 13 Teilnehmende in dem genannten Zeitraum Wettkampfzeiten über mindestens drei der vier Strecken vorweisen konnten, von denen lediglich einer männlich war, wurde der entsprechende Proband als „Ausreißer“ identifiziert und nur der weibliche Teil der Stichprobe ($N = 12$) analysiert.

2.5 Statistische Analyse

Die statistische Analyse wurde mit R durchgeführt (R Core Team, 2020). Nach visueller Überprüfung der Homoskedastizität und Normalverteilung mittels Residuen- und Q-Q-Plots wurden lineare gemischte Modelle mit zufälligen Achsenabschnitten für die Teilnehmenden gerechnet (*lme4*-Paket), um Unterschiede in den leistungsdiagnostischen Parametern (abhängige Variable) zwischen den Messzeitpunkten (unabhängige Variable, vier Levels) zu untersuchen. Im Falle signifikanter Haupteffekte, wurden multiple paarweise Post-hoc Vergleiche mit Bonferroni-Korrektur (*emmeans*-Paket) durchgeführt. Zusätzlich wurden die Leistungsdaten mittels Pearson-Produkt-Moment-Korrelationskoeffizienten r (angegeben mit 95 % CI; *stats*-Paket) mit den leistungsdiagnostischen Werten in Zusammenhang gebracht und als trivial ($r < 0.1$), niedrig ($r < 0.3$), moderat ($r < 0.5$), hoch ($r < 0.7$), sehr hoch ($r < 0.9$) und nahezu perfekt ($r \geq 0.9$) interpretiert (Hopkins, 2002). Die statistische Signifikanz wurde bei $p < 0.05$ angenommen. Alle Daten sind als Mittelwert \pm Standardabweichung dargestellt.

3 Ergebnisse

Die Längsschnittanalyse der leistungsdiagnostischen Daten zeigte eine Verbesserung der aeroben Leistungsfähigkeit (anhand der LT2, $\text{VO}_{2\text{peak}}$ und Economy, $p < 0.05$) und Maximalkraft (anhand der 1RM in der Kniebeuge und im Bankdrücken, $p < 0.001$) über den Saisonverlauf,

spricht von September 2020 bis Juni 2021 (Abb. 1 Panels A, C, D und Abb. 2 Panels A, B). Diese sind im Kontext anthropometrischer Veränderungen (Zunahme der Höhe, Masse, Armspannweite und fettfreien Masse, $p < 0.001$, Abb. 3) bei unverändertem Trainingsumfang ($p > 0.05$, Abb. 4) im gleichen Zeitraum zu sehen. Eine Zunahme des Schwimmtrainingsvolumens wurde lediglich zu Beginn der Vorbereitung auf die folgende Saison (September 2021) im Vergleich zur zweiten Hälfte (Wettkampfperiode) der Vorsaison (März und Juni 2021) beobachtet ($p < 0.05$). Die Indikatoren der anaeroben Kapazität (VLa_{max} , $p > 0.05$, Abb. 1 Panel B) und der dynamischen Leistungsfähigkeit der Beinstrecker (Flughöhen im SJ und CMJ, $p > 0.05$, Abb. 2 Panels C, D) wiesen keine Veränderungen im Jahresverlauf auf.

Die Korrelationsanalyse von zwölf Schwimmerinnen in der Qualifikations- bzw. Wettkampfperiode 2021 lieferte auf der energetischen Seite hohe negative Zusammenhänge zwischen der 50-m-Zeit und der anaeroben Kapazität (VLa_{max}) sowie der 400-m-Zeit und der aeroben Leistungsfähigkeit (Economy und LT_2 , Abb. 5). Da sich die Korrelationskoeffizienten von VLa_{max} bzw. La_{peak} und Performance nicht unterschieden, wurde lediglich VLa_{max} in Abb. 5 aufgenommen. Auf der neuromuskulären Seite wurden hohe negative Korrelationen zwischen der 50-m-Zeit und der Maximalkraft der oberen (1RM im Bankdrücken) und der Schnellkraft der unteren Extremitäten (Flughöhe im CMJ) beobachtet, während letztere genauso wie die Flughöhe im SJ hoch positiv mit der 400-m-Zeit korreliert war (Abb. 6).

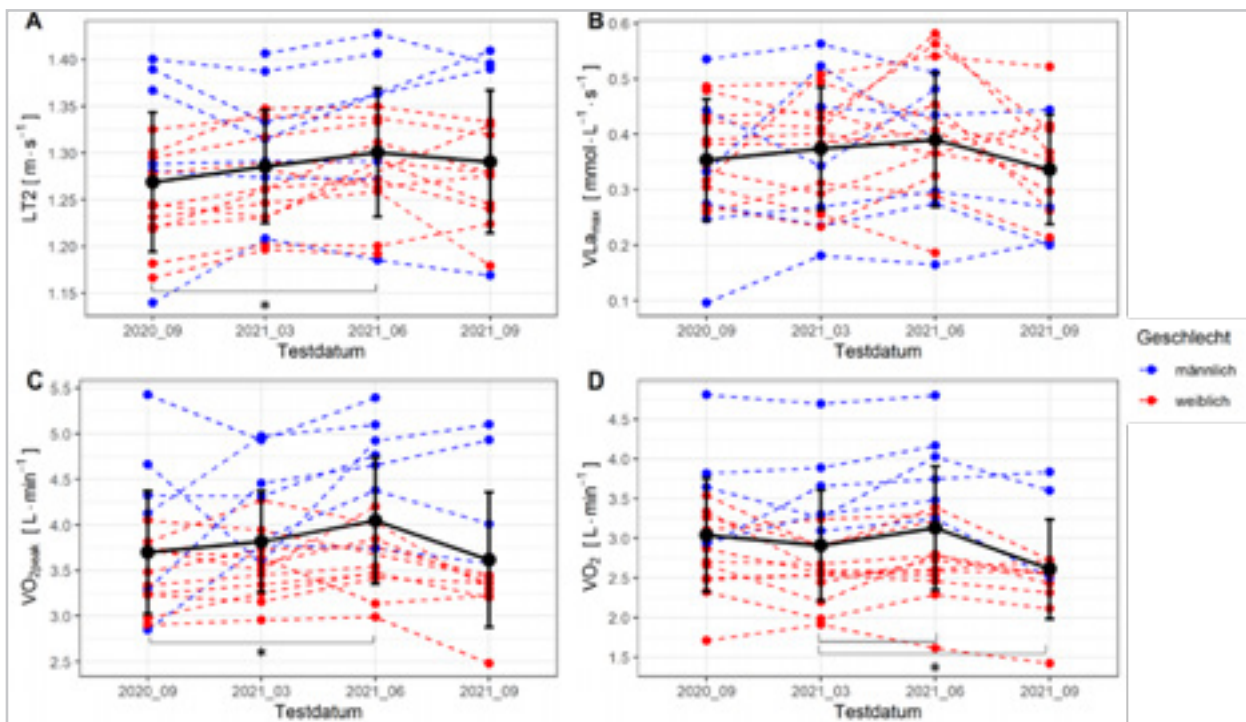


Abb. 1: Veränderungen der metabolischen Indikatoren (A: LT_2 , B: VLa_{max} , C: VO_{2peak} und D: Economy) im Jahresverlauf auf individueller (männlich blaue und weiblich rote Punkte) und Gruppenebene (Mittelwert \pm Standardabweichung in schwarz). Signifikante Unterschiede zwischen den entsprechenden Zeitpunkten: * $p < 0.05$.

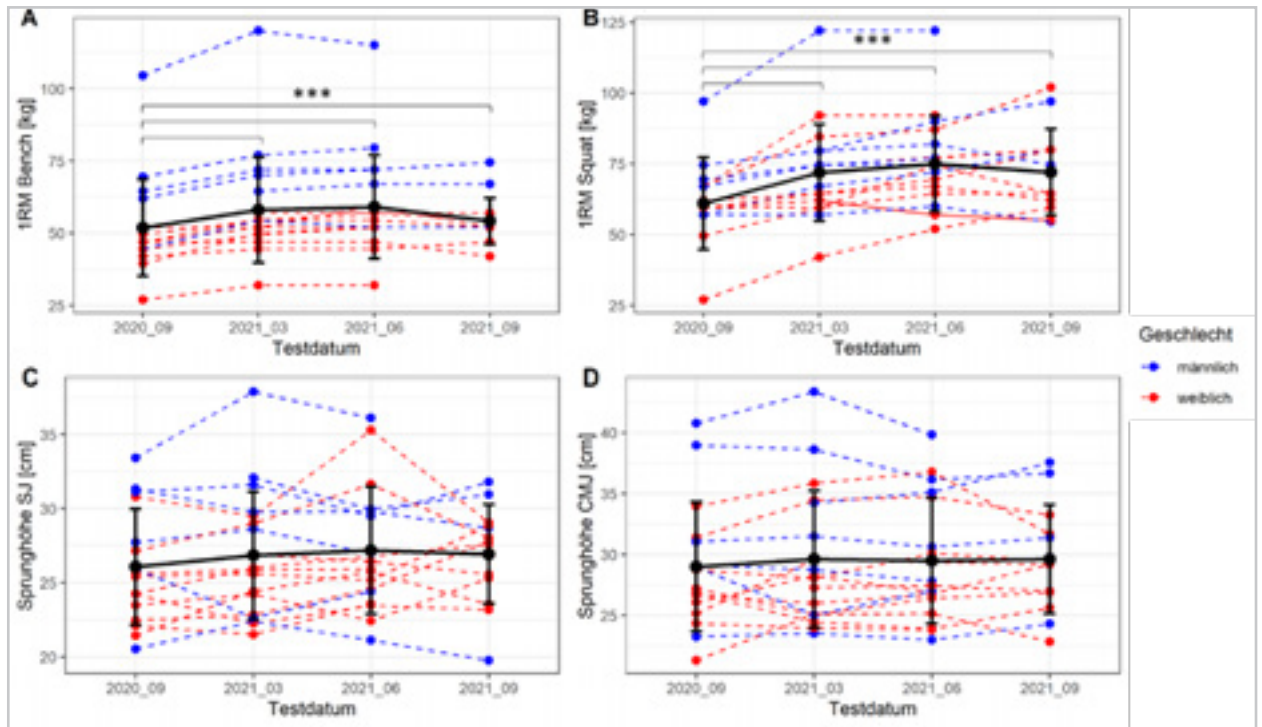


Abb. 2: Veränderungen der neuromuskulären Indikatoren (A: 1RM Bankdrücken, B: 1RM Kniebeuge C: Flughöhe SJ und D: Flughöhe CMJ) im Jahresverlauf auf individueller (männlich blaue und weiblich rote Punkte) und Gruppenebene (Mittelwert \pm Standardabweichung in schwarz). Signifikante Unterschiede zwischen den entsprechenden Zeitpunkten: *** $p < 0.001$.

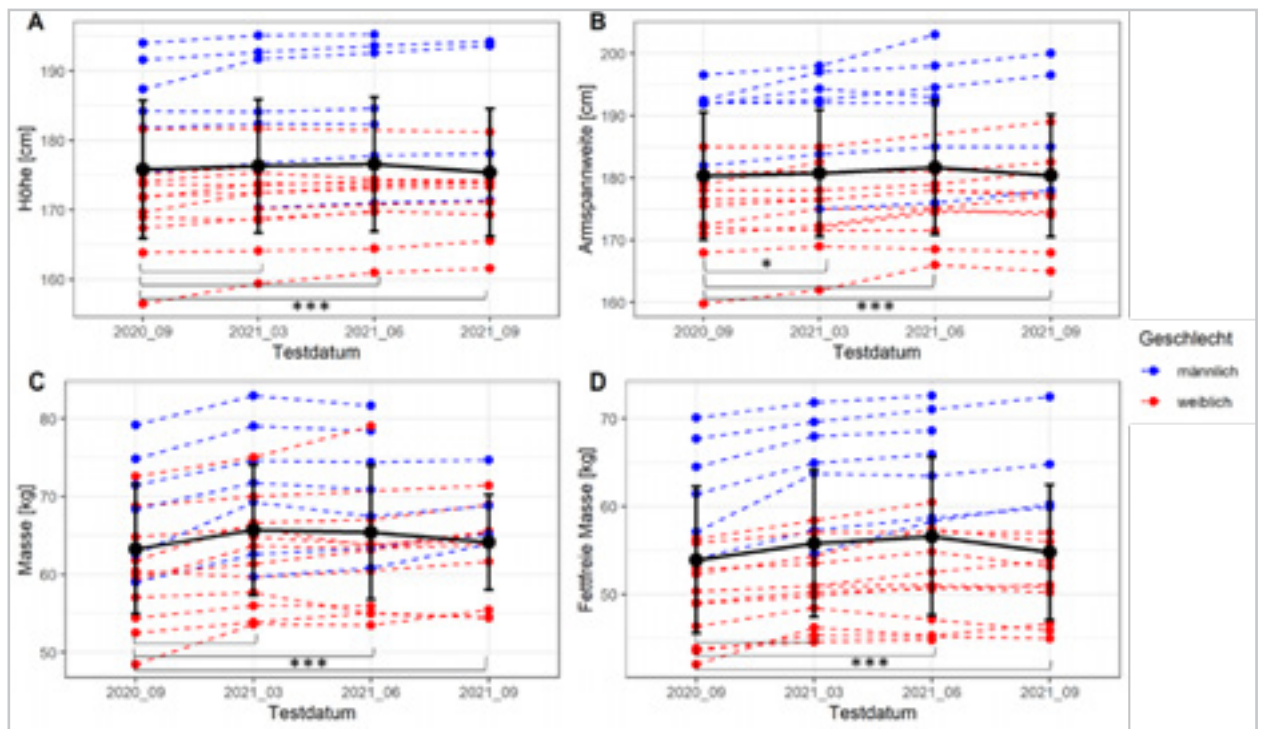


Abb. 3: Veränderungen der anthropometrischen Indikatoren (A: Höhe, B: Armspannweite C: Masse und D: fettfreie Masse) im Jahresverlauf auf individueller (männlich blaue und weiblich rote Punkte) und Gruppenebene (Mittelwert \pm Standardabweichung in schwarz). Signifikante Unterschiede zwischen den entsprechenden Zeitpunkten: * $p < 0.05$, *** $p < 0.001$.

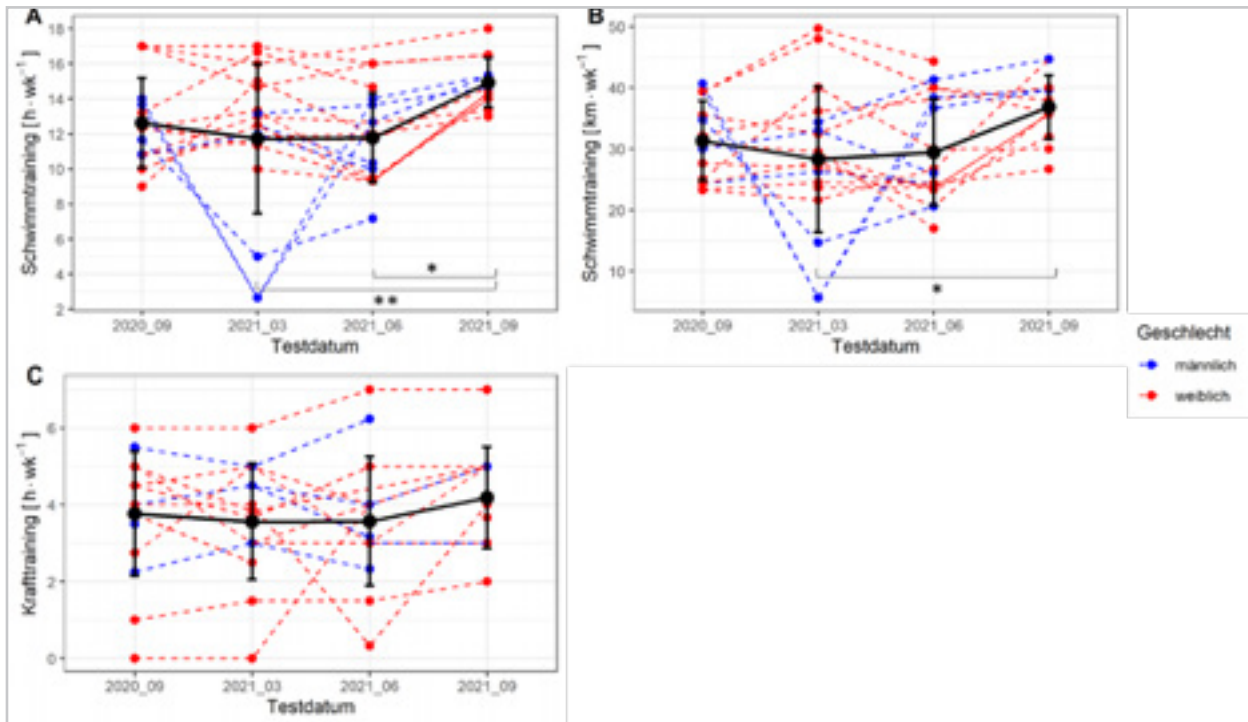


Abb. 4: Veränderungen der Trainingsumfänge jeweils in den letzten drei vollen Trainingswochen vor den Diagnostikmaßnahmen (A: Schwimmtrainingsvolumen in Stunden, B: Schwimmtrainingsvolumen in Kilometern C: Krafttrainingsvolumen in Stunden) im Jahresverlauf auf individueller (männlich blaue und weiblich rote Punkte) und Gruppenebene (Mittelwert ± Standardabweichung in schwarz). Signifikante Unterschiede zwischen den entsprechenden Zeitpunkten: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

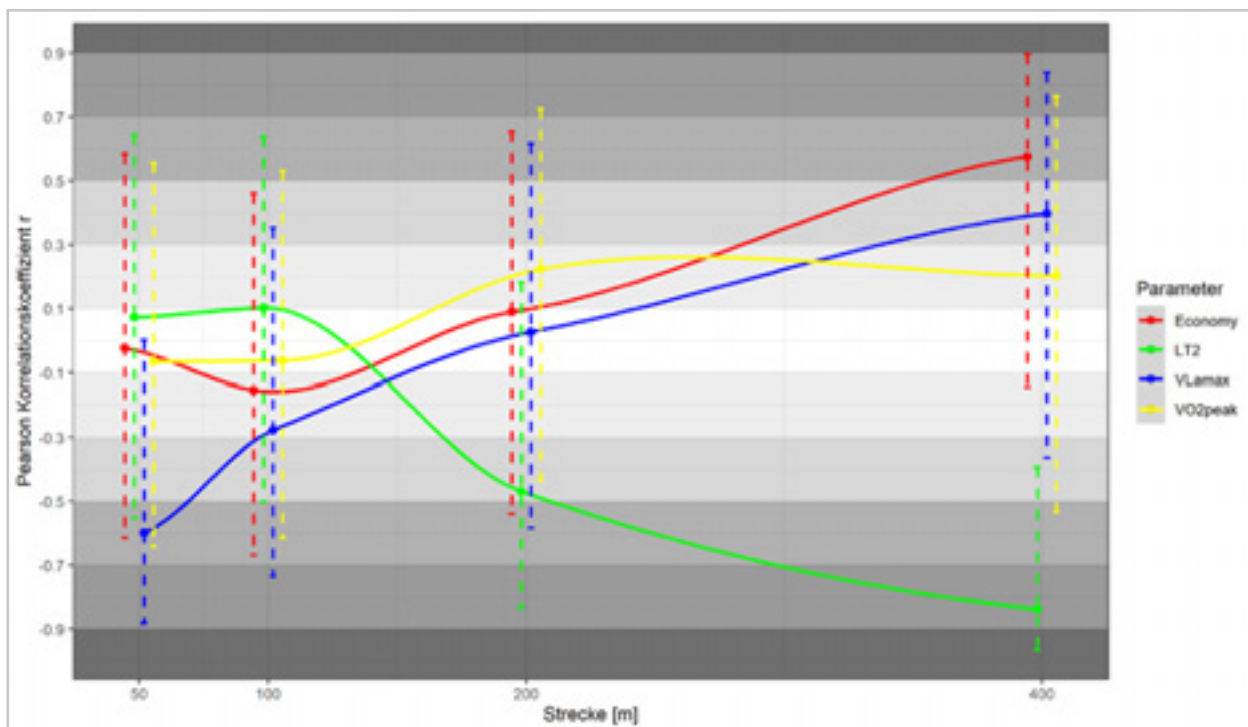


Abb. 5: Korrelationskoeffizienten (Pearson's r) zusammen 95 % Konfidenzintervallen zwischen den metabolischen Testparametern (Economy, Geschwindigkeit an LT2, $VL_{a_{max}}$, VO_{2peak}) und der Zeit über die entsprechenden Strecken. Der Hintergrund ist entsprechend der Klassifizierung nach Hopkins (2002) in trivial, gering, moderat, hoch und sehr hoch eingefärbt. Signifikante Korrelationen: 50 m, $VL_{a_{max}}$ ($r = -0.60$, $p = 0.029$), 400 m, LT2 ($r = -0.84$, $p = 0.001$) und Economy ($r = 0.58$, $p = 0.045$).

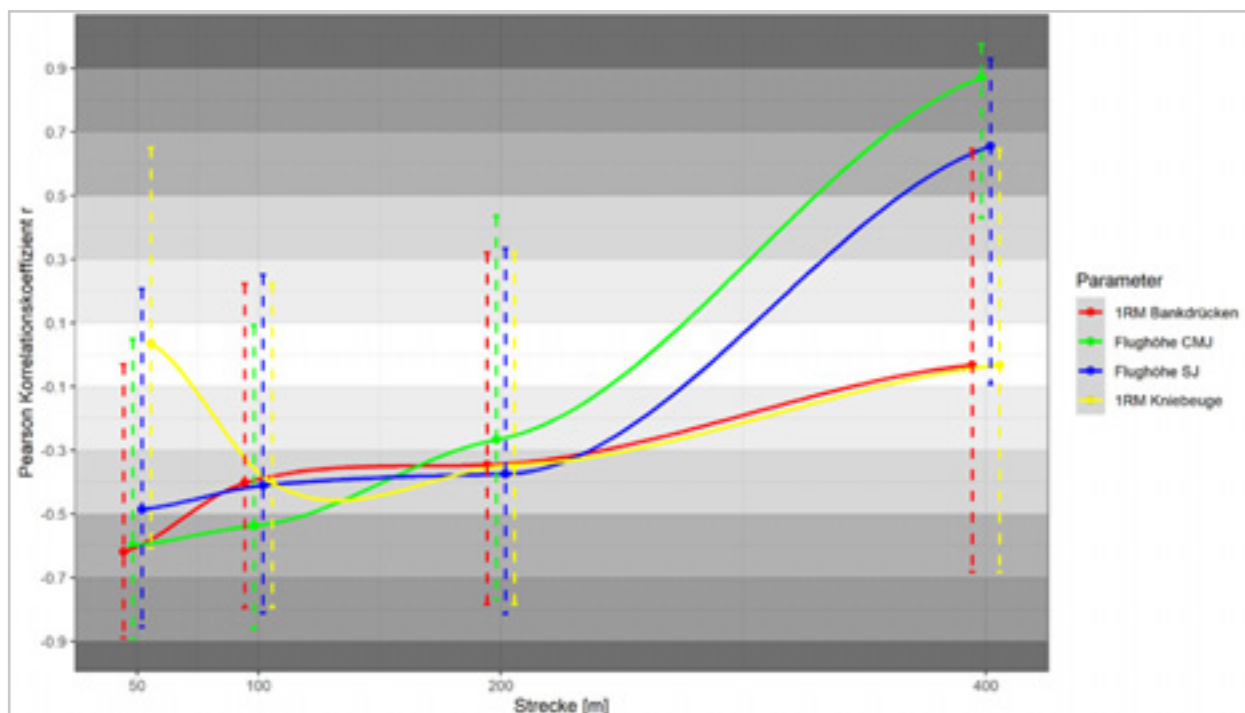


Abb. 6: Korrelationskoeffizienten (Pearson's r) zusammen 95 % Konfidenzintervallen zwischen den neuromuskulären Testparametern (1RM im Bankdrücken, Flughöhe im CMJ, Flughöhe im SJ, 1RM in der Kniebeuge) und der Zeit über die entsprechenden Strecken. Der Hintergrund ist entsprechend der Klassifizierung nach Hopkins (2002) in trivial, gering, moderat, hoch und sehr hoch eingefärbt. Signifikante Korrelationen: 50 m, 1RM Bankdrücken ($r = -0.62$, $p = 0.023$) und Flughöhe CMJ ($r = -0.60$, $p = 0.029$), 400 m, Flughöhe CMJ ($r = 0.87$, $p < 0.001$) und Flughöhe SJ ($r = 0.66$, $p = 0.020$).

4 Diskussion

Ziel des Serviceprojekts war eine umfassende Analyse der metabolischen und neuromuskulären Leistungsentwicklung im Saisonverlauf bei Nachwuchsschwimmerinnen und -schwimmern (NK2) des Landes NRW im Kontext der Trainingsbelastung und Wettkampfperformance. Der signifikante Anstieg der Maximalkraft im Bereich der oberen (1RM Bankdrücken, +5.8 kg) und unteren Extremitäten (1RM Kniebeuge, +9.2 kg) zum zweiten Messzeitpunkt (März 2021) im Vergleich zum ersten (September 2020) ist auf eine Schwerpunktsetzung auf Hypertrophie- und Maximalkrafttraining in der Vorbereitungsperiode (September bis Dezember) zurückzuführen. Daneben stellt gerade hinsichtlich des Kraftzuwachses das in dem vorliegenden Altersbereich (> 12 und < 18 Jahre) häufig ausgeprägte Wachstum einen Einflussfaktor dar, wie anhand der signifikanten Zunahmen der Körperhöhe (+ 1.2 cm) sowie der fettfreien Masse (2.1 kg) ersichtlich wird.

Zudem wurde bei einigen Teilnehmenden – auch wenn über die Gruppe hinweg kein Unterschied hinsichtlich der Trainingsvolumina zwischen den beiden Zeitpunkten gefunden wurde – aufgrund der Lockdownmaßnahmen ab November 2020 das Wassertraining stark eingeschränkt und in Teilen durch zusätzliches Landtraining, u. a. Kraft- und Zirkeltraining, ersetzt. Zumindest auf individueller Ebene könnte auch dieses Phänomen den starken Anstieg der Maximalkraft in diesem Zeitraum begünstigt haben. Angesichts des teilweise eingeschränkten Wassertrainings überrascht ebenfalls nicht, dass auf Gruppenebene zwischen September 2020 und März 2021 keine Veränderung in der VO_{2peak} oder LT2 beobachtet wurden, da einzelne Teilnehmende aufgrund der starken Trainingsreduktion mitunter deutliche negative Veränderungen aufwiesen (z. B. Reduktion der Geschwindigkeit an LT2 um bis zu $-0.06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

Der Übergang vom zweiten zum dritten Makrozyklus, und damit von der Qualifikations- zur Wettkampfperiode (~ März bis Juni), ist grund-

sätzlich geprägt durch eine Zunahme der Trainingspezifität mit dem Ziel, die vorhandenen neuromuskulären und metabolischen Kapazitäten optimal für die Performance-Entwicklung auszuschöpfen. Damit einher gehen nur noch nicht-signifikant verbesserte Maximalkraftwerte (1RM Bankdrücken, +1.1 kg und 1RM Kniebeuge, +3.4 kg) im Vergleich zwischen der Diagnostik im Juni und März 2021, bei gleichzeitig optimierter Schwimmperformance, wie beispielsweise an der im Vergleich zu Saisonbeginn signifikant verbesserten Geschwindigkeit an LT2 ersichtlich ($+0.03 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).

Die in dieser Phase erhobenen Wettkampfdaten ermöglichen in gemeinsamer Betrachtung mit den leistungsdiagnostischen Werten einen Aufschluss über für unterschiedliche Distanzen determinierende metabolische und neuromuskuläre Eigenschaften. Während die hohe signifikante (negative) Korrelation zwischen der 50-m-Zeit und der VLa_{max} ($r = -0.60$, $p = 0.029$) den substantiellen Anteil des anaerob laktaziden Energiesystems bei kurzen Belastungen ($> 30\%$ (Almeida et al., 2020)) widerspiegelt, wird der Großteil der benötigten metabolischen Energie mit zunehmender Belastungsdauer über den aeroben Stoffwechsel abgedeckt ($\sim 90\%$ (De Assis Correia et al., 2020)), wie anhand der hohen bis sehr hohen signifikanten Korrelationen zwischen der 400-m-Zeit und der Ökonomie ($r = 0.58$, $p = 0.045$) bzw. Geschwindigkeit an LT2 ($r = -0.84$, $p = 0.001$) offensichtlich wird. Interessanterweise wurde im Vergleich zu anderen ausdauerbetonten Sportarten im Gegensatz zur Ökonomie keine hohe Korrelation zwischen der längsten Strecke (400 m) und der $VO_{2\text{peak}}$ beobachtet. Dies spiegelt die größere Bedeutung der Bewegungsökonomie im Schwimmen wider, da aufgrund des Wasserwiderstands – unabhängig von der maximalen metabolischen Energiezufuhr – lediglich ein geringer Teil der mechanischen Leistung in Vortrieb umgewandelt wird und daher eine bessere Nutzung dieser mechanischen Energie (also eine bessere Ökonomie) einen größeren Einfluss auf Performance hat als eine Steigerung der $VO_{2\text{peak}}$ (Capelli, 1999; Zamparo et al., 2011). Die trivialen bis moderaten Korrelationen mit der 100-m- und 200-m-Zeit (Belastungsdauer von $\sim 1\text{-}2$ min) deuten darauf hin, dass diese Leistungen über unterschiedliche metabolische Profile realisiert werden können.

Auf neuromuskulärer Seite wurden hohe und signifikante Korrelationen zwischen der 50-m-Zeit und der Maximalkraft (1RM) im Bankdrücken ($r = -0.62$, $p = 0.023$) sowie der dynamischen Leistungsfähigkeit der Beinstrecker (Flughöhe im CMJ, $r = -0.60$, $p = 0.029$) gefunden. Während letztere die Bedeutung des Startsprungs insbesondere für die kurzen Strecken (z. B. $\sim 25\%$ bei 50 m (Born et al., 2021)) unterstreichen, könnte die Korrelation des 1RM im Bankdrücken mit der 50-m-Performance auf das Erreichen größerer Zuglängen mit Hilfe einer höheren Maximalkraft zurückzuführen sein (Morouço et al., 2011). Analog zu den metabolischen Parametern weist die Performance über die mittleren Distanzen (100 und 200 m) auch auf neuromuskulärer Seite keine eindeutigen Determinanten auf. Interessanterweise ist die Zeit über 400 m signifikant und hoch bis sehr hoch (positiv) mit der Flughöhe im SJ ($r = 0.66$, $p = 0.020$) und im CMJ ($r = 0.87$, $p < 0.001$) assoziiert. Dies bedeutet, dass die Teilnehmenden, die eine gute Ausdauerperformance aufgewiesen, gleichzeitig schlechter in der Schnellkraft der unteren Extremitäten abgeschnitten haben. Dies könnte möglicherweise auch auf Interferenzeffekte im Training zurückzuführen sein, da insbesondere hochvolumiges, niedrigintensives Ausdauertraining mit einem negativen Einfluss auf Schnellkraftadaptationen in Verbindung gebracht wird (Schumann et al., 2022).

Die deutliche Steigerung des Schwimmtrainingsvolumens zu Beginn der Saison 2021/22 im September 2021 (+2.8 h bzw. +7.2 km) im Vergleich zum Saisonhöhepunkt der Vorsaison führte trotz vorhergehender Pause von durchschnittlich vier Wochen zwischen Anfang Juli und Mitte August 2021 zu einer signifikant verbesserten Ökonomie ($VO_{2\text{peak}}$, $-0.25 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$). Dies spiegelt die Idee eines klassischen Periodisierungsansatzes wider, nach dem in der Vorbereitungsperiode mit großen Umfängen und niedrigen Intensitäten die grundlegenden Kapazitäten geschaffen werden sollen, um darauf aufbauend mit Fortschreiten der Saison die Intensität und Spezifität zu erhöhen und das Volumen sukzessive zu reduzieren.

Interessanterweise wurde über den kompletten Jahreszyklus (September 2020 bis September 2021) auf Gruppenebene keine Veränderung der

anaeroben Kapazität (VLa_{max}) sowie der dynamischen Leistungsfähigkeit der Beinstrecker (Flughöhe im CMJ oder SJ) gefunden, obwohl beide Parameter beispielsweise für die 50-m-Performance von Bedeutung zu sein scheinen (Abb. 5 und 6). Dies könnte zu dem Schluss führen, dass im Training zu wenig an den genannten Kapazitäten gearbeitet wurde. Allerdings wird bei diesem Rückschluss die Individualität der Teilnehmenden vernachlässigt, die verschiedenste Zielstrecken (von 50 bis 1500 m) anvisieren und deren Trainerinnen und Trainer daher unterschiedliche Schwerpunkte setzen (müssen). Betrachtet man folglich die Teilnehmenden individuell, z. B. eine exemplarische 50- und 100-m Schwimmerin, so ist in eben den genannten Parametern eine kontinuierliche Entwicklung im Saisonverlauf 2020/21 zu beobachten. Ihre Flughöhen im CMJ und ihre VLa_{max} betragen zu Beginn der Vorbereitungsperiode 28.7 cm und $0.32 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, im März 2021 28.1 cm (-2.5 %) und $0.51 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ (+59.4 %) und zum Saisonhöhepunkt 30.1 cm (+4.9 %) und $0.54 \text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ (+68.8 %) in der Wettkampfperiode (in Klammern jeweils die prozentuale Veränderung zum ersten Messzeitpunkt). Diese exemplarische Individualanalyse soll verdeutlichen, dass individuelle Anforderungsprofile notwendig sind, um die individuelle Entwicklung anhand leistungsdeterminierender Faktoren über eine Gruppenanalyse hinaus beurteilen zu können.

5 Transfer

Nach jeder zentralen Diagnostikmaßnahme wurde den Teilnehmenden sowie deren Trainerinnen und Trainern eine ausführliche Datenauswertung zur Verfügung gestellt, die neben den aktuell erhobenen Werten ebenfalls die individuelle Entwicklung im Längsschnitt sowie einen geschlechtsspezifischen Gruppenvergleich beinhaltete. Bereits vor Auslaufen des Serviceprojekts wurde zudem mit den verantwortlichen Landestrainern eine Fortführung der Diagnostiken dreimal pro Saisonzyklus vereinbart und 2022 bereits erstmalig umgesetzt. Dadurch ist der langfristige Transfer der Projektergebnisse in den Nachwuchsleistungssport gewährleistet.

Zudem wurde und wird die Diagnostikbatterie dahingehend weiterentwickelt, dass zukünftig die Tests der VO_{2peak} und der VLa_{max} in der jeweiligen Hauptschwimmart der Teilnehmenden absolviert werden, um die Diagnostikparameter noch spezifischer und unmittelbarer in die Trainingspraxis übertragen zu können.

6 Fazit

Durch erhöhte Trainingsumfänge im Wasser sowie einen Fokus auf Krafttraining an Land in der Vorbereitungsperiode werden insbesondere die Ökonomie sowie die Maximalkraft (1RMs) verbessert. Durch die zunehmende Spezifizierung und Intensivierung der Trainingsreize in Richtung der Wettkampfperiode werden schwimmspezifische Parameter, wie die Geschwindigkeit an LT2, optimiert. Während für kurze Strecken besonders die anaerobe Kapazität (VLa_{max}) sowie Maximal- und Schnellkraftfähigkeit der oberen bzw. unteren Extremitäten (1RM im Bankdrücken und Flughöhe im CMJ) von Bedeutung sind, sind längere Strecken mit der aeroben Leistungsfähigkeit (LT2 und Economy) assoziiert.

7 Literatur

- Abbott, S., Yamauchi, G., Halaki, M., Castiglioni, M. T., Salter, J., & Cobley, S. (2021). Longitudinal relationships between maturation, technical efficiency, and performance in age-group swimmers: Improving swimmer evaluation. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(8), 1082-1088. <https://doi.org/10.1123/IJSP.2020-0377>
- Almeida, T. A. F., Pessôa Filho, D. M., Espada, M. A. C., Reis, J. F., Simionato, A. R., Siqueira, L. O. C., & Alves, F. B. (2020). VO_2 kinetics and energy contribution in simulated maximal performance during short and middle distance-trials in swimming. *European Journal of Applied Physiology*, 120(5), 1097-1109. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04348-y>

- Born, D. P., Kuger, J., Polach, M., & Romann, M. (2021). Turn fast and win: The importance of acyclic phases in top-elite female swimmers. *Sports*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/sports9090122>
- Calderbank, J. A., Comfort, P., & McMahon, J. J. (2020). Association of Jumping Ability and Maximum Strength With Dive Distance in Swimmers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 16(2), 296-303. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2019-0773>
- Capelli, C. (1999). Physiological determinants of best performances in human locomotion. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80(4), 298-307. <https://doi.org/10.1007/s004210050596>
- Chatard, J. C., Lavoie, J. M., & Lacourl, J. R. (1990). Analysis of determinants of swimming economy in front crawl. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 61(1-2), 88-92. <https://doi.org/10.1007/BF00236699>
- Chaverri, D., Schuller, T., Iglesias, X., Hoffmann, U., & Rodríguez, F. A. (2016). A New Model for Estimating Peak Oxygen Uptake Based on Postexercise Measurements in Swimming. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(4), 419-424. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2015-0227>
- De Assis Correia, R., Feitosa, W. G., Figueiredo, P., Papoti, M., & De Souza Castro, F. A. (2020). The 400-m front crawl test: Energetic and 3d kinematical analyses. *International Journal of Sports Medicine*, 41(1), 21-26. <https://doi.org/10.1055/a-1023-4280>
- Ferreira, S., Carvalho, D. D., Cardoso, R., Rios, M., Soares, S., Toubekis, A., & Fernandes, R. J. (2021). Young swimmers' middle-distance performance variation within a training season. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1-10. <https://doi.org/10.3390/ijerph18031010>
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347-352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
- Heck, H., Schulz, H., & Bartmus, U. (2003). Diagnostics of anaerobic power and capacity. *European Journal of Sport Science*, 3(3), 1-23. <https://doi.org/10.1080/17461390300073302>
- Hopkins, W. G. (2002). *A scale of magnitudes for effect statistics*. SportsScience. <https://www.sportssci.org/resource/stats/effectmag.html>
- Keiner, M., Wirth, K., Fuhrmann, S., Kunz, M., Hartmann, H., & Haff, G. G. (2019). The Influence of Upper- and Lower-Body Maximum Strength on Swim Block Start, Turn, and Overall Swim Performance in Sprint Swimming. *Journal of Strength and Conditioning Research*, Publish Ah(20), 1-7. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003229>
- Keller, S., Manunzio, C., & Wahl, P. (2022). Comparison of different test protocols to determine maximal lactate steady state intensity in swimming. *Journal of Science and Medicine in Sport* (in revision).
- Lätt, E., Jürimäe, J., Haljaste, K., Cicchella, A., Purge, P., & Jürimäe, T. (2009). Longitudinal development of physical and performance parameters during biological maturation of young male swimmers. *Perceptual and Motor Skills*, 108(1), 297-307. <https://doi.org/10.2466/PMS.108.1.297-307>
- Morais, J. E., Marques, M. C., Rodríguez-Rosell, D., Barbosa, T. M., & Marinho, D. A. (2020). Relationship between thrust, anthropometrics, and dry-land strength in a national junior swimming team. *Physician and Sportsmedicine*, 48(3), 304-311. <https://doi.org/10.1080/00913847.2019.1693240>

- Morouço, P., Neiva, H., González-Badillo, J. J., Garrido, N., Marinho, D. A., & Marques, M. C. (2011). Associations Between Dry Land Strength and Power Measurements with Swimming Performance in Elite Athletes: A Pilot Study. *Journal of Human Kinetics, Special Issue*, 105-112. <https://doi.org/10.2478/v10078-011-0065-2>
- Muniz-Pardos, B., Gomez-Bruton, A., Mátute-Llorente, A., Gonzalez-Aguero, A., Gomez-Cabello, A., Gonzalo-Skok, O., Casajus, J. A., & Vicente-Rodriguez, G. (2020). Nonspecific Resistance Training and Swimming Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research, Publish Ah*. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003572>
- R Core Team. (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Sánchez-Medina, L., Pallarés, J., Pérez, C., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. (2017). Estimation of Relative Load From Bar Velocity in the Full Back Squat Exercise. *Sports Medicine International Open*, 01(02), E80-E88. <https://doi.org/10.1055/s-0043-102933>
- Schumann, M., Feuerbacher, J. F., Sünkeler, M., Freitag, N., Rønnestad, B. R., Doma, K., & Lundberg, T. R. (2022). Compatibility of Concurrent Aerobic and Strength Training for Skeletal Muscle Size and Function: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 52(3), 601-612. <https://doi.org/10.1007/s40279-021-01587-7>
- Toussaint, H. M., & Beek, P. J. (1992). Biomechanics of Competitive Front Crawl Swimming. *Sports Medicine*, 13(1), 8-24. <https://doi.org/10.2165/00007256-199213010-00002>
- Zacca, R., Azevedo, R., Ramos, V. R., Abraldes, J. A., Vilas-Boas, J. P., Castro, F. A. de S., Pyne, D. B., & Fernandes, R. J. (2020). Biophysical Follow-up of Age-Group Swimmers During a Traditional Three-Peak Preparation Program. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(9), 2585-2595. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002964>
- Zamparo, P., Capelli, C., & Pendergast, D. (2011). Energetics of swimming: A historical perspective. *European Journal of Applied Physiology*, 111(3), 367-378. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1433-7>
- Zamparo, P., Cortesi, M., & Gatta, G. (2020). The energy cost of swimming and its determinants. *European Journal of Applied Physiology*, 120(1), 41-66. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04270-y>

BeachCompiler – Das Softwaretool zur Unterstützung von Videotrainingseinheiten im Beach-Volleyball

(AZ 072001/21-22)

Steffen Lang¹, Raimund Wenning² (Deutscher Volleyball-Verband) & Daniel Link¹ (Projektleitung)

¹Lehrstuhl für Trainingswissenschaft und Sportinformatik,

Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaften, Technische Universität München

²Projektleiter Scouting & Spielanalyse Beach-Volleyball, Deutscher Volleyball-Verband e. V.

1 Einleitung

Videobasierte Eigen- und Gegneranalysen sind wichtige Elemente der Wettkampfvorbereitung in Sportspielen. Sie erlauben es, taktische und technische Charakteristika von Spielenden und Mannschaften aufzudecken und so Strategien für Training und Wettkampf abzuleiten. Die Verwendung spezieller Softwaretools unterstützt in der Praxis die Erfassung und Auswertung von Spieldaten. Eine wesentliche Basisfunktionalität ist die Zerlegung von Videoaufnahmen in einzelne Sequenzen und die Zuordnung von Beobachtungsmerkmalen. Hierdurch können Statistiken erzeugt und Videoszenen gezielt angesteuert werden, um beispielsweise Qualitative Analysen durchzuführen.

Der Deutsche Volleyball-Verband (DVV) verfügt über eine gut entwickelte Wettkampfanalyse. Der bestehende Analyseprozess wird getragen durch zwei hauptamtliche Spielanalysten und zwei eigens für den DVV entwickelte Softwaretools. Der Analyseprozess stellt sich in seinen wesentlichen Schritten bisher wie folgt dar: Zunächst erfolgt die manuelle Annotation der Spiele mit der Software BeachScouter durch die Spielanalysten – entweder live oder auf Basis von Videomaterial (Link, 2014). Nach der Datenerhebung bereiten die Spielanalysten die Daten in Form quantitativer Reports auf und geben sie mit ersten Interpretationen an die Team- und Bundestrainer weiter.

Diese wiederum führen zusammen mit den Analysten eine Tiefenanalyse des Materials mit dem Ziel durch, Strategien für die kommenden Wettkämpfe abzuleiten (Link & Ahmann, 2013). Im Wesentlichen wird hier über die Auswertung von Routinefragen und spontanen Eindrücken ein Stärken- und Schwächenprofil des Gegners erzeugt. Dieser Prozess wird unterstützt durch die Software BeachViewer, die hilft, über spezielle Visualisierungen, Vergleiche mit Normwerten und die Extraktion von quantitativen Besonderheiten, Besonderheiten im Gegnerverhalten zu finden. Am Ende des Prozesses werden die Ergebnisse für die Kommunikation mit den Spielern und Spielerinnen komprimiert zusammengefasst und präsentiert. Bei diesem Instruieren der Spielenden kam es immer wieder zu einem „Jonglieren“ mit den verschiedenen Medien, wie z. B. Grafiken, Visualisierungen, Statistiken und Videoclips, die in der Präsentation der Trainer Verwendung fanden. Dies liegt daran, dass der BeachViewer bewusst eher als ein Data Mining Tool – also ein Werkzeug zum Suchen von Mustern in Daten – konzeptioniert ist und weniger als ein Präsentationstool. Daher wurde in diesem Projekt das Softwaretool BeachCompiler entwickelt, welches das Präsentieren und Festhalten von Analysen und die Kommunikation jener an die Nationalteams vereinfacht, vereinheitlicht und verbessert.

2 Technologie- und Methodenentwicklung

Die Konzeptionierung des BeachCompiler basiert auf der vom DVV gewünschten Vorgehensweise bei der Videoanalyse:

- 1) Die Spielanalysten erstellen eine Präsentation anhand ihrer Ergebnisse aus den Voranalysen. Hier fließen Bilder, Grafiken und Videosequenzen von Ballwechseln aus dem BeachViewer, Tabellen aus den automatisch generierten PDF-Reports und eingesprochene Audio-Aufnahmen mit Erläuterungen ein.
- 2) Diese begonnene Analyse wird dann im nächsten Schritt durch den Trainer verfeinert und erweitert, v. a. im Hinblick auf das adressierte Team. Zusätzlich wird eine Taktik in Absprache mit den Analysten und Bundestrainern festgelegt, die in der Präsentation festgehalten wird.
- 3) Nach dem Spiel wird eine Taktikevaluation vorgenommen und die Ergebnisse in der Präsentation mit Audio und Text ebenfalls festgehalten. Die aktualisierte Version wird dann wiederum auf dem DVV Daten-Server abgespeichert und steht somit allen anderen Teams und Trainern für zukünftige Spiele zur Verfügung.

- 4) Dieser Prozess wiederholt sich regelmäßig und wird auch durch weitere Spiele der analysierten Mannschaft gegen andere Nationen erweitert bzw. aktualisiert.

Dieser Prozess garantiert eine regelmäßige Kontrollschleife und eine nachhaltige Strategieentwicklung im deutschen Beach-Volleyball und wird erst dadurch möglich, weil nun ein Programm zur Verfügung steht, das ein Festhalten und Vereinheitlichen der Analyseergebnisse bereitstellt.

Der BeachCompiler soll als eigenständiges Tool verwendet werden und parallel zum BeachViewer nutzbar sein. Eine direkte Verbindung zum BeachViewer ist jedoch erforderlich, da die dort gegebenen Filtermöglichkeiten auch indirekt durch den BeachCompiler verwendet werden sollten. Dies bedeutet, im BeachViewer können einzelne Spielzüge herausgefiltert und diese Auswahl an den BeachCompiler übergeben werden, um sie dort für die Präsentation zu verwenden. Die Benutzeroberfläche des BeachCompiler (Abb. 1) besteht auf der linken Seite aus einer Baumstruktur, ähnlich dem Explorer bei Windows. Hier wird dem Benutzer eine teilweise veränderliche Struktur vorgegeben, um eine thematische Sortierung der Analyseelemente zu ermöglichen.

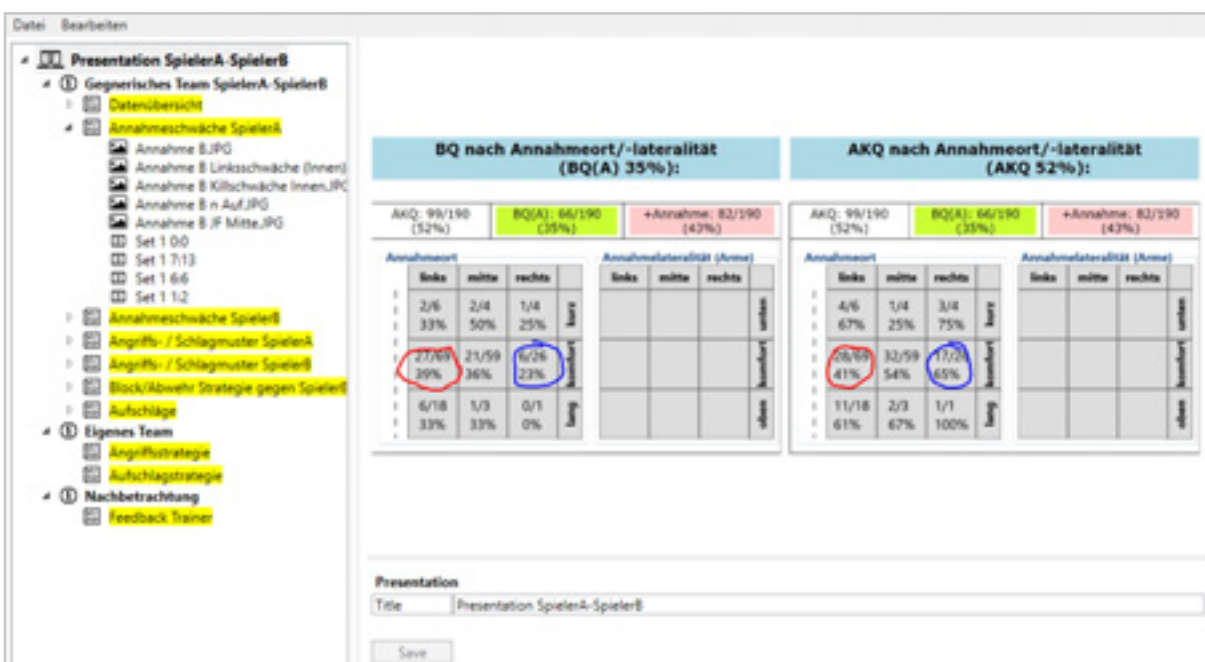


Abb. 1: BeachCompiler Fenster mit geöffneter Team-Analyse

Weiterhin kann der Benutzer von außerhalb des Programms Präsentationselemente in diesen Baum per Drag and Drop einfügen. Auf der rechten Seite ist die Anzeige dieser Elemente, aktuell Video-, Bilder-, Ton- und Textelemente, vorgesehen.

Beispielhaft soll hier die in Abb. 1 zu sehende Analyse erläutert werden: In der Vorbereitung eines deutschen Teams auf ein Spiel gegen das Team „SpielerA-SpielerB“ wird durch die DVV Trainer eine Analysepräsentation vorbereitet. Dabei werden verschiedene Themenbereiche, das gegnerische Team betreffend, aufgearbeitet. In diesem Fall zeigen beide Spieler eine Annahmeschwäche, die dann mit Statistiken (als Bilder aus den erstellten automatischen Reports) und beispielhaften Ballwechsellern (als Videoausschnitte) für die Präsentation rausgesucht und notiert werden. Gut zuerkennen auf der rechten Seite der Abb. 1 die Darstellung der Break- und Angriffskillquoten-Statistik als Beweis für eine Linksschwäche von Spieler A. Spieler A hat eine 39 % Breakquote (BQ(A)) gegen sich als auch nur eine 41 % Angriffskillquote (AKQ), wenn er auf der linken Seite annehmen muss (rot umkreiste Werte). Im Gegensatz hierzu die 23 % BQ(A) und 65 % AKQ für die rechte Annahme (blau).

Der BeachCompiler und die Analysepräsentation werden dann benutzt, um dem deutschen Team Schwächen als auch Stärken des kommenden Gegners vorzustellen. Vorteil ist hier, dass Statistiken mit Videobildern direkt zusammen gezeigt werden können. Es ist kein Wechseln zwischen Programmen, verschiedenen Spieldaten und Videodateien mehr notwendig. Alle notwendigen Informationen werden in einer Präsentation festgehalten und gespeichert. Weiterhin werden diese Informationen auch langfristig gespeichert und anderen Trainern bereitgestellt. Dies erspart zukünftig für erneute Spiele gegen das Team „SpielerA-SpielerB“ eine Menge Zeit in der Vorbereitung. Weiterhin ist in der Baumstruktur der Abschnitt „Nachbetrachtung“ zu sehen. In diesem werden die Ergebnisse der durchgeführten Taktik festgehalten als auch weitere Informationen, die während des Spiels aufgekommen sind und für zukünftige Spiele wichtig sein könnten.

3 Fazit

Mit dem BeachCompiler wurde eine Präsentationssoftware entwickelt, die in enger Absprache mit dem DVV und unter Berücksichtigung der Wünsche des Spitzensports entstanden ist. Der BeachCompiler ist bereits im Einsatz und bereichert die Wettkampfvorbereitung. Verschiedene Vorteile ergeben sich durch den Einsatz des BeachCompiler für die deutschen Nationalteams.

- 1) Es ist nun für alle DVV Teams erstmalig möglich, auf bestehende Analysen vergangener Spiele und von anderen Teams zuzugreifen. Weiterhin haben die Analysten und die Bundestrainer Zugriff auf die durchgeführten Videoanalysen der Team-Trainer mit den Spielenden und können entsprechend darauf Einfluss nehmen.
- 2) Die gesamte Wettkampfanalyse des DVV kann durch diese Verbesserung vereinheitlicht und stark vereinfacht werden. Es wird zukünftig viel Zeit eingespart, da auf vorhandenes Material zurückgegriffen werden kann.
- 3) Spielende können nun selbstständig durchgeführte Analysegespräche erneut durchgehen, wichtige Details wiederholen und sich entsprechend intensiver und individueller auf ihre Gegner vorbereiten.
- 4) Gespeicherte Präsentationen dienen zukünftig in der Ausbildung als Lehrobjekte in der Nachwuchsförderung.
- 5) Eine bisher nicht intendierte weitere Verwendungsmöglichkeit ist die Zusammenstellung von besonders guten Szenen einzelner Spieler bzw. Spielerinnen oder von Techniken als Motivation oder Best-Practice-Beispiele. Diese könnten dann in der Nachwuchsförderung oder der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung eingesetzt werden.

4 Literatur

- Link, D., & Ahmann, J. (2013). Spielanalyse im Beach-Volleyball – Die Softwaretools für die Olympischen Spiele 2012. *Leistungssport*, 4, 58-63.
- Link, D. (2014). A Toolset for Beach Volleyball Game Analysis Based on Object Tracking. *International Journal of Computer Science in Sport*, 13(1), 24-35.

Erstellung eines sportpsychologischen Rahmenkonzepts für die Deutsche Eislauf-Union

(AZ 072002/21-22)

Laura Himmelskamp¹, Johanna Belz¹ (Projektleitung) & Jeannine Ohlert^{1,2} (Projektleitung)

¹Deutsche Sporthochschule Köln, Psychologisches Institut, Abteilung Gesundheit & Sozialpsychologie

²Das Deutsche Forschungszentrum für Leistungssport Köln – momentum

Im Rahmen des Projekts wurde ein sportpsychologisches Rahmenkonzept für die olympischen Disziplinen im Eiskunstlaufen (Einzellauf Damen und Herren, Paarlaufen und Eistanzen) für den Nachwuchs- und Seniorinnen- bzw. Seniorenbereich erstellt¹. Es basiert auf wissenschaftlichen Theorien und Erkenntnissen und bezieht bestehende sportpsychologische Rahmenkonzepte sowie die Erfahrungen, Wünsche und Bedürfnisse der Athleten und Athletinnen sowie der Trainerinnen und Trainer der Deutschen Eislauf-Union e.V. (DEU) mit ein. Durch die Erkenntnisse dieser vorbereitenden Schritte konnte ein sportpsychologisches Rahmenkonzept für die DEU erstellt werden, welches die sportpsychologische Betreuung sowohl systematisiert als auch an die Bedürfnisse und Wünsche der verschiedenen Altersstufen und Disziplinen anpasst. Die Ergebnisse und der Erstellungsprozess werden im Folgenden dargestellt.

1 Einführung und Problemstellung

Im Eiskunstlaufen werden technomotorisch hochanspruchsvolle Bewegungsabläufe künstlerisch auf dem Eis dargestellt. Für deren Beherrschung und die fehlerlose Präsentation werden neben den entsprechenden athletischen Fähigkeiten auch mentale Fähigkeiten, wie Selbstmotivierung oder die Fähigkeit, die Leistung auch in Drucksituationen abrufen zu können, benötigt.

Durch den hohen Trainingsaufwand und das junge Einstiegs- und Hochleistungsalter werden die Athletinnen und Athleten schon früh mit sportart- und leistungssportspezifischen Stressoren konfrontiert.

Die unzureichende Bewältigung dieser Stressoren kann zu Leistungseinbußen und zu Einbußen in der (psychischen) Gesundheit sowie in der Persönlichkeitsentwicklung führen (Monsma & Feltz, 2005).

Trotz der leistungs- und gesundheitsbezogenen Relevanz wurde der Ausbau der sportpsychologischen Betreuung in der DEU in den letzten Jahren nur unzureichend verfolgt. Obwohl ein sportpsychologisches Rahmenkonzept vorlag, fand dies aus verschiedenen Gründen wenig Anwendung, weswegen neben der individuellen Beratung nur vereinzelt, gruppenbezogene Ad-hoc-Maßnahmen stattfanden. Dies wurde auch in der Potenzialanalyse der Wintersportverbände 2018 (PoTAS-Kommission, 2018) bemängelt und der dringliche Förderungsbedarf der Sportpsychologie in der DEU klar herausgestellt. Dies führte zu der Zielsetzung des Projektes – ein sportpsychologisches Rahmenkonzept zu erstellen.

2 Aufbau des Projekts

Das Projekt gliederte sich in vier Schritte. In einem ersten Schritt erfolgte eine Literaturrecherche zu sportpsychologischen Themen im Eiskunstlaufen und vorhandenen sportpsychologischen Rahmenkonzepten aus anderen Sportarten.

¹ https://www.bisp.de/SharedDocs/Downloads/Publikationen/Publikationssuche_Sonderpublikationen/SportpsychologischeRahmenkonzeptionEislaufUnion.pdf?__blob=publicationFile&v=1

Darauf aufbauend wurden in einem zweiten Schritt die Erfahrungen, die Bedürfnisse und die Wünsche bezüglich sportpsychologischer Maßnahmen der DEU-Kaderathletinnen und -athleten über einen Online-Fragebogen und der DEU-Trainer und Trainerinnen in drei Online-Fokusgruppen erhoben. Zusätzlich wurden ein Sportpsychologe und eine Sportpsychologin (beide im Verband tätig) in Interviews zu ihren Erfahrungen und den Kernthemen ihrer Arbeit mit den DEU-Athletinnen und Athleten sowie den DEU-Trainern und Trainerinnen befragt. Der letzte Schritt lag in der Zusammenführung der Erkenntnisse aus den einzelnen Projektschritten.

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse aus der Sichtung bestehender sportpsychologischer Rahmenkonzepte und wissenschaftlicher Literatur

Bestehende sportpsychologische Rahmenkonzepte beinhalten übergeordnet die Bereiche Diagnostik, Betreuung der Aktiven und Ausbildung der Trainerinnen und Trainer. Teilweise beziehen sie auch das soziale Umfeld der Athletinnen und Athleten mit ein. Sowohl die Betreuung der Sportler und Sportlerinnen als auch die Ausbildung der Trainerinnen und Trainer sind in Stufen organisiert. Dabei wird zwischen dem Alter, der Trainingsstufe (Grundlagen-, Aufbau-, Anschluss- und Hochleistungstraining) oder dem Kader der Athletinnen und Athleten, beziehungsweise der Lizenzstufe der Ausbildung der Trainer bzw. Trainerinnen unterschieden. In beiden Bereichen findet die Grundlagenausbildung in den unteren Kader- bzw. Lizenzstufen in Gruppensettings statt. Mit steigendem Kaderstatus bzw. steigender Lizenzstufe werden spezifischere Themen behandelt und für die Athleten und Athletinnen vermehrt Einzelbetreuungen angeboten. Die Konzepte unterscheiden sich in ihrer Detailliertheit und ihren inhaltlichen Schwerpunkten, was auf strukturelle Unterschiede im Verband, sportartspezifischen Anforderungen und den Bedürfnissen der Aktiven zurückzuführen ist.

Die Ergebnisse der bereits bestehenden Konzepte dienten als Grundlage für die Erstellung des sportpsychologischen Rahmenkonzepts der DEU.

Die Sichtung bestehender Konzepte wurde durch die Literaturrecherche zu sportpsychologischen Themen im Eiskunstlaufen ergänzt. Die Literatur weist auf verschiedene psychologische Anforderungen wie den hohen Trainingsaufwand (Monsma & Feltz, 2005), den Druck zur Gewichtskontrolle (Taylor & Ste-Marie, 2001) und die Notwendigkeit benötigter Konzentration im Wettkampf hin (Monsma & Feltz, 2005).

3.2 Ergebnisse der Befragung der Athletinnen und Athleten

An der Onlinebefragung nahmen 51 Athleten bzw. Athletinnen des Landeskaders (LK), der Nachwuchskader 1 und 2 (NK1 und NK2), des Ergänzungskaders (EK) und des Perspektivkaders (PK) teil. Durch die Befragung zeigte sich, dass über die Hälfte der Befragten (56,9 %) bewusst sportpsychologische Methoden nutzen. Im Durchschnitt empfanden die Bundeskaderathletinnen und -athleten die bisherige sportpsychologische Betreuung als gut bis sehr gut und würden diese zu 87 % ($SD = 18,6$ %) weiterempfehlen. Die Wichtigkeit zukünftiger sportpsychologischer Angebote wurde von den Athletinnen und Athleten auf einer Skala von 1 (*sehr unwichtig*) bis 7 (*sehr wichtig*) mit 4,94 ($SD = 1,99$) bewertet. Dabei sprachen Athletinnen der zukünftigen sportpsychologischen Betreuung eine höhere Wichtigkeit zu als Athleten und auch zwischen den Altersklassen konnte ein Unterschied festgestellt werden, wobei die Gruppe der 14-17-Jährigen die Wichtigkeit am höchsten bewertete ($M = 5,15$, $SD = 1,73$). Bezüglich der unterschiedlichen Maßnahmen bewerteten die Landeskaderathleten und -athletinnen sportpsychologische Workshops und Einzelbetreuung als gleich wichtig. In den höheren Kaderstufen wurde die individuellere Betreuung im Einzelsetting dem Gruppensetting vorgezogen. Auf thematischer Ebene wurden die Themen „Gute Leistung unter Druck“, „Selbstmotivierung/Willensstärke“ und „Selbstvertrauen/Körpersprache“ insgesamt als am wichtigsten für die Sportlerinnen und Sportler bewertet.

Auch auf thematischer Ebene bestanden Unterschiede zwischen den Disziplinen und den Altersklassen. So bewerteten zum Beispiel die Paarläuferinnen bzw. -läufer das Thema „Aufmerksamkeit/Konzentration“ als am wichtigsten und die älteste Altersgruppe, die Athleten bzw. Athletinnen zwischen 18 und 25 Jahren, das Thema „Umgang mit Fehlern/Misserfolg“. Die Ergebnisse der Befragung erlaubten die Anpassung der sportpsychologischen Maßnahmen an die jeweiligen Gruppen.

3.3 Ergebnisse der Fokusgruppen der Trainerinnen und Trainer

Aufgeteilt auf drei Gruppen nahmen 14 Trainerinnen und Trainer und drei Bundesstützpunktleitende an den Fokusgruppen teil. Dabei wiesen die Teilnehmenden auf die Wichtigkeit eines präventiven und ganzheitlichen Ansatzes der sportpsychologischen Betreuung der Athleten und Athletinnen hin. Auf thematischer Ebene bestand Einigkeit zwischen den Teilnehmenden, dass es wichtig sei, dass die Sportlerinnen und Sportler ihre Emotionen regulieren könnten und somit gut mit Drucksituationen und Formtiefs zurechtkämen. Zudem hoben die Teilnehmenden die Herausforderung der Koordinierung der unterschiedlichen Lebensbereiche der Aktiven hervor. Die Teilnehmenden bewerteten die Wichtigkeit von Maßnahmen der Trainerinnen bzw. Trainer als hoch, sahen aber in deren Effektivität Aufholbedarf. Um die Effektivität der sportpsychologischen Betreuungsmaßnahmen für diese Personengruppe zu steigern, wünschten sich die Teilnehmenden individuellere Maßnahmen wie zum Beispiel Einzelcoachings.

3.4 Ergebnisse der Interviews mit Expertinnen und Experten

Zusätzlich wurden die Erfahrungen und die Expertisen von Carolina Chon (Verbandssportpsychologin) und Dr. Sebastian Altfeld (im Verband tätiger Sportpsychologe) eingeholt. Deren Erfahrungen spiegelten die Ergebnisse der Fokusgruppen der Trainer und Trainerinnen und der Befragung der Sportlerinnen und Sportler wider, und ihre Expertisen schärften die Inhalte des vorliegenden Konzepts.

3.5 Zusammenführung der Ergebnisse

In einem letzten Schritt wurden die Erkenntnisse aus den einzelnen Schritten zu einem sportpsychologischen Rahmenkonzept zusammengefügt. Um ein praktikables Konzept zu erstellen, wurden die Verbandssportpsychologin Carolina Chon und die Leistungssportreferentin Linda Gering einbezogen.

Unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen und orientiert an bestehenden sportpsychologischen Rahmenkonzepten anderer Verbände soll die sportpsychologische Grundlagenausbildung in den unteren Kaderstufen in Form von Gruppenworkshops während der saisonvorbereitenden Lehrgänge stattfinden. Aufbauend darauf sollen individuellere Themen in den höheren Kaderstufen in Einzelbetreuungen besprochen werden können. Im Sinne einer ganzheitlichen und nachhaltigen Betreuung werden zudem die Trainerinnen und Trainer sowie die Eltern und Erziehungsberechtigten in die sportpsychologische Betreuung einbezogen.

Den Trainern und Trainerinnen werden in der Ausbildung Inhalte vermittelt, die für alle Trainerinnen und Trainer als wichtig erachtet wurden. Da deren Ausbildung aber in Lizenzstufen abgestuft ist und nicht jeder Trainer oder jede Trainerin alle Lizenzstufen bis zu einer A-Leistungssport-Lizenz durchläuft, werden die Grundlagen in der C-Lizenz-Ausbildung thematisiert und die Themen mit steigender Lizenzstufe spezifischer. Zusätzlich können auf freiwilliger Basis Fortbildungen zu sportpsychologischen Themen besucht oder Einzelcoachings in Anspruch genommen werden. Mit Eintritt in die Bundeskader werden zudem für die Eltern oder Erziehungsberechtigten der Athletinnen bzw. Athleten spezielle Workshops empfohlen.

4 Diskussion und Fazit

Das vorliegende Projekt strebt die Systematisierung und Individualisierung der sportpsychologischen Betreuung in der DEU an. Das daraus entstandene Rahmenkonzept weist auf organisatorischer und inhaltlicher Ebene auf wichtige Aspekte hin und verbindet das Wissen aus bestehenden sportpsychologischen Rahmenkonzepten, eiskunstaufspezifischer Literatur

und den Erfahrungen und Wünschen der DEU-Athletinnen bzw. Athleten, der DEU-Trainer bzw. Trainerinnen und dem Verbands-Sportpsychologen bzw. der -psychologin. Damit das Rahmenkonzept letztlich auch praktisch umsetzbar ist, fand ein enger Austausch mit der DEU statt. Durch das Rahmenkonzept soll die Effektivität der sportpsychologischen Betreuung im Verband erhöht und die Arbeit für die dort tätige Sportpsychologin bzw. für den Sportpsychologen erleichtert und vereinheitlicht werden.

Dadurch soll das Rahmenkonzept zur Förderung der psychischen Gesundheit, der Persönlichkeits- und der Leistungsentwicklung der Athletinnen und Athleten beitragen. Es wird empfohlen, die sportpsychologischen Maßnahmen fortlaufend und das gesamte sportpsychologische Rahmenkonzept nach einem Zeitraum von ca. vier Jahren zu evaluieren.

5 Literatur

- Monsma, E. V., & Feltz, D. L. (2005). A mental preparation guide for figure skaters. A developmental approach. In J. Dosil (Hrsg.), *The Sport Psychologist's Handbook* (S. 428-454). <https://doi.org/10.1002/9780470713174.ch19>
- PotAS-Kommission. (2018). *Potenzialanalyse der Wintersportverbände 2018*. Bundesminister des Innern; Deutscher Olympischer Sportbund.
- Taylor, G. M., & Ste-Marie, D. M. (2001). Eating disorders symptoms in Canadian female pair and dance figure skaters. *International Journal of Sport Psychology*, 32, 21-28.

Digital-analoges-Schulungskonzept im Eishockey

(AZ 072003/21-22)

Jürgen Beckmann (Projektleitung), Tom-Nicolas Kossak, Annika Hof zum Berge, Shannon Straube & Karl Schwarzenbrunner

TU München, Lehrstuhl für Sportpsychologie

1 Problem

In vielen Verbänden wurde die sportpsychologische Betreuung in den letzten Jahren erheblich systematisiert und weiterentwickelt. Beim Deutschen Eishockey-Bund e. V. (DEB) bestand indes bislang kein einheitliches und systematisches Betreuungs- und Ausbildungskonzept zum Erwerb psychologischer Kompetenzen im Sport. Ziel des DEB ist es künftig, die sportpsychologische Ausbildung der Athletinnen und Athleten, sowie die Vorbereitung der Teams auf sportliche Großereignisse zu systematisieren. Während die Teambuildingmaßnahmen weiterhin auf die Teams und die Situation angepasst werden sollen, soll die Schulung sportpsychologischer Kompetenzen strukturiert und geplant durchgeführt werden. Insbesondere in der Ausbildung psychologischer Basisfertigkeiten für den Nachwuchsbereich (U16 – U20) soll in den kommenden Jahren ein Schwerpunkt des systematischen Betreuungsangebotes liegen.

Die besondere Herausforderung zur Konzeption einer kontinuierlichen Förderung der psychologischen Kompetenzen besteht in der Vielzahl der Spielerinnen und Spieler, die dezentral verteilt sind und nur zu wenigen zentralen Maßnahmen des DEB zusammenkommen. Sie spielen größtenteils in der DEL/DEL2, der Frauenbundesliga, der Oberliga, der U20 Div.I und der U17 Div.I, bei denen die Teams meist bundesweit und teils international verteilt sind. Zudem sind die stattfindenden zentralen Maßnahmen meist mit vielen Terminen besetzt, so dass wenig Zeit und Ruhe für die Vermittlung psychologischer Inhalte bleiben.

Zwar liegt die Verantwortung zur Ausbildung psychologischer Kompetenzen der Spielerinnen und Spieler auch bei den Heimatvereinen, doch zeigt die Praxis, dass die Betreuungsangebote in den Vereinen recht heterogen sind.

Im Vergleich zum deutschen Fußball-Bund e. V., besteht kein verpflichtendes vereinspezifisches Betreuungskonzept für die leistungsorientierten Eishockey-Nachwuchsteams. Mit dem Ziel des DEB, dass alle Nationalspielerinnen und Nationalspieler gleichermaßen eine Grundausbildung psychologischer Kompetenzen durchlaufen sollen, wird langfristig die enge Zusammenarbeit mit den Vereinen angestrebt. Dies hilft sowohl den Vereinen als auch dem Verband, die Mittel zielgerichtet und ressourcensparend einzusetzen.

Aufgrund der oben aufgeführten Herausforderungen liegt das Bestreben des DEB darin, ein systematisches und ressourcensparendes Ausbildungs- und Betreuungskonzept für die Nationalspielerinnen und Nationalspieler aufzubauen. Dies soll durch eine Verbindung digitaler und analoger Inputs gelingen. Obwohl Online-Coaching bereits seit vielen Jahren erforscht wird, besteht hinsichtlich der Evidenz von Online-Formaten noch keine abschließende Erkenntnis (Deplazes & Künzli, 2020). Dies gilt insbesondere für den sportpsychologischen Betreuungsprozess zum Aufbau psychologischer Kompetenzen.

In regelmäßig stattfindenden Online-Schulungen soll den Spielerinnen und Spielern Basiswissen der Sportpsychologie vermittelt werden, und sie erhalten Übungen für den Praxiseinsatz. Darüber hinaus soll die sportpsychologische Betreuung auf den zentralen Maßnahmen fortgeführt werden. Erweitert wird die Vermittlung von Basiswissen und psychologischen Kompetenzen durch die Entwicklung eines analogen Playbooks für die Spielerinnen und Spieler. In diesem werden zentrale Themen beschrieben, Übungen angeleitet und Fragen zur Selbstreflexion gestellt. Das Playbook stellt für die Spielerinnen und Spieler sowie für die Betreuerinnen und Betreuer eine Hilfe zur Orientierung dar.

2 Methode

Für eine bessere Vernetzung mit den Vereinen erfolgte zunächst die Evaluation des sportpsychologischen Betreuungsangebots durch die Vereine. Dazu wurde ein kurzer Fragebogen zur Erfassung der Zusammenarbeit von den Vereinen mit Sportpsychologinnen und Sportpsychologen entwickelt und an alle 98 Vereine (davon 60 Vereine im 5 Sterneprogramm) versendet. Die Erkenntnisse daraus wurden zur weiteren Konzeptionierung des Betreuungsangebots genutzt.

Darüber hinaus wurden die Nationalspielerinnen und Nationalspieler zur aktuellen Zufriedenheit bzgl. der sportpsychologischen Betreuung durch die Vereine und den Verband in einer Prä-Test-Messung befragt. Der Fragebogen wurde an alle Spielerinnen und Spieler ($N = 245$; davon 66 weiblich und 179 männlich) der verschiedenen Kaderstufen des DEB gesendet. Nach Abschluss der Intervention (alle Schulungsinhalte sollen mindestens einmal online angeboten worden sein) soll eine Post-Test-Messung zur Zufriedenheit mit den Inhalten und der Form durch die digitalen Angebote erfolgen.

Für die Erarbeitung des Schulungsangebots mussten zunächst die Inhalte für das Ausbildungskonzept festgelegt werden. Aufbauend auf den Inhalten aus bestehenden Konzepten (z. B. Ski Alpin: Engbert et al., 2014) und anknüpfend an die Inhalte des Performance-Monitors zum Selbstcoaching (Beckmann et al., 2018) wurden die Inhalte bestimmt und an die Zielgruppe angepasst. Auf Basis der Erkenntnisse aus der REGman-Forschung (Hof zum Berge et al., 2020; Meyer et al., 2020) wurde ein Schwerpunkt auch im Regenerationsmanagement gelegt.

Anschließend wurden die Inhalte sowohl für das physische Playbook, das den Spielerinnen und Spielern ausgehändigt werden sollte, als auch für die Online-Schulungen ausgearbeitet. Darüber hinaus wurde festgelegt, welche Übungen durch digitale Formen ergänzt werden können z. B. Anleitungen von Entspannungsverfahren, damit die Sportlerinnen und Sportler später auf die digitalen Inhalte zugreifen können. Nach Abschluss der Planungs- und Entwicklungsphase wurden erste Online-Schulungen durchgeführt. Die Teilnahme an den Bausteinen war mannschaftsübergreifend geplant.

Die Evaluation der Online-Schulungen bestand aus einer Zufriedenheitsbefragung der Spielerinnen und Spieler. Nach jeder Einheit erfolgte eine Zufriedenheitsbefragung zur Schulung und der digitalen Umsetzungsform. Die Zufriedenheitsbefragung erfolgte quantitativ über einen Evaluationsfragebogen, den die Spielerinnen und Spieler nach den einzelnen Einheiten zugesendet bekamen.

3 Ergebnisse

3.1 Befragung Vereine

Insgesamt erhielten 98 Vereine den Fragebogen zur Zusammenarbeit mit Sportpsychologinnen und Sportpsychologen. Der Fragebogen wurde jedoch von 204 Teilnehmenden ausgefüllt. Auf Grund dessen muss davon ausgegangen werden, dass pro Verein mehr als eine Person den Fragebogen ausgefüllt hat. In zukünftigen Befragungen sollte daher darauf geachtet werden, dass pseudonymisierte Links an die einzelnen Vereine verschickt werden. Weitergehend zeigt dies aber auch, dass anders als vielleicht in anderen Bereichen, es für den sportpsychologischen Bereich nicht immer eine explizite Ansprechperson im Verein gibt und somit sich hypothetisch mehrere Personen des Vereins gleichermaßen für die Beantwortung des Fragebogens verantwortlich gefühlt haben, ohne dies zuvor untereinander zu kommunizieren.

Auf Grund der in diesem Fragebogen verwendeten Anonymisierung ist eine Zuteilung der einzelnen Fälle zu den entsprechenden Vereinen nicht möglich. Von einer Mehrfachnennung einzelner Vereine ist dabei stark auszugehen. Die nachfolgenden Erkenntnisse werden daher insbesondere auf deskriptiver Ebene der qualitativen Antworten dargestellt.

Innerhalb der Vereine zeigte sich insgesamt eine hohe Divergenz bezüglich der Sportpsychologie. Während einige Vereine über keine sportpsychologischen Angebote verfügen, kooperieren andere Vereine mit einer Sportpsychologin oder einem Sportpsychologen beziehungsweise mit einer Mentaltrainerin oder einem Mentaltrainer im Lizenzbereich. Andere Vereine bieten eine sportpsychologische Betreuung für den Nachwuchsbereich an.

Dabei ist zu unterstreichen, dass lediglich ein einziger befragter Verein angab, einen festangestellten Sportpsychologen im Verein zu haben. Das mehrheitliche Konzept scheint insbesondere die Anstellung auf Honorarbasis zu sein. In weiteren Fällen erhielten die Sportpsychologinnen und Sportpsychologen auch keinerlei finanzielle Entlohnung. Auch die Qualifikationen der beschäftigten Sportpsychologinnen und Sportpsychologen sowie Mentaltrainerinnen und Mentaltrainern wurden stark heterogen benannt. Dabei konnten mehrere Teilnehmende die tatsächliche Berufsbezeichnung und Qualifikation ihrer Sportpsychologin oder ihres Sportpsychologen sowie ihrer Mentaltrainerin oder ihres Mentaltrainers vor Ort nicht benennen.

Als häufigsten Grund für das Nichtvorhandensein eines sportpsychologischen Angebotes benannten die Vereine dabei eigene finanzielle Möglichkeiten, aber auch keinen Zugriff auf oder Kontakte zu Sportpsychologinnen und Sportpsychologen in der Region. Auch die Akzeptanz im Verein wurde immer wieder als Grund genannt.

3.2 Prä-Test-Messung der Spielerinnen und Spieler

Insgesamt erhielten 245 Spielerinnen und Spieler den Fragebogen zur Zufriedenheit mit der bestehenden sportpsychologischen Betreuung im Verein und im Verband. Von 123 Spielerinnen und Spielern (50 %) erhielten wir eine Rückmeldung. Von diesen gaben 63,5 % an bereits einmal Kontakt zu einer Sportpsychologin oder einem Sportpsychologen gehabt zu haben. Im Nationalmannschaftskontext gaben 35 % der Befragten an, bereits an sportpsychologischen Gruppenworkshops teilgenommen zu haben und 14,6 % individuell mit einer Sportpsychologin oder einem Sportpsychologen gearbeitet zu haben. 8,1 % der Befragten gaben an, im Rahmen einer Forschungsarbeit Kontakt zur Sportpsychologie gehabt zu haben. Im Heimatverein gaben 25,2 % der Sportlerinnen und Sportler an, bereits an Gruppenworkshops teilgenommen zu haben. Individuelle sportpsychologische Gespräche benannten 35 % der Befragten. Zudem gaben 7,3 % an, im Rahmen eines Vortrags (z. B. bei einer Fortbildung für Trainerinnen und Trainer) sich sportpsychologisch weitergebildet zu haben.

23,6 % der Teilnehmenden gaben an, sich selbstständig um eine sportpsychologische Betreuung gekümmert zu haben. Insgesamt zeigen die Werte, dass sowohl Angebote in den Heimatvereinen als auch bei der Nationalmannschaft wahrgenommen wurden, diese jedoch nicht flächendeckend bei allen Athletinnen und Athleten angekommen zu sein scheinen.

Zudem wurden die Spielerinnen und Spieler dazu aufgefordert, die jeweilige Wichtigkeit der Sportpsychologie für verschiedene Kontexte auf einer Skala von 1 (gar nicht wichtig) bis 5 (sehr wichtig) zu bewerten. Hierbei zeigte sich, dass die Befragten mit einem Mittelwert von 4,28 ($SD = 0,7$) der Sportpsychologie einen sehr hohen Stellenwert für das Eishockey im Allgemeinen zuschrieben. Bei der Bewertung der Wichtigkeit für die persönliche Entwicklung ergab sich zudem ein Mittelwert von 4,1 ($SD = 0,9$). Hingegen gaben die Spielerinnen und Spieler bei der Bewertung des Stellenwerts der Sportpsychologie im eigenen Verein einen Mittelwert von 2,7 ($SD = 1,2$) an. Die Befragung zeigte somit deutlich, dass generell ein hohes Interesse an der sportpsychologischen Arbeit besteht, bereits bestehende Angebote jedoch nicht gleichermaßen verteilt und angenommen wurden.

3.3 Projektstand: Was wurde umgesetzt

Hauptaugenmerk des Service-Forschungsprojekts bestand in der inhaltlichen Erarbeitung eines systematischen Ausbildungskonzepts. Hierbei sollte ein Playbook erarbeitet und Online-Schulungen ausgearbeitet werden.

Zunächst wurden die relevanten Bereiche der Sportpsychologie erarbeitet. Die Schulungen und das Playbook untergliedern sich in die neun inhaltlichen Bereiche: Vorstellungstraining, Motivation und Wille, Regeneration und Entspannung, Konzentration, Wettkampfmanagement, Selbstvertrauen, Lernkultur, Emotionen spüren und steuern sowie Umgang mit Angst. Zu allen Bereichen wurden konkrete Übungen entwickelt, die im Playbook als Anleitungen beschrieben und mit Arbeitsmaterialien ergänzt wurden. Diese sind teilweise als Arbeitsblätter direkt im Playbook integriert oder über einen QR-Code abrufbar auf der Website des DEB zur Rahmentrainingskonzeption (RTK) hinterlegt.

Jedes Kapitel wird kurz theoretisch eingeführt. Parallel dazu wurden die Online-Schulungen konzipiert. Die Online-Schulungen und die einzelnen Kapitel im Playbook wurden aufeinander abgestimmt entwickelt. Zum Zeitpunkt des Berichts wurde das Playbook zwar fertiggestellt, aufgrund von verschiedenen Verzögerungen jedoch bislang noch nicht gedruckt und konnte zum Zeitpunkt des Projektabschlusses entsprechend noch nicht an die Nationalspielerinnen und Nationalspieler ausgehändigt werden.

Die Durchführung der Online-Schulungen wurde dennoch bereits gestartet. Entsprechende Arbeitsmaterialien erhielten die Nationalspielerinnen und Nationalspieler digital zugesandt. Nach den Einheiten wurde die Zufriedenheit mit der jeweiligen Online-Schulung erfragt. Zunächst konnten die Spielerinnen und Spieler ihren Gesamteindruck der Online-Schulung, angelehnt an das 5-Sterne-Programm, selbst auf einer 5-Sterne-Skala bewerten (eine höhere Sterne-Anzahl bedeutet einen besseren Gesamteindruck). Im Durchschnitt erhielten die Schulungen bisher 4,54 ($SD = 0,56$) Sterne. In einer zusätzlichen Bewertung auf einer 5-stufigen-Likert-Skala von (1 = stimme gar nicht zu) bis (5 = stimme voll zu) gaben diese zudem an, auch an weiteren Schulungen teilnehmen zu wollen ($M = 4,71$; $SD = 0,76$) sowie etwas Neues gelernt zu haben ($M = 4,35$; $SD = 0,85$).

4 Diskussion

Die Bedarfsanalyse zum sportpsychologischen Coaching im Eishockey gibt dem DEB eine Übersicht zum Coachingbedarf in der Sportart, insbesondere der Nationalspielerinnen und Nationalspieler. Künftig soll darauf aufbauend eine engere Kooperation zwischen Vereinen und Verband in diesem Bereich entstehen. Wenn klar ist, welche Sportlerinnen und Sportler eine sportpsychologische Ausbildung im Verein erhalten, können die Mittel zielgerichteter eingesetzt werden. Zudem sollen die Vereine unterstützt und aufgefordert werden, sportpsychologische Inhalte in ihr Ausbildungskonzept einfließen zu lassen. Dieses Modell könnte auch anderen Verbänden dienen, um ein ressourcensparendes Betreuungskonzept aufzubauen.

In den ersten Online-Schulungen zeigte sich, dass die Sportlerinnen und Sportler überwiegend zufrieden mit den Trainingsinhalten waren. Sie gaben der Online-Schulung im Durchschnitt $M = 4,54$ von 5 möglichen Sternen. Dennoch wiesen die praktische Umsetzung und das Feedback der Teilnehmenden einige Verbesserungsvorschläge auf. So schien der Termin zum Vorstellungstraining sehr kompakt. Eine Entzerrung der Schulungsinhalte auf zwei Termine soll künftig dafür sorgen, dass die Inhalte in der Tiefe besprochen werden können. Bei einigen Terminen scheint es auch sinnvoll, sportpsychologisch erfahreneren Athletinnen und Athleten und weniger erfahrenen Athletinnen und Athleten die Inhalte in verschiedenen Gruppen zu präsentieren. Das teamübergreifende Angebot kam bislang sehr gut an und stärkt die Identifizierung mit der Gruppe der Nationalspielerinnen und Nationalspielern.

Von den Erkenntnissen zur Zufriedenheit mit den digitalen Angeboten sollen künftig auch andere Verbände Nutzen ziehen. Insbesondere die Erkenntnis darüber, inwieweit diese Art der Betreuung Ressourcen einspart und wie sich dies auf die Qualität in den Workshops auswirkt, scheint von großem Interesse. Dies könnte das sportpsychologische Betreuungsangebot nachhaltig beeinflussen. Dabei soll jedoch nicht auf den persönlichen Kontakt bei zentralen Maßnahmen verzichtet werden.

Die Erarbeitung des Playbooks hat mehr Ressourcen gebunden als erwartet. Zunächst mussten die Bereiche bestimmt, anschließend konkrete Übungen ausgewählt und diese dann schriftlich ausgeführt werden. So ist ein Playbook mit über 150 Seiten entstanden. Die Inhalte wurden darüber hinaus mit digitalen Inhalten über QR-Codes verlinkt, und das Playbook wurde zur Identitätsstiftung und Motivation entsprechend gelayoutet. Insgesamt verlangte dieser Prozess einen hohen Arbeitsaufwand. Andere Verbände können nun von dieser Ausarbeitung profitieren. Natürlich müssen die Inhalte teilweise sportartspezifisch angepasst und ergänzt werden. Entsprechend ist das Playbook eine gute Grundlage, die anderen Verbänden viel Arbeitsaufwand ersparen kann. Dies gilt ebenso für die Struktur der Online-Schulungen.

In einem anschließenden Transferprojekt werden diese Grundlagen nun fortgeführt. Im nächsten Schritt sollen die Spielerinnen und Spieler das Playbook erhalten. Die Online-Schulungen werden weiter regelmäßig einmal im Monat durchgeführt und evaluiert. Im Anschluss an die erste Runde wird dann die Gesamtzufriedenheit der Nationalspielerinnen und Nationalspieler mit dem Betreuungsangebot evaluiert (Post-Test-Messung). In einem iterativen Prozess soll so das Betreuungsangebot kontinuierlich verbessert werden. Einen entscheidenden Schritt zur Verbesserung des Betreuungsangebots soll in Zukunft auch der Austausch und die Unterstützung mit den Vereinen darstellen.

5 Literatur

- Beckmann, J., Ritthaler, T. & Engbert, K. (2018). Performance Monitoring: Erfassung und Entwicklung sportpsychologischer Leistungsfaktoren. Abschlussbericht für das BISp-Forschungsprojekt. ZMV14-072001/16-17
- Deplazes, S. und Künzli, H. (2020) Kompetenzentwicklung für Online-Coaching. In R. Wegener & S. Ackermann (Hrsg.) Coaching im digitalen Wandel. Vandenhoeck & Ruprecht.
- Engbert, K., Werts, T., Kiss, A. & Beckmann, J. (2014). Entwicklung und Umsetzung einer sportpsychologischen Rahmenkonzeption im Deutschen Skiverband, Ski Alpin, für die Talentförderung, Ausbildung und das Coaching. Abschlussbericht für das BISp-Forschungsprojekt. IIA1-081001/11-14
- Hof zum Berge, A., Loch, F., Schwarzenbrunner, K., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M., & Kellmann, M. (2020). Assessment of sleep quality and daytime sleepiness in German national ice hockey players preparing for the world championship. *German Journal of Exercise and Sport Research*. doi:10.1007/s12662-020-00693-4
- Meyer, T., Ferrauti, A., Kellmann, M., & Pfeiffer, M. (2020). Regenerationsmanagement im Spitzensport. Teil 2: REGman - Ergebnisse und Handlungsempfehlungen (1. Aufl.). Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.

TaeKViewer – Ein Softwaretool zur Auswertung von Wettkampfdaten im Taekwondo

(AZ 072004/21-22)

Steffen Lang¹, Klaus Haggemüller² (Deutsche Taekwondo Union) & Daniel Link¹ (Projektleitung)

¹Technische Universität München, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaften, Lehrstuhl für Trainingswissenschaft und Sportinformatik, ,

²Breitensportreferent & designierter Bundestrainer Wissenschaft, Deutsche Taekwondo Union e. V.

1 Einleitung

Taekwondo Zweikampf ist seit dem Jahr 2000 olympische Disziplin. Im Spitzenbereich wird die Sportart dominiert durch das Ursprungsland Südkorea, gefolgt von China und den USA. In den letzten Jahren konnten auch Großbritannien, die Türkei und der Iran ihre sportlichen Leistungen im Taekwondo deutlich verbessern. Um die Konkurrenzfähigkeit deutscher Athleten und Athletinnen zu erhalten bzw. zu verbessern, wurden in Zusammenarbeit zwischen der Technischen Universität München (TUM) und der Deutschen Taekwondo Union (DTU) Aktivitäten unternommen, um die bestehende Wettkampfanalyse auf den aktuellen Stand von Forschung und Technik zu heben.

Ausgangspunkt dieses Projektes war das Transferprojekt Taekwondo2020 (071607/20) (TP20), in dem der methodische Grundstein, insbesondere das Beobachtungssystem, für die systematische Wettkampfdatenerfassung in der DTU gelegt wurde. Daraus resultierend konnten die über die lizenzierte Software „Athlyzer“ erhobenen Wettkampfdaten mit einem Konvertierungstool aufbereitet und über Excel-Mechanismen rudimentär ausgewertet werden. Ziel dieses Projekts war die Entwicklung einer sportartspezifischen Analysesoftware TaeKViewer, welche die bestehende Wettkampfdatenauswertung erweitert und vereinfacht. Bislang gab es keine spezifische Analysesoftware für Taekwondo. Standardtools zur Spielanalyse helfen hier langfristig nicht weiter, da nicht nur jede Sportart, sondern auch jeder Trainer und jede Trainerin ihr eigenes spezifisches Erkenntnisinteresse hat.

Tools müssen nicht nur Merkmalshäufigkeiten aufaddieren, sondern die sportartspezifischen Zusammenhänge angemessen abbilden. Dies lässt sich über sportartübergreifende Systeme nicht adäquat realisieren. Bei der Entwicklung wurden Erfahrungen aus bereits durch das BISp geförderten Projekten in den Sportarten Beach-Volleyball (Link & Ahmann, 2013), Goalball (Link et al., 2017) und Tischtennis (Link et al., 2019) berücksichtigt.

2 Technologie- und Methodenentwicklung

2.1 Technischer Workflow

Die Abb. 1 zeigt den technischen Workflow der Wettkampfanalyse innerhalb der DTU jeweils nach dem TP20 (links) und nach diesem Projekt (rechts). Nach dem TP20, welches der DTU ermöglichte, die Software Athlyzer zur Annotation zu nutzen, waren die Auswertungsmöglichkeiten jedoch noch begrenzt. Es war zwar möglich, aus den Aktionsdaten Statistiken zu erzeugen, eine qualitative Videoanalyse hingegen war nur mit großem Aufwand möglich, da Athlyzer als Videoanalysetool nicht die entsprechenden gewünschten Funktionen bereitstellt (Filterung nach Aktionstypen, Anspringen einer Szene, Kombination mehrerer Kämpfe). Durch die Verwendung eines eigenen Datenformats und der Entwicklung des TaeKViewers konnte nun der bisherige Workflow, mit verschiedenen Zwischenschritten und ohne die Möglichkeit zur qualitativen Videoanalyse vereinfacht werden.

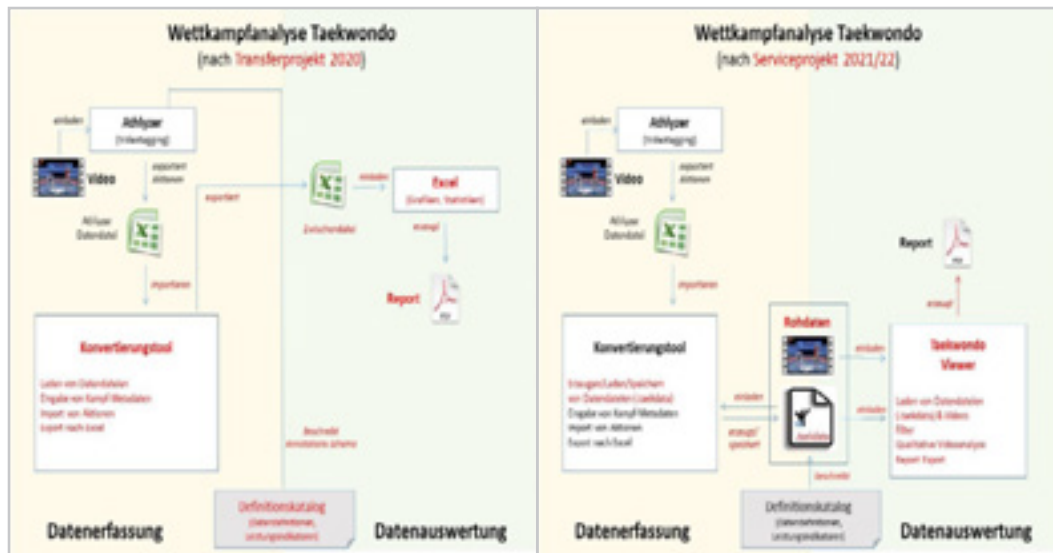


Abb. 1: Darstellung der DTU Wettkampfanalyse nach dem TP20 (links) und nach dem hier durchgeführten Serviceprojekt (rechts). In Rot sind alle neuen Elemente im Analyseprozess markiert, die mit dem jeweiligen Projekt umgesetzt wurden.

In der aktuellen Ausbaustufe werden die Daten von Athlyzer in das eigene Datenformat konvertiert, welches wiederum der TaekViewer einlesen kann und anschließend eine qualitative Videoanalyse oder das Erzeugen von Statistik-Reports ermöglicht. Somit wurde der Umweg über eine Excel-Zwischendatei aufgehoben, und die Datenanalyse findet nun gebündelt ausschließlich im TaekViewer statt. Ein wesentliches Feature des Taekviewers ist, dass aus den manuell erhobenen Rohdaten weitere Analysemerkmale erzeugt werden. Beispielsweise lässt sich aus der bei Treffern verwendeten Technik, bereits der Punktstand ableiten, ohne dass dieser explizit vorher eingegeben werden muss. Ebenso können Aktionen automatisch mit zusätzlichen Variablen wie „klarer Rückstand“, „Crunch Time“ belegt werden, die für die weitere Analyse hilfreich sind.

2.2 Technologische Entwicklungen

Der TaekViewer ermöglicht

- das Einladen der mit Athlyzer erhobenen Daten,
- die Filterung der Daten nach bestimmten, vom Trainer gewünschten, Kriterien,
- das Verknüpfen der getaggten Aktionen mit dem entsprechenden Videoausschnitt und

- den Export von Statistiken und Grafiken für die Analyse.

Der TaekViewer besteht aktuell nur aus einem Fenster, in dem alle Aktionen des Benutzers ausgeführt werden. Dieses Hauptfenster besteht aus drei Bereichen (Abb. 2): links die Filtersektion „Filters“, in der Mitte eine gefilterte Liste mit „Actions“ und rechts der Videoplayer, gemäß der Qualitativen Spielbeobachtung (Hansen & Lames, 2001; Link et al., 2018; Link & Ahmann, 2013; Weber & Link, 2016).

Der Abschnitt „Filters“ erlaubt die Filterung aller Aktionen in den eingeladenen Kämpfen nach bestimmten, von den Trainern definierten, Kriterien. Dabei ist eine einschließende wie bedingte Suche möglich. Alle Filtermöglichkeiten entsprechen den definierten Attributen einer Kampfaction aus dem im TP20 entwickelten Definitionskatalog. In der Mitte wird dann das Filterresultat als Liste aller gefundenen Actions dargestellt. Auf der rechten Seite kann, durch Klick auf eine Aktion in der Liste, das dazugehörige Video angezeigt und qualitativ analysiert werden. Für die Benutzerfreundlichkeit war es notwendig, zwei Videosteuerungen zur Verfügung zu stellen. Eine steuert die Anzeige der ausgewählten Aktion und die andere das gesamte Video. Denn hier muss, anders als bei Rückschlagspielen mit einem klaren Anfang und Ende eines Ballwechsels, Rück-

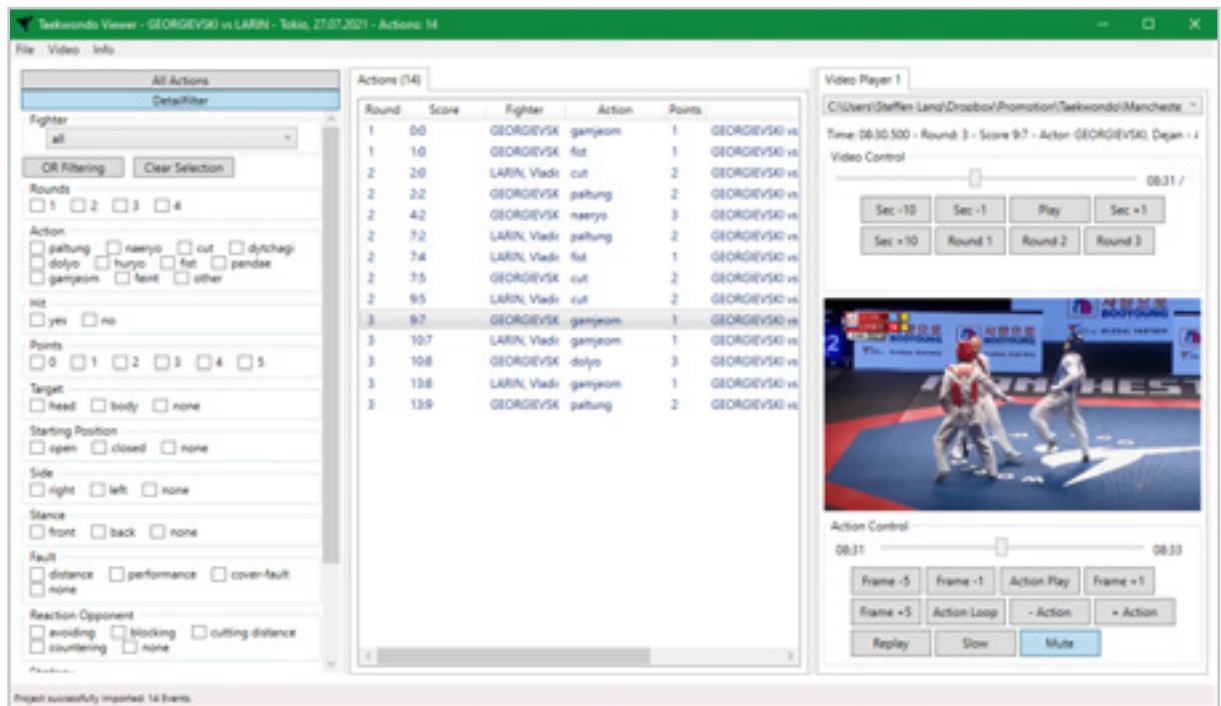


Abb. 2: TaekViewer-Oberfläche mit einem eingeladenen Kampf und der Dreiteilung: Filtermöglichkeiten (links), Ergebnisliste und -visualisierungen, Videoansicht (rechts)

sicht genommen werden auf die fortwährende Runde in einem Taekwondo-Kampf und die vielen Aktionen nacheinander. Für einen Analysten kann es entscheidend sein, das Verhalten oder den Kampfverlauf vor einer ausgewählten Aktion ebenfalls zu betrachten.

Zum aktuellen Zeitpunkt ist der Viewer primär für die qualitative Videoanalyse entwickelt, allerdings ist das Potential bei weitem noch nicht ausgeschöpft. Beispielsweise bietet der TaekViewer bislang nicht die Möglichkeit, sportartspezifische Visualisierungen von Leistungsparametern für die quantitative Voranalyse direkt im Programm zu erstellen (vgl. abgeschlossene Projekte im Beachvolleyball, Tischtennis und Goalball). Ebenso sollen zukünftig Wettkampfsituationen durch intelligente Kombination von Beobachtungsmerkmalen automatisch klassifiziert und taktische und technische Auffälligkeiten automatisch erkannt werden.

3 Fazit

Als Ergebnis dieses Projektes steht der DTU ein Analysewerkzeug zur Verfügung, welches es ermöglicht, die mit der Erfassungssoftware Athlyzer erhobenen Daten mittels Qualitativer Videoanalyse auszuwerten. Es bietet die Möglichkeit, die Daten von einem Kampf oder mehreren Kämpfen über diverse Filter zu reduzieren und im Anschluss die entsprechenden Videoszenen anzuspriegen. Dies ermöglicht eine individuelle Wettkampfanalyse und Taktikbesprechung im deutschen Taekwondo. Das Werkzeug ist seit Mitte 2021 fester Bestandteil der Wettkampfanalyse und wird intensiv genutzt.

4 Literatur

- Hansen, G., & Lames, M. (2001). Die Qualitative Spielbeobachtung Eine Beobachtungsvariante zur Trainings- und Wettkampfsteuerung im Spitzensport. *Leistungssport*, 31(1), 63–71
- Link, D., & Ahmann, J. (2013). Spielanalyse im Beach-Volleyball – Die Softwaretools für die Olympischen Spiele 2012. *Leistungssport* 4, 58–63.
- Link, D., Fuchs, M., & Ziegler, V. (2019). Spielanalyse Paratistennis 2018. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2017/18* (S. 51–97).
- Link, D., Fuchs, M., & Ziegler, V. (2018). Spielanalyse Paratistennis 2017. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2017/18* (S. 95–97).
- Link, D., Weber, Ch., & Prokein, Th. (2017). Wettkampfbetreuung im Goalball 2016. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2016/17* (S. 173–176). Sportverlag Strauß.
- Weber, C. & Link, D. (2016). Performance Analysis in Goalball. In P. Chung, A. Soltoggio, C. W. Dawson, Q. Meng & M. Pain (Eds.), *Advances in Intelligent Systems and Computing. Proceedings of the 10th International Symposium on Computer Science in Sports (ISCSS)* (Bd. 392, S. 157–160). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24560-7_20

Optimierung der vollautomatischen zeitkontinuierlichen Erkennung der Körperpose und Skiposition von Skispringern in Videoaufnahmen

– Eine weiterführende Überarbeitung des aktuellen Systems zur Schätzung der Absprung- und Flugparameter für einen verbesserten und autonomeren Praxiseinsatz

(AZ 072005/21-22)

Katja Ludwig¹, Rainer Lienhart¹ (Projektleitung), Sören Müller² & Sascha Kreibich²

¹Universität Augsburg, Lehrstuhl für maschinelles Lernen und Sehen

²Institut für Angewandte Trainingswissenschaft

1 Problem

Für die Leistungsdiagnostik von Skispringerinnen und Skispringern ist eine genaue Analyse der Körperposition während der Flugphase essentiell. Dabei sind die Positionen von Körperpunkten und daraus abgeleitete Körperwinkel relevant. Um Athletinnen und Athleten sowie Trainerinnen und Trainer zu entlasten, wurde ein für den Praxiseinsatz reifes System entwickelt, welches mittels hochmoderner tiefer neuronaler Netze wichtige Körperpunkte wie Gelenke und Lage der Ski automatisch Bild für Bild in Videos von Skispringern von der Seite bestimmt. Aus diesen erkannten Punkten werden im Anschluss die Flugparameter wie Skianstellwinkel und Flugkurve des Körperschwerpunktes der Skispringer automatisiert bestimmt.

Umfangreiche quantitative Analysen haben gezeigt, dass das aktuelle System zur Schätzung der abgeleiteten Leistungsparameter i. d. R. robust schätzt, aber unter schwierigen Bildbedingungen mit gelegentlichen Aussetzern bei den Ergebnissen zu rechnen ist. Dies trübt den regelmäßigen Einsatz, da nur manuell überprüfte Ergebnisse mit gutem Gewissen an die Trainerinnen und Trainer weitergeleitet werden können. Außerdem wäre es wünschenswert, zusätzliche Punkte auf den Skispringern/-springerinnen bzw. den Skiern definieren und erkennen zu können, ohne umfangreiche manuelle

Annotationen wie für die bisherigen Körperpunkte bereitstellen zu müssen.

Ziel des Service-Forschungsprojekts ist es deshalb, das aktuelle System weiter für den alltäglichen, autonomen Regelbetrieb zu verbessern, so dass der Aufwand für die manuelle Prüfung und eventuelle Korrektur auf ein Minimum sinkt. Zusätzlich sollen für die Leistungsdiagnostik Experimentiermöglichkeiten mit zusätzlichen, leicht zu definierenden Punkten auf Körper und Skiern ermöglicht werden.

2 Methode

Um das aktuelle System besser auf das Körpermodell anzupassen sowie eine Leistungsdiagnostik mit mehr Punkten zu ermöglichen, wurde zunächst eine kleine Menge an neuen Punkten erstellt, um die Möglichkeiten des Verfahrens auszuprobieren. Gleichmäßig verteilt wurden auf dem Nacken, Oberarm, Unterarm, Oberschenkel, Unterschenkel und Torso jeweils 3 zusätzliche Punkte erstellt und auf dem Ski jeweils 9 Punkte. Die Punkte wurden linear interpoliert zwischen die annotierten Körperpunkte gelegt. Entsprechend dieses Systems können beliebig viele Punkte mehr generiert werden. Ergebnisse haben jedoch gezeigt, dass diese Variante nicht zielführend ist, um beliebige Punkte zu erkennen. Deshalb wurde eine neue Darstellung entwickelt.

Dabei wird ein Vektor verwendet, der als Länge die Anzahl der annotierten Körperpunkte besitzt, also 11. Soll nun ein annotierter Körperpunkt x erkannt werden, enthält der Vektor nur Nullen und an der Stelle, die diesem Körperpunkt entspricht, eine 1 (soll der zweite Körperpunkt erkannt werden, wird an der zweiten Stelle eine 1 gesetzt). Für einen Körperpunkt zwischen zwei Punkten wird in den Vektor bei den Stellen der entsprechenden Punkte der Anteil an der Strecke geschrieben, wo der Körperpunkt liegen soll. Soll beispielsweise ein Körperpunkt erkannt werden, der zwischen Körperpunkt 3 und 4 liegt, und zwar zu einem Viertel auf der Strecke zwischen 3 und 4 (also näher an 3), dann wird bei Körperpunkt 3 0.75 eingetragen und bei Körperpunkt 4 0.25. Weitere Beispiele können der Abb. 1 entnommen werden. Mit dieser Darstellung können nun beliebige Zwischenpunkte, und damit unendlich viele, erkannt werden. Während des Trainings des Modells werden zufällige Zwischenpunkte generiert, um dem Modell die Logik dieser Vektoren beizubringen. Aus den vorhandenen annotierten Standardpunkten werden ebenfalls zufällig Körperpunkte ausgewählt, damit das Modell nicht nur mit diesen Punkten, sondern eben mit allen Varianten, funktioniert.

3 Ergebnisse

Zunächst wurde ein Training mit der kleinen Menge an neuen Punkten, wie oben beschrieben, durchgeführt. Die Ergebnisse für die neu definierten Punkte waren zufriedenstellend, jedoch wurde festgestellt, dass man keinen Zusammenhang zwischen benachbarten Körperpunkten in der internen Repräsentation des Netzes finden kann. Auf den 11 Standardpunkten konnte eine Percentage of Correct Keypoints (PCK) von 81,1 % erreicht werden, jedoch nur bei der Berechnung aller Punkte. Wenn nur die Standardpunkte berechnet werden sollen, wird nur eine PCK von 14,4 % erreicht. Auf allen Punkten (Standard- und zusätzliche Punkte) erreicht das System eine PCK von 86,0 %. Mit der bisher verwendeten Methode würde das bedeuten, dass mit der Anzahl der zusätzlichen Körperpunkten auch der Aufwand für das Netz steigt und man nicht dazu kommen kann, beliebige Zwischenpunkte zu erkennen. Ein weiteres Problem war die Abhängigkeit von den vorhandenen Körperpunkten. Man konnte entweder alle Punkte erkennen oder keine, es war nicht möglich, nur eine Untermenge der Punkte zu erkennen.

head	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
shoulder	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0
elbow	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0
hand	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
hip	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.8
knee	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.2
ankle	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
right ski tip	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.5	0.2	0	0	0
right ski tail	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0.5	0.8	0	0	0
left ski tip	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0.7	0.5	0
left ski tail	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0.3	0.5	0

Abb. 1: Beispiele für die Darstellung variabler Punkte in Vektorenform. Die ersten 11 Punkte sind die Standardpunkte. Deshalb sind alle Einträge des Vektors von Körperpunkt i Nullen bis auf den Eintrag an der Stelle i . Gemischte Punkte enthalten Anteile der Standardpunkte, die aufsummiert 1 ergeben müssen.

Auch dieses Problem konnte mit der neuen Darstellung behoben werden. Mit diesem Modell wird eine PCK von 81,8 % erreicht, egal ob nur die Standardpunkte oder auch zufällig generierte Punkte ausgewertet werden. Eine Auswertung aus Standard- und zusätzlichen Punkten (die jetzt aber zufällig sind und nicht fest, und damit für das Modell schwieriger zu erkennen) ergibt eine PCK von 84,4 %. Beispiele für Detektionen von Zwischenpunkten auf den Ski können Abb. 2 entnommen werden.

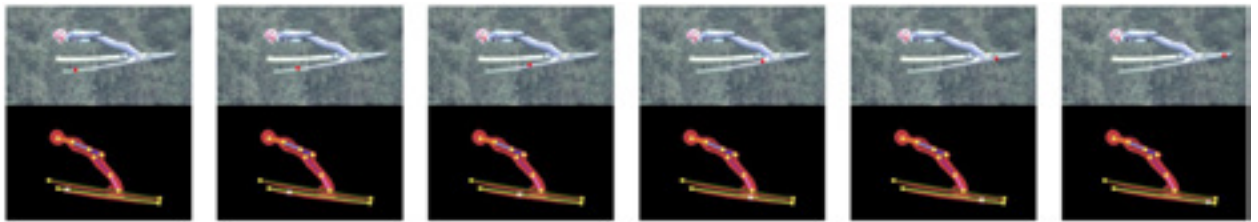


Abb. 2: Beispiele für Detektionen von Zwischenpunkten. Der gewünschte Punkt ist mit einem weißen Kreuz in der Silhouette markiert, der detektierte Punkt in Rot.

Unten ist der gewünschte Punkt in der Silhouette mit einem weißen Kreuz eingezeichnet, der vom Modell vorhergesagte Punkt ist im oberen Bild rot markiert. Zusätzlich wurde das System noch weiter angepasst für die Verwendung mit hochauflösenden Kameras. Am Ende konnten zwei unterschiedliche Systeme, eines basierend auf einem Faltungsnetz und eines basierend auf einem Transformer-Netz, erstellt werden. Beide Varianten erzielen bessere Ergebnisse als das bisherige System. Abb. 3a (links) zeigt die Ergebnisse des vorherigen Systems, nur ausgewertet auf hochauflösenden Bildern.

Abb. 3b (rechts) zeigt die Ergebnisse des neuen Systems in beiden Varianten. Zur Evaluation wird dabei die Metrik „PCA #“ (Percentage of Correct Angles) verwendet. Ein Winkel wird von dieser Metrik als korrekt bezüglich eines Schwellwertes # angesehen, wenn der Ergebnswinkel des vorgestellten Systems in Grad nicht mehr als # vom berechneten Winkel aus den annotierten Daten abweicht.

4 Diskussion

Im Vergleich zum bisherigen System erlangt das neue System eine höhere Genauigkeit. Das Faltungsnetz liefert durchwegs bessere Ergebnisse als das bisherige System, und erkennt sogar fast alle Flugparameter mit einer maximalen Abweichung von 3°.

Das Transformer-Netz liefert ebenfalls gute Ergebnisse, es ist etwas schlechter in der Präzision bei maximal 1° Winkelabweichung, jedoch erzielt es ab 2° Winkelabweichung bessere Ergebnisse.

Parameter	PCA 1	PCA 2	PCA 3	Parameter	PCA 1	PCA 2	PCA 3	Parameter	PCA 1	PCA 2	PCA 3
Lower Body	79.1	94.6	98.0	Unterkörper	78.5	97.7	99.4	Unterkörper	71.3	94.6	98.9
Upper Body	76.5	93.7	97.1	Oberkörper	82.2	97.7	100.0	Oberkörper	70.5	96.6	99.4
Body	91.4	96.8	97.7	Gesamtkörper	94.8	99.4	100.0	Gesamtkörper	92.3	99.4	100.0
Ski	91.4	96.3	98.0	Ski	96.8	98.6	99.4	Ski	94.6	99.4	99.4
Diff. LB/Ski	78.2	93.4	96.6	Diff. UK/Ski	79.9	95.1	98.9	Diff. UK/Ski	69.9	94.3	98.3
Gesamt	83.6	95.2	97.7	Gesamt	86.7	97.9	99.7	Gesamt	79.9	97.1	99.4

Abb. 3: Übersicht der PCA-Werte der einzelnen Flugparameter bei den Schwellwerten 1°, 2° und 3° für das bisherige System, das Faltungsnetz (links) und das Transformer-Netz (rechts)

Abschließend lässt sich also sagen, dass das in diesem Projekt entwickelte System eine sehr genaue automatisierte Schätzung der Flugparameter liefert, die so in der Praxis eingesetzt werden kann. Ausführliche Ergebnisse des Forschungsprojekts wurden in einem wissenschaftlichen Aufsatz (Ludwig, 2022) bei einer internationalen Konferenz publiziert.

5 Literatur

- Ludwig, K., Einfalt, M., & Lienhart, R. (2020). Robust estimation of flight parameters for ski jumpers. *2020 IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW)*, pp. 1-6.
- Ludwig, K., Harzig, P., & Lienhart, R. (2022). Detecting arbitrary intermediate keypoints for human pose estimation with vision transformers. *Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision*.
- Yanjie Li, et al. (2021). Tokenpose: Learning keypoint tokens for human pose estimation. *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*.
- Bowen Cheng, et al. (2020). HigherHRNet: Scale-aware representation learning for bottom-up human pose estimation. *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*.

Wissenschaftliche Unterstützung des Techniktrainings von deutschen Para-AthletInnen im Kugelstoß mittels einer sensorbasierten Kugel für ein Echtzeitfeedback

(AZ 072006/21-22)

Marcel Blaumann, Stefan Tiedemann & Kerstin Witte (Projektleiterin)

Universität Magdeburg, Fakultät für Humanwissenschaften,
Institut III: Philologie, Philosophie und Sportwissenschaft Fachdisziplin Sportwissenschaft

1 Problemstellung

Die technologische Unterstützung des Techniktrainings hat bereits bei vielen Sportarten Einzug gehalten und wird hinsichtlich der wachsenden internationalen Leistungsdichte immer wichtiger. Eine Möglichkeit, trainingsbegleitend objektive Leistungsdaten zu erheben, ist der Einsatz der Sensortechnik. In der leichtathletischen Disziplin Kugelstoß wird diese jedoch bisher kaum eingesetzt.

Die Art und Weise, wie KugelstoßerInnen den Impuls (Błazkiewicz, Łysoń, Chmielewski und Wit, 2016) erzeugen und auf die Kugel übertragen, spielt eine wichtige Rolle bei der Verbesserung der Leistungsgröße Wurfweite. Die Kugelstoßtechnik ist hierbei durch eine komplexe Bewegungsausführung mit dem Ziel der Erzeugung einer maximalen Kugel-Abwurf-Geschwindigkeit in Verbindung mit einem optimalen Abwurfwinkel (Linthorne, 2001) charakterisiert. Durch die Analyse der Beschleunigungsdaten insbesondere der Kugel, während der Stoßbewegung (Song, Yuan, Tang, Song und Ge, 2006), könnten TrainerInnen und SportwissenschaftlerInnen technisch fehlerhafte Stoßversuche noch besser diagnostizieren und die KugelstoßerInnen zur Verbesserung ihrer Technik anleiten. Ein Kugelstoßtraining, das sich allein auf ein Videofeedback bzw. das bloße Auge verlässt, kann das in diesem Umfang nicht leisten.

2 Zielstellung

Das Ziel des Projektes ist die nachhaltige wissenschaftliche und technologische Betreuung deutscher TrainerInnen und AthletInnen des Deutschen-Behinderten-Sportverbandes (DBS) in der Disziplin Kugelstoß. Mittels eines in der Kugel integrierten Sensors, soll ein Echtzeit-feedbacksystem mit synchroner Videodarstellung das Techniktraining unterstützen. Weiterhin werden die AthletInnen und TrainerInnen so geschult, dass sie die Messungen im täglichen Training selbstständig durchführen können. Das Training der AthletInnen wird nicht beeinträchtigt und gleichzeitig eine entsprechende Datenbank aufgebaut.

Durch die unmittelbare Überprüfung im Training können Leistungsparameter direkt zurückgemeldet und in den Trainingsprozess einbezogen werden. Es ist weiterhin zu erwarten, dass durch die Messungen des Beschleunigungs-Zeit-Verlaufes der Kugel mit synchroner Videodarstellung es möglich ist, weitere wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse über das Kugelstoßen zu erlangen.

3 Methode

Das zu entwickelnde Echtzeitfeedbacksystem besteht aus mehreren Komponenten (Abb. 1). Eine speziell angefertigte Platine mit mehreren Inertialsensoren, einem Prozessor und einem Batteriemanagement stellt die elektrotechnische Grundlage dar.

Verbaut in einem Gehäuse wird diese in speziell angefertigte Stoßkugeln eingeschraubt. Die Sensorik dient lediglich der Datenerfassung. Alle erhobenen Daten werden via Funk an ein mobiles Endgerät übermittelt. In diesem Projekt wurde sich für iOS entschieden und die Applikation primär für iPads umgesetzt (Abb. 2).



Abb. 1: Sensorkugel mit Sensorgehäuse.

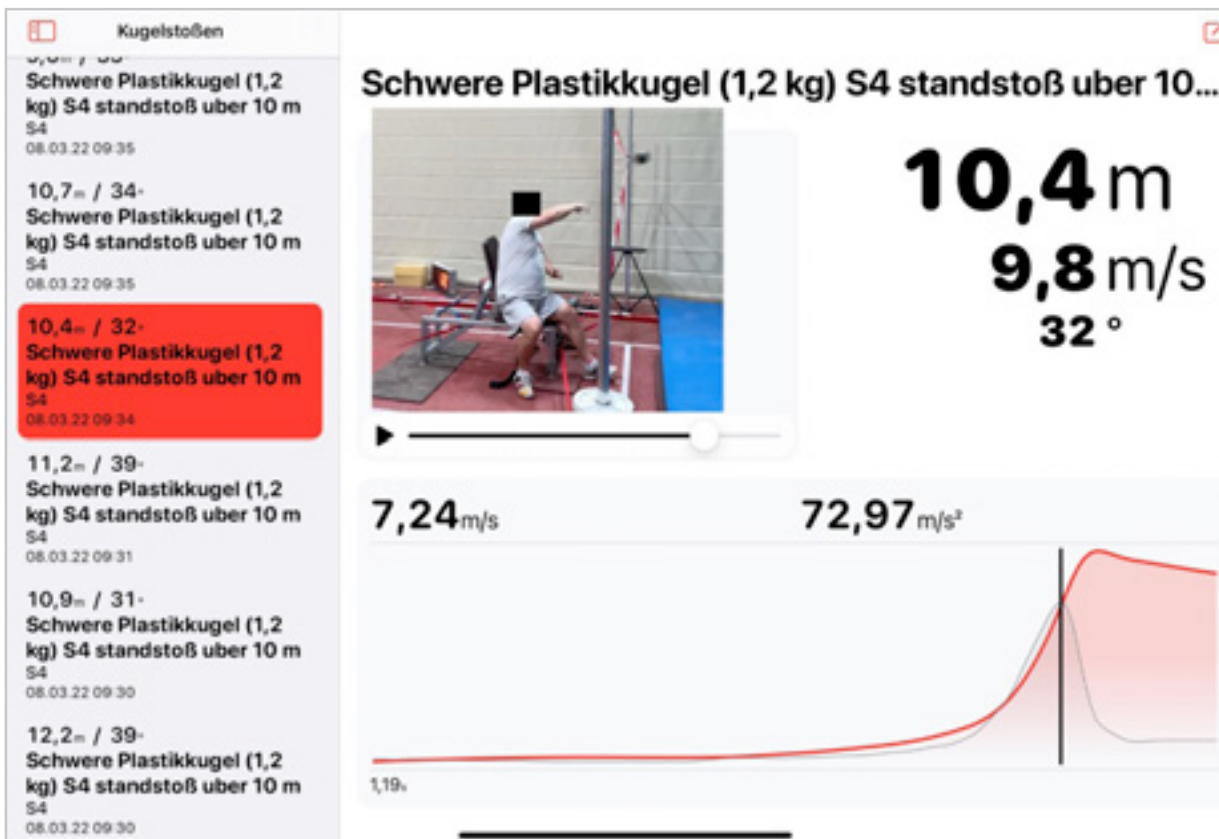


Abb. 2: Kugelstoß-Applikation auf dem iPad. Links kann der interessierte Versuch gewählt werden. Für diesen werden Stoßweite, Abfluggeschwindigkeit und Abflugwinkel (rechts) angezeigt. Synchron zum Video werden die zeitlichen Verläufe der Kugelgeschwindigkeit (rot) und der Kugelbeschleunigung (schwarz) dargestellt.

Die Sensorik basiert auf zwei Inertial-Messsensoren (IMU) mit je 6 Freiheitsgraden (6DoF). Die Beschleunigungssensoren haben einem Messbereich von 294,3 m/s² oder das Dreißigfache der Erdbeschleunigung (g). Die Gyroskope haben ein Rotationsmaximum von 4000°/s. Diese Messbereiche genügen ausgehend von internen Vortests den hohen Anforderungen im Kugelstoßen. Eine Überschreitung der Messbereiche wird durch Voruntersuchungen ausgeschlossen. Die Sensoren sind mit einem Abstand ihrer Mittelpunkte von 43 mm in einer Achse auf der Platine verbaut. Hierdurch lässt sich die Beschleunigung im Mittelpunkt der Kugel berechnen und rotationsbedingte Beschleunigungen messtechnisch vermeiden. Über Sensorfusionsalgorithmen werden die Beschleunigungen auf dem Mikroprozessor ins Weltkoordinatensystem übertragen. Nach weiteren Aufbereitungen und Filterungen werden die Daten mit 62,5 Hz über Bluetooth 5.0 bereitgestellt. Ein ähnliches Sensorsystem mit denselben Sensoren ist bereits im Hammerwurf im Projekt ZMVI4-070802-21 erfolgreich eingesetzt worden. Eine erste Evaluation des Systems erfolgte mit dem Motion Capturing System Vicon, welches als Goldstandard gilt. Im Rahmen dieser Untersuchung konnte der sehr starke Zusammenhang ($r = 0,99$) zwischen der gemessenen Beschleunigung (gemessen durch die Sensorik) und der tatsächlichen Beschleunigung (gemessen durch das Vicon-System) festgestellt werden.

In einer weiteren Untersuchung wurde die Sensorkugel mit einer herkömmlichen Kameraanalyse (Sony A73, Kinovea) verglichen. Die verwendete Referenz stellt keinen Goldstandard dar, wird jedoch häufig für die Auswertungen ähnlicher Parameter angewendet. Die Ergebnisse stellen daher keine Validierung dar, sondern dienen lediglich der ersten Einschätzung. Dafür wurden insgesamt 57 Würfe aufgezeichnet. In der Auswertung wurden die berechnete Wurfweite, die Abwurfgeschwindigkeit und der Abwurfwinkel ausgewertet. Anschließend erfolgte die Darstellung in mehreren Bland-Altman-Diagrammen, um die die Unterschiede der Messsysteme darzustellen.

4 Ergebnisse

In den Vergleichsmessungen ergibt sich für die ermittelte Wurfweite über die Beschleunigungsdaten der Sensorkugel und der gemessenen Weite eine mittlere Differenz von -0,61 m mit einer Standardabweichung von $\pm 0,46$ m.

Für die Abwurfgeschwindigkeit zeigt sich eine mittlere Differenz von 0,16 m/s mit einer Standardabweichung von $\pm 0,41$ m/s auf (Abb. 3).

Die Abwurfwinkel zeigte in den Vergleichsmessungen eine mittlere Differenz von 3,96 ° mit einer Standardabweichung von $\pm 2,31$ ° auf.

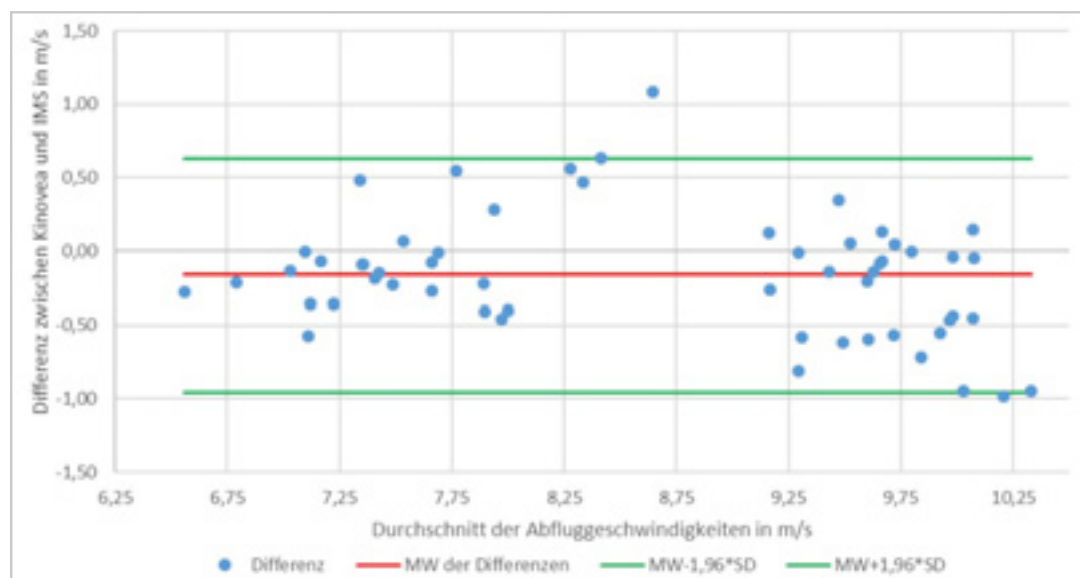


Abb. 3: Bland-Altman-Diagramm der Abwurfgeschwindigkeit

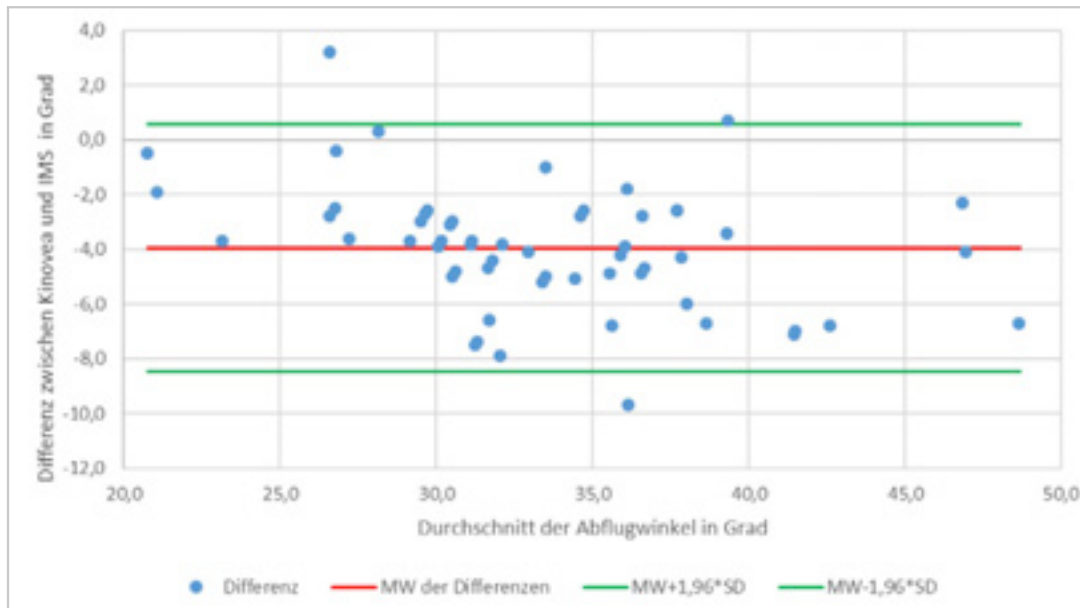


Abb. 4: Bland-Altman-Diagramm des Abwurfwinkels

5 Diskussion

Das Projektziel der Entwicklung einer Sensor-kugel für den täglichen trainingsbegleitenden Einsatz wird erreicht. Die Hardware besteht aus der Elektronik, verbaut in einem Kunststoffgehäuse, welches in unterschiedliche Kugeln eingeschraubt werden kann und einer iOS Applikation für iPads zur Aufnahme und Darstellung der Messwerte.

Die Vergleichsmessungen zeigen Abweichungen in der Wurfweite und dem Abwurfwinkel, welche dem Einsatz nicht genügen. Hierbei ist besonders die Streuung der Messwerte kritisch zu betrachten. Die Durchschnittliche Abweichung wäre als systematischer Fehler im Trainingsbetrieb zu vernachlässigen. Die Abwurfgeschwindigkeit hingegen zeigt eine höhere Genauigkeit. Dieser Parameter ist gleichzeitig ohne Messtechnik nicht abschätzbar. Hieraus ergibt sich ein möglicher Einsatz im Training, um diesen Wert für das Techniktraining anzuwenden.

Neben den Wurfparametern ist der Verlauf der Beschleunigung und Geschwindigkeit als Mittel im Training anzuwenden. Die Einbindung dieser Informationen in das Training ist bislang noch nicht durchgeführt worden.

Ausblickend ist eine umfassende Validierung der Messwerte mit Athleten und Athletinnen diverser Leistungsklassen gegen das Goldstan-

dardsystem Vicon anzustreben. Auf Basis dieser Ergebnisse ist eine weitere Optimierung der Abwurfparameter anzugehen. Die Art des Feedbacks ist ebenfalls im Training zu validieren.

Weiterhin sollen drei Kugeln mit unterschiedlichen, den Wettkampflasten entsprechenden, Gewichten hergestellt werden, um weitere Untersuchungen durchführen zu können. Zukünftig bedarf es in dem Bereich weiterer Entwicklungen und Optimierungen, um die Para-AthletInnen mit der Sensor-kugel noch besser unterstützen zu können.

6 Literatur

- Błazkiewicz, M., Łysoń, B., Chmielewski, A., & Wit, A. (2016). Transfer of mechanical energy during the shot put. *Journal of Human Kinetics*, 52(1), 139-146. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0001>
- Linthorne, N. P. (2001). Optimum release angle in the shot put. *Journal of Sports Sciences*, 19(5), 359-372. <https://doi.org/10.1080/02640410152006135>
- Song, G., Yuan, H., Tang, Y., Song, Q., & Ge, Y. (2006). A novel three-axis force sensor for advanced training of shot-put athletes. *Sensors and Actuators, A: Physical*, 128(1), 60-65. <https://doi.org/10.1016/j.sna.2006.01.016>

Wettkampfdiagnostik im Rollstuhlrugby

(AZ 072008/21-22)

Martin Lames (Projektleitung), Marc Schmid & Maximilian Vater

Technische Universität München, Lehrstuhl für Trainingswissenschaft und Sportinformatik

1 Problem

Die Wettkampfdiagnostik in den Sportspielen zielt darauf ab, die Analyse, die Entscheidungsfindung und das Lernen von Sportlern, Trainern und Betreuern zu unterstützen (McGarry et al., 2013; Hughes & Bartlett, 2015). Hierzu werden sportartspezifische Leistungsindikatoren in Bezug auf die wichtigsten Aktionen und Verhaltensaspekte eines Spielers bzw. einer Spielerin und/oder einer Mannschaft (McGarry et al., 2013) durch speziell entwickelte Beobachtungssysteme zur Leistungsdiagnostik erhoben. Bislang wurde in der paralympischen Sportart Rollstuhlrugby noch kein softwaregestütztes und sportartspezifisches Spielbeobachtungssystem zur leistungsdiagnostischen Analyse im Wettkampf entwickelt und eingesetzt. Die zunehmende Beliebtheit und Professionalisierung im Rollstuhlrugby, sowie die positive Entwicklung der deutschen Nationalmannschaft (9. Platz IWRF Weltrangliste; Stand: 24.05.2022) bildet die Grundlage für eine praxisnahe und wissenschaftliche Kooperation.

Im Rahmen dieses Projekts wurde in Kooperation mit dem Deutschen Behindertensportverband und der deutschen Rollstuhlrugby Nationalmannschaft eine Wettkampfdiagnostik auf Basis eines computergestützten sportartspezifischen Beobachtungssystems entwickelt. Die Arbeit an dem Projekt begann im Juli 2021 und wurde planmäßig Ende Februar 2022 abgeschlossen. Gegenstand des Forschungsprojekts war die Entwicklung eines feldtauglichen Analyse-Tools, das in der Praxis routinemäßig zur Wettkampfdiagnostik im Rollstuhlrugby eingesetzt werden kann. Die dabei erzielten Ergebnisse bestätigten das Potential von sportartspezifischen Beobachtungssystemen in Form einer individuell entwickelten Softwarelösung.

2 Methode

2.1 Feststellen der Anforderungen

In enger Zusammenarbeit wurde mit dem zuständigen Trainerstab der Nationalmannschaft ein Rollstuhlrugby Leistungsstrukturmodell für die Wettkampfdiagnostik entwickelt. Hierbei wurden die observierbaren und relevanten Wettkampfelemente, Leistungsindikatoren und taktischen Auswertungen identifiziert und herausgearbeitet. Um eine bestmögliche Analyse während und nach dem Spiel zu ermöglichen, wurden zwei Spielbeobachtungssysteme entwickelt.

2.2 Live-Tagging Spielbeobachtungssystem

Die Entwicklung eines Spielbeobachtungssystems wird durch zuvor definierte Leistungsindikatoren und taktische Merkmale bestimmt. In der praktischen Anwendung eines Spielbeobachtungssystems werden vordefinierte Variablen auf einer Zeitachse markiert, was in der Fachsprache als Tagging bezeichnet wird. Der Beobachter oder die Beobachterin markiert somit während des Spiels die definierten Variablen durch das eigens dafür entwickelte Software-Tool.

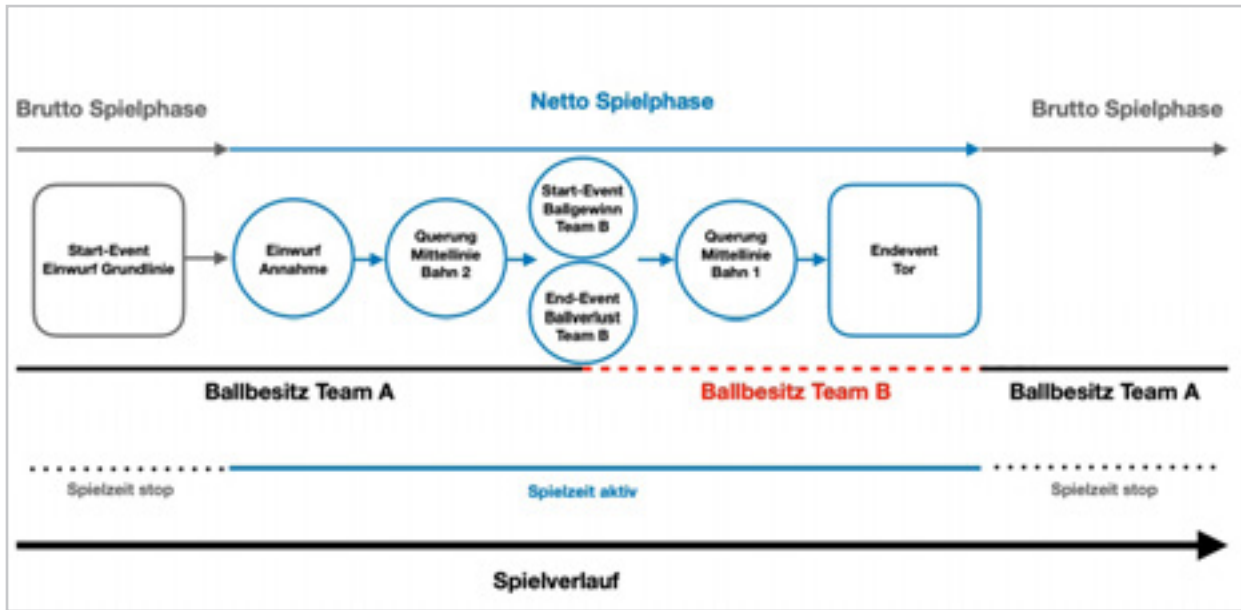


Abb. 1: Observationsschema Brutto- & Nettospielzeit im Rollstuhlrugby

Die folgenden Merkmale postulierte der Trainerstab im ersten Meeting als relevante Wettkampfelemente:

Tab.1: Relevante Wettkampfelemente, taktische und räumliche Merkmale des Trainerstabs

Allgemeine Merkmale	Zeitliche Merkmale	Räumliche Merkmale	Technische Merkmale	Taktische Merkmale
Team Ballbesitz	Spielzeit	Start-Event Ballbesitzphase Ort	Einwurf	Defensive Spielformationen
Start-Event Ballbesitz	Shotclock	End-Event Ballbesitzphase (Kein Tor) Ort	Ballverlust	Offensive Spielformationen
End-Event Ballbesitz (Kein Tor)	Timeout	Mittellinie Querung	Ballgewinn	Überzahl
Tor		Einwurf Empfänger Ort	Tip Off Win	Unterzahl

Das Live-Tagging Spielbeobachtungssystem wurde in der von der ISO genormten Programmiersprache C++ geschrieben. Aus dem iterativen Prozess und der inkrementellen Softwareentwicklung resultierte das Programm „RugbyAnnotator“ (Abb. 2, S. 3).

2.3 Post-Game-Spielbeobachtungssystem

Das Post-Game-Spielbeobachtungssystem baut auf den erhobenen Daten des Live-Tagging Systems auf.

Die jeweiligen Ballbesitzphasen sollen hierbei mit offensiven und taktischen Variablen vervollständigt werden und dienen der qualitativen Spielanalyse sowie der Intervention in der individuellen Spielerentwicklung. Hierzu wurde in Zusammenarbeit mit dem Trainerstab ein umfassendes Playbook mit den jeweiligen Variablen erstellt. Allgemein lassen sich diese Variablen in folgende Schwerpunkte untergliedern:

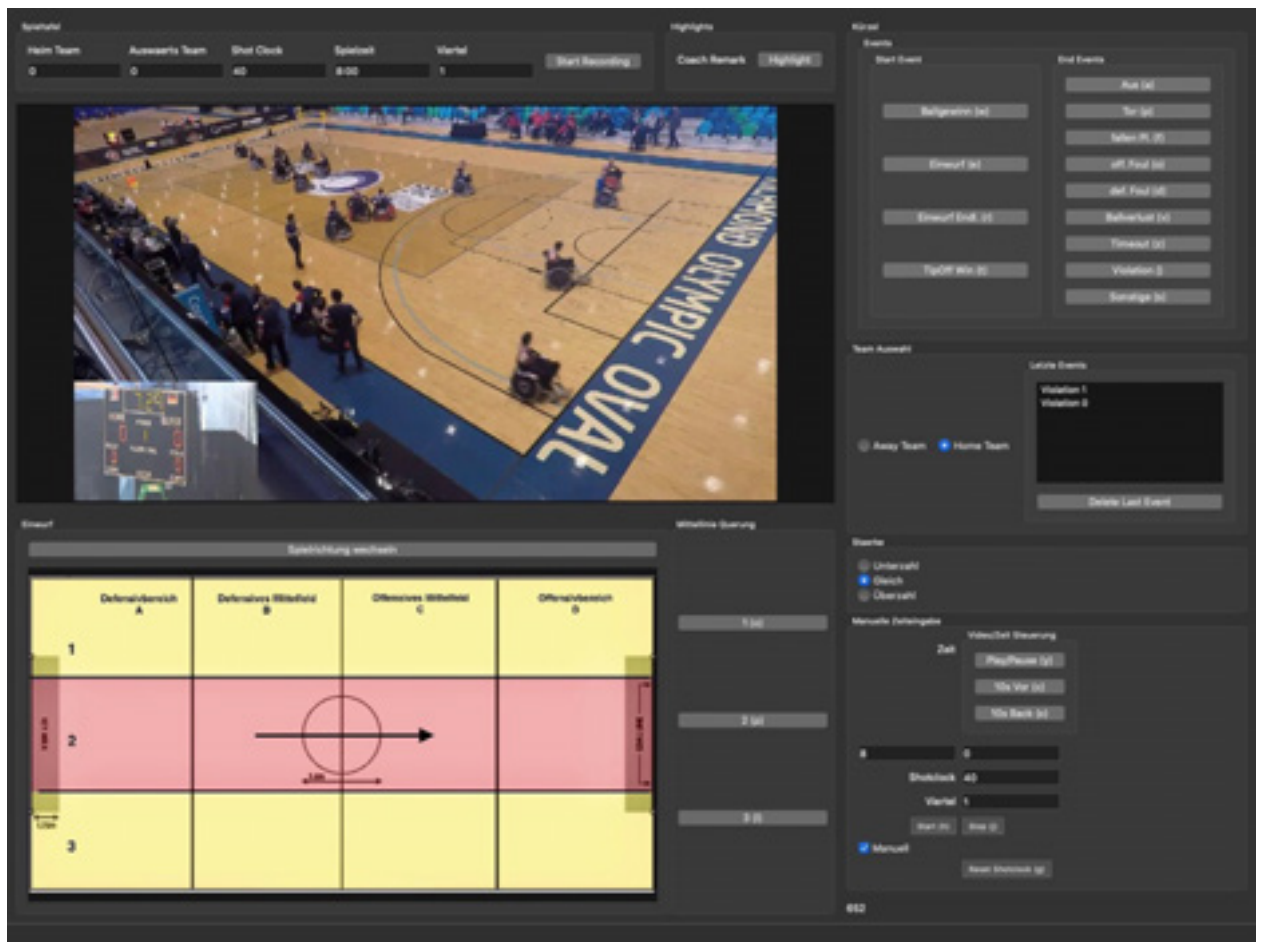


Abb. 2: Benutzeroberfläche des RugbyAnnotator

Tab.2: Übersicht der Post-Game-Analyse Observational Variables & Levels

Kategorie	Variablen	Levels [n]
Defensive Team	System Defensive	15
	Key Zone Defensive	4
	Danger Zone Defensive	3
Defensive Individual	Defense Skills	8
Offensive Team	Offensive Spielzüge	6
	Situative Überzahl	6
	Zone Offensive	7
	Man Advantage Play	4
Negative Aktionen	Fouls	6
	Violations	4
	Disziplin	4

3 Ergebnisse

Der RugbyAnnotator kam erstmalig in der Nachbereitung der Rollstuhlrugby Euromeisterschaft in Paris vom 21.-27.02.2021 zum Einsatz. Die deutsche Rollstuhlrugby Nationalmannschaft schloss die Europameisterschaft mit einem 4. Platz ab. Die gewonnenen Erkenntnisse aus dem Spiel um Platz 3 gegen Dänemark werden in diesem Kapitel thematisch gegliedert und dargestellt.

3.1 Spielübersicht

In diesem Spiel unterlag die deutsche Mannschaft Team Dänemark mit 52 zu 58 Punkten. Allgemein resultiert beim Rollstuhlrugby aus einer Ballbesitzphase mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit ein Tor (Abb. 3).

Unter diesen Voraussetzungen ist die Turnover Verteilung über die Viertel zu Gunsten von Dänemark (Deutschland Turnover n = 4 versus Dänemark Turnover n = 9) bemerkenswert (Abb. 4).

Für die Kategorie Turnover erstellt der RugbyAnnotator ein Spielfeld, auf dem die Positionen der Turnover des jeweiligen Teams markiert sind (Abb. 5).

Die Feldaufteilung erfolgt in drei Bahnen sowie in Defensivbereich, defensives Mittelfeld, offensives Mittelfeld und Offensivbereich aus deutscher Sicht (Spielrichtung von links nach rechts). Die Grafik zeigt eine deutliche Turnover Häufigkeit für Team Dänemark im deutschen Defensivbereich sowie im offensiven Mittelfeld auf der Bahn 2.

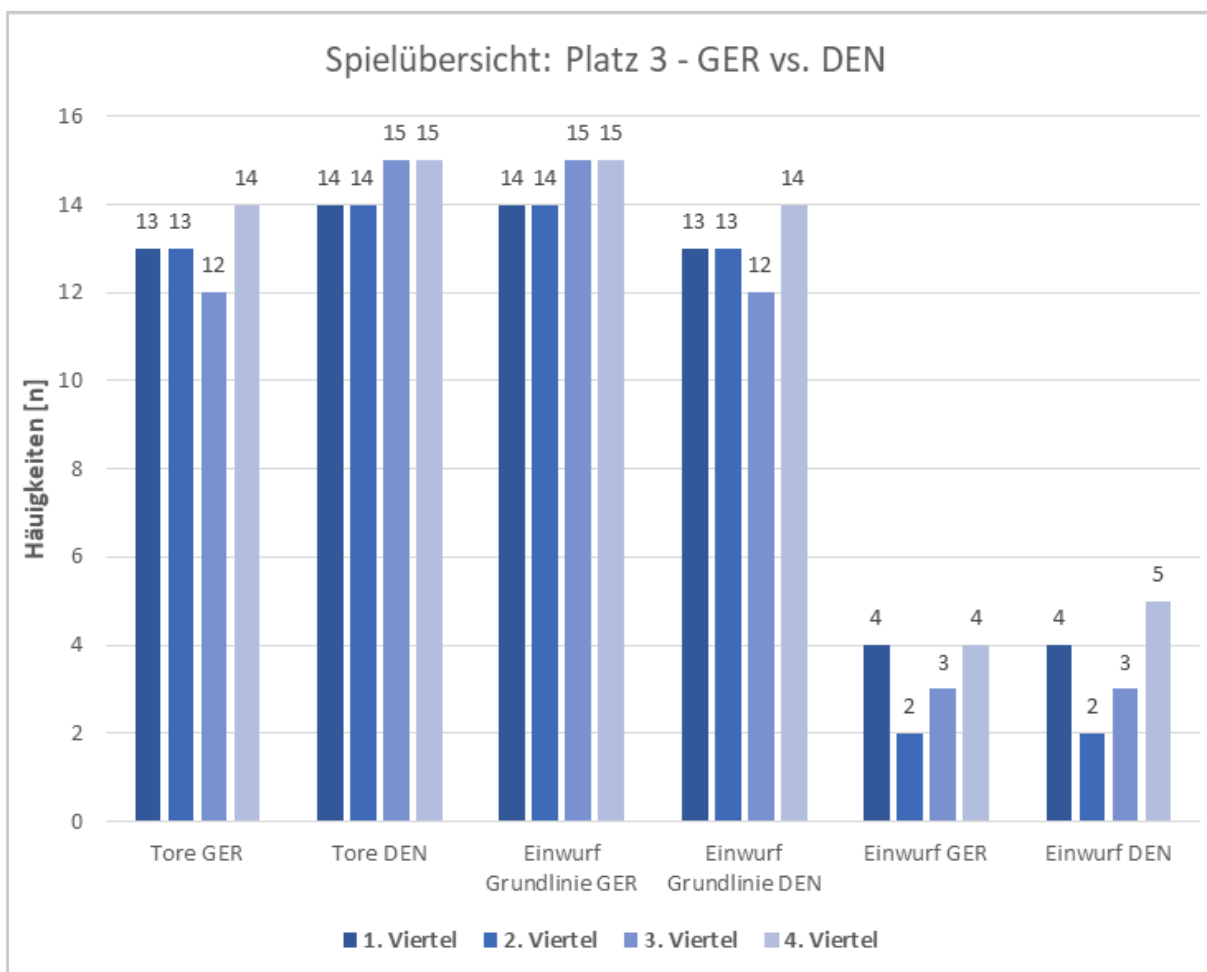


Abb. 3: Spielübersicht: Tore, Einwurf Grundlinie & Einwurf Deutschland vs. Dänemark (52:58)

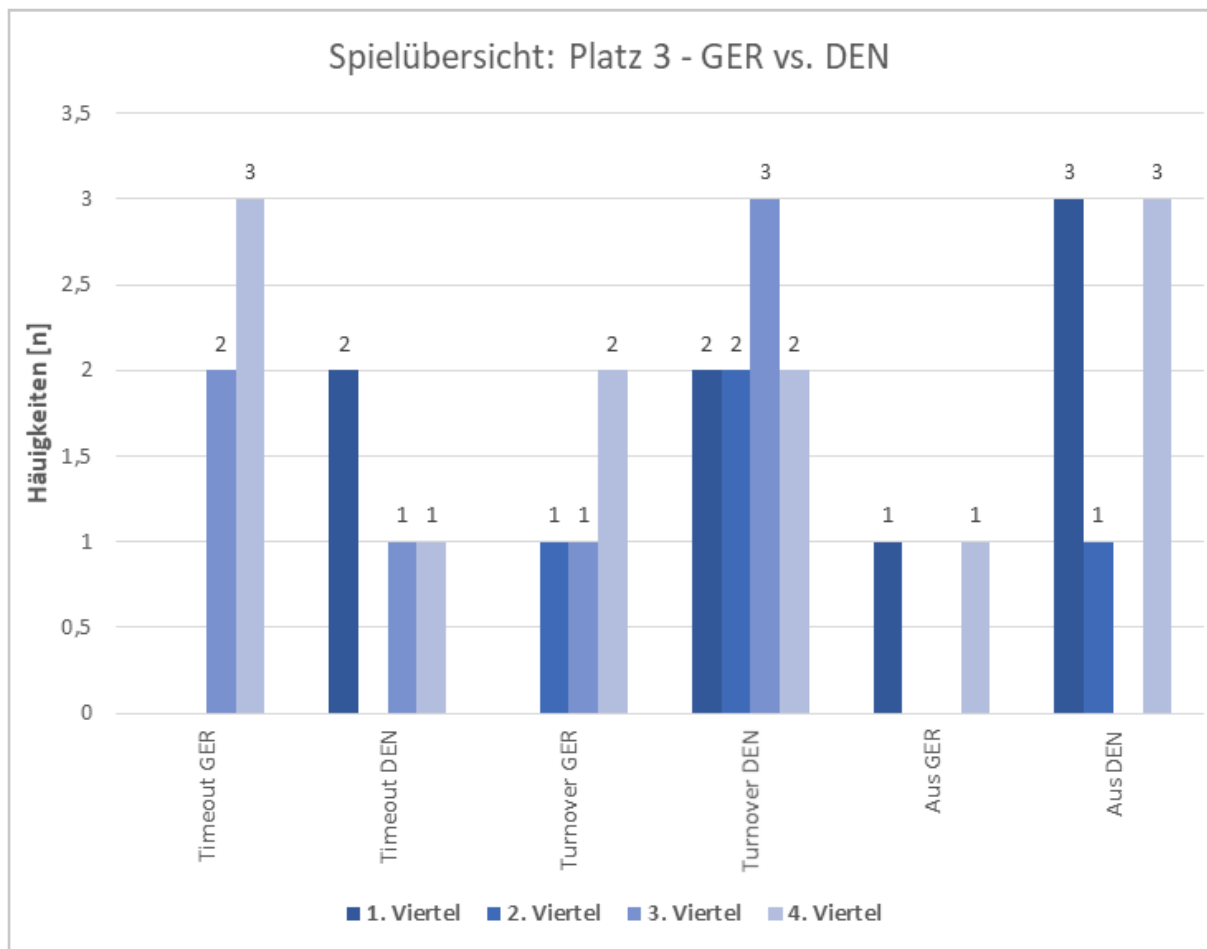


Abb. 4: Spielübersicht: Timeout, Turnover & Aus Deutschland vs. Dänemark (52:58)

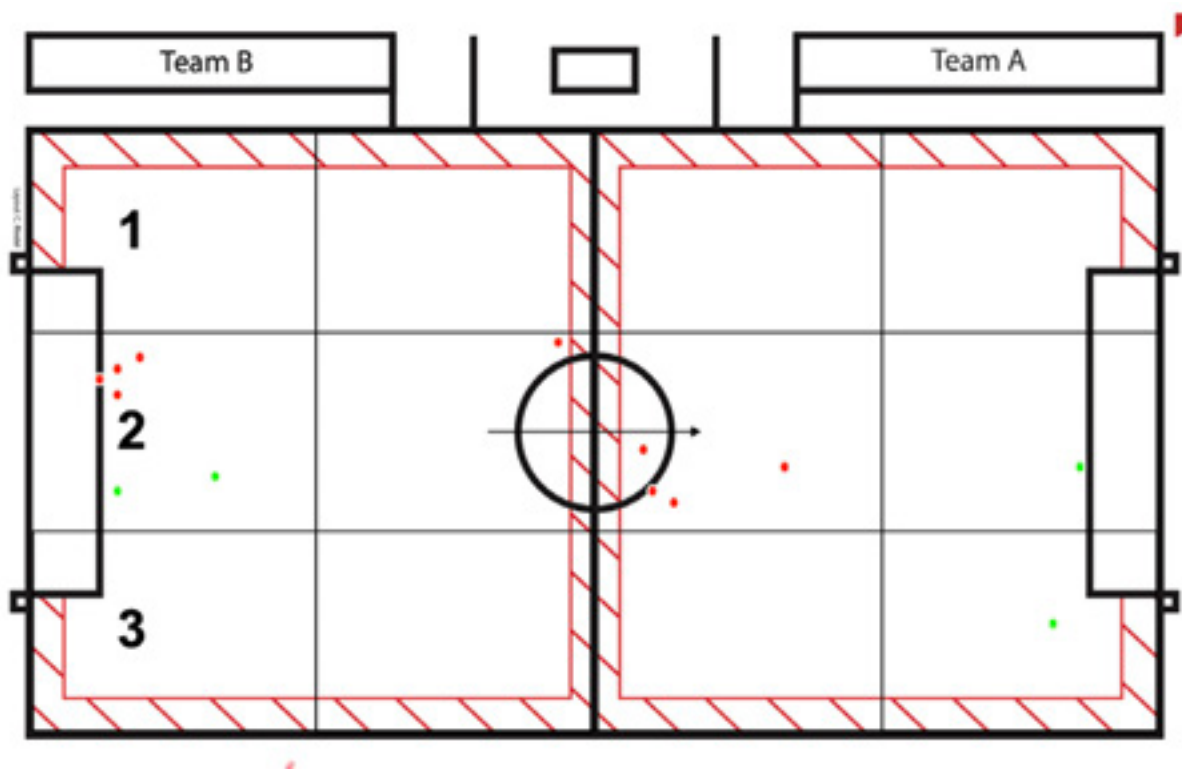


Abb. 5: Turnover Verteilung auf dem Spielfeld Deutschland (grün) vs. Dänemark (rot) – Spielrichtung Deutschland von links nach rechts

Berücksichtigt man dazu die in Abb. 6 visualisierten Häufigkeiten der Mittellinienquerungen für beide Teams ergibt sich eine hohe Frequentierung der Bahn 2 aus deutscher Sicht. Die dänische Mannschaft hingegen zeigt eine vergleichsweise ausgeglichene Frequentierung der Bahnen 1 und 2. Auf Bahn 3 ergibt sich die geringste Frequentierung bei den Mittellinienquerungen.

sehen als auch in der praktischen Leistungsdiagnostik im Rollstuhlrugby Anwendung finden, um eine bestmögliche Synergie zwischen Praxis und Wissenschaft herzustellen.

Eine Erweiterung durch zusätzliche Parameter (z. B. Herzfrequenzmessung, LPM-Positionssysteme etc.) im Zuge der voranschreitenden Professionalisierung erscheint als durchaus erstrebenswert im Rahmen weiterer Projekte.

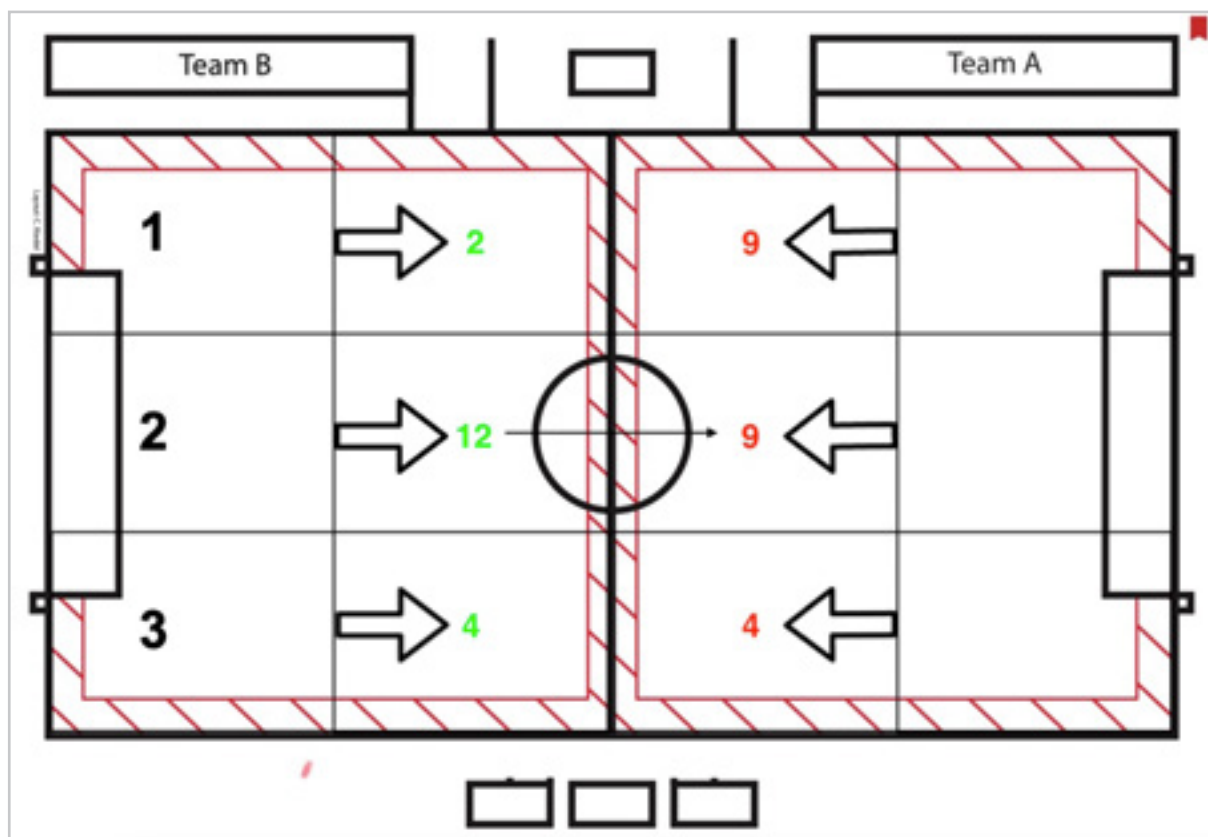


Abb. 6: Mittellinienquerungen Deutschland (grün) vs. Dänemark (rot) Spielrichtung Deutschland von links nach rechts

4 Diskussion und Ausblick

Da dieses Spielbeobachtungssystem im Rollstuhlrugby das erste seiner Art ist, sind die Ergebnisse ein erster Ansatz der empirischen Spielanalyse in dieser Sportart.

Die Ergebnisse zeigen, dass das entwickelte Spielbeobachtungssystem funktioniert und auch unter Wettkampfbedingungen erfolgreich eingesetzt werden kann. Im nächsten Schritt sollten die generierten Daten nun detaillierter untersucht und mit einer breiteren Datenbasis untermauert werden. Die dadurch gewonnenen Erkenntnisse sollten sowohl in der theoretischen

5 Literatur

- Cardozo, E. (2021). *The Seven Habits of Effective Iterative Development*.
- Hughes, M., & Bartlett, R. (2015). *Essentials of Performance Analysis in Sport*. doi: 10.4324/9781315776743
- Link, D. (2012). Spielanalyse im Goalball. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.) *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2013/14* (S. 49-52) Bonn.

- Link, D. (2017). Spielanalyse Para-Tischtennis. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.) *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2017/18* (S. 95-97) Bonn. .
- Link, D., & Weber, C. (2018). Finding the gap: An empirical study of the most effective shots in elite goalball. *PLOS ONE*, 13, e0196679. doi:10.1371/journal.pone.0196679
- McGarry, T., O'Donoghue, P., & Sampaio, J. (Eds.). (2013). *Routledge Handbook of Sports Performance Analysis* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203806913>

Analyse von Wettkampfstruktur, Belastungs- und Beanspruchungsprofilen im Beachhandball

(AZ 072009/21-22)

Lukas Reichert, Christina Willberg, Carsten Müller & Karen Zentgraf (Projektleiterin)

Goethe Universität Frankfurt, FB05, Trainings- und Bewegungswissenschaft

1 Problem

Beachhandball ist eine wachsende Sportart, welche schon seit 2001 im Programm der World-Games etabliert ist und meist in der Saisonpause des klassischen Handballs ausgetragen wird. Zwar wurde der offizielle Antrag zur Aufnahme der Sportart in das Programm der Olympische Spiele 2024 abgelehnt, jedoch wird Beachhandball als Demonstrationssport in Paris vertreten sein. Obwohl der klassische Handball und Beachhandball viele Gemeinsamkeiten aufweisen, gibt es dennoch erhebliche Unterschiede, die neue Anforderungen an Aktive sowie Trainerinnen und Trainer stellen, was die körperlichen Anforderungen, die Taktik und die Gestaltung geeigneter Trainingsprogramme betrifft. Im Vergleich zum klassischen Handball ist das Spielfeld verkleinert (27 x 10 Meter), der Torraum rechteckig (6 x 12 Meter) und pro Team befinden sich nur vier Spielende gleichzeitig auf dem Sandplatz. Zudem ist die Spielzeit auf zweimal 10 Minuten begrenzt, wobei die zwei Halbzeiten getrennt voneinander gewertet werden. Um zu gewinnen, muss eine Mannschaft beide Halbzeiten, bzw. eine Halbzeit und ein Shootout für sich entscheiden. Zudem wurde das Punktesystem bei Torabschlüssen verändert: demnach werden Tore mit dem sog. Kempa-Trick (Passannahme mit direktem erfolgreichem Torabschluss in der Luft), dem Spin-Shot (Sprungwurf mit Drehung um die Körperlängsachse) sowie Tore des Torwarts doppelt gewertet (International Handball Federation, 2014). Ein weiterer Unterschied besteht in der Spieltaktik, vor allem hinsichtlich der Spielpositionen: in der offensiven Phase des Beachhandballs gibt es in der Regel die Positionen Spezialist, Flügel und sog. "Pivot".

In der defensiven Phase übernehmen in der Regel andere Spieler oder Spielerinnen die taktischen Aufgaben des Torwarts und der Verteidigung – Spielerinnen- bzw. Spielerwechsel können jederzeit und wiederholt ausgeführt werden. All diese Aspekte führen zu veränderten Anforderungen an Spielende sowie Trainer und Trainerinnen, die in den letzten Jahren immer mehr erforscht wurden.

Die zunehmende Professionalisierung der Sportart (in Deutschland) ist unter anderem an der erfolgreichen Teilnahme der Nationalmannschaften an internationalen Turnieren zu erkennen. Für die Weltmeisterschaften 2022 konnten sich die Nationalmannschaft der Frauen sowie die weibliche und männliche U18 Auswahl qualifizieren. Im Beachhandball wurden bisher bereits Untersuchungen im Bereich Sportpsychologie und Sportmedizin durchgeführt (Achenbach et al, 2018; Reigal et al., 2020). Studien zu konditionellen Anforderungen der Sportart gibt es bisher nur wenige, obwohl diese durch Technologien wie z. B. GPS-basierter Positionsanalysen sowie inertialer Bewegungsanalysen praxisnah umsetzbar wären (Macadam et al., 2020). Solche Untersuchungen, in Training und Wettkampf, könnten hilfreich sein, um die Sportarten besser zu verstehen und den internationalen Erfolg weiter zu sichern, um Trainer, Trainerinnen sowie Spielende bestmöglich in Vorbereitung auf und während Turnieren zu unterstützen.

Das Ziel dieses Projektes besteht darin, sowohl spieltaktische als auch belastungs- und beanspruchungsbezogene Besonderheiten des Beachhandballs herauszuarbeiten. Dabei sollen Trainerinnen bzw. Trainer direkt nach dem Spiel sog. „Game Reports“ einsehen können,

die Werte wie Laufristanzen, Sprunganzahl, Spielintensität, Herzfrequenz etc. enthalten. Dadurch können diesem Personenkreis auch während des Spiel-/Turnierverlaufs objektive Daten zur Verfügung gestellt werden, aufgrund derer taktische Entscheidungen getroffen werden können. Insgesamt sollen somit zwei Dimensionen erfasst werden. Durch Positionsdaten können sportartspezifische Besonderheiten herausgearbeitet werden, um das Training besser zu steuern und im Wettkampf zielführender zu handeln. Beispielsweise können individuelle Daten der Spielenden hilfreich sein, um Spiele belastungsbezogen zu kategorisieren und Spielerinnen und Spieler im Hinblick auf ihre damit einhergehende körperliche Beanspruchung zu beschreiben. Individual- und mannschaftstaktische Entscheidungen können somit unterstützt und optimiert werden, z. B. indem Stammspielern und -spielerinnen in bestimmten Turnierphasen Regenerationszeiten gegeben werden. Zudem können Trainerinnen und Trainer durch Analysen mittels der Software „Vision“ spieltaktische Informationen zugänglich gemacht werden, wobei spezifische Spielsituationen im Nachgang als Kurzvideos erneut angesehen werden können (siehe dazu auch: Bon & Pori, 2020).

2 Methode

2.1 Untersuchungsablauf

Das Projekt wurde in einem querschnittlichen Untersuchungsdesign durchgeführt. Ziel des Projekts war es, externe Belastungsparameter mittels lokalen Positionssystemen und IMA-Sensoren zu messen und zu analysieren. Zusätzlich sollten spieltaktische Analysen durchgeführt werden. Alle Messungen fanden im Rahmen des Projekts in Kooperation mit dem Deutschen Handballbund statt. Das Projekt wurde durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft gefördert (Förderkennzeichen ZMVI 4-072009/21-22).

2.2 Testpersonen

Im Rahmen des Projekts wurden 69 deutsche Elite-Beachhandballer bzw. -handballerinnen analysiert. Alle Teilnehmenden waren zum Zeitpunkt der Messung Teil der deutschen Nationalmannschaft oder der Perspektivnationalmannschaft. Insgesamt wurden 34 offizielle Spiele während vier nationaler Turniere analysiert. Vor der Teilnahme an der Studie wurden alle Spielenden und Trainer bzw. Trainerinnen über die Ziele der Studie, den Ablauf sowie die Risiken und Vorteile der Teilnahme informiert. Alle Spielenden (und Erziehungsberechtigten der Minderjährigen) gaben vor der Datenerhebung eine schriftliche Einverständniserklärung ab. Die Studie wurde von der örtlichen Ethikkommission genehmigt (Vorsitz: Klein, A.; 2021-30, 28. Juni 2021).

2.3 Erfassung der externen Belastungsparameter

Zur Bestimmung von Positionsdaten können globale (GPS) sowie lokale (LPS) Systeme genutzt werden. Um valide Positionsdaten zu erheben, wurde in diesem Projekt ein LPS System der Firma Catapult Sports© (Clearsky, Catapult Sports©, Melbourne, Australien) genutzt, da die Validität von LPS Messsystemen im Vergleich zu GPS Messsystemen, v. a. bei höherer Bewegungsgeschwindigkeit, verkleinerter Feldgröße sowie hoher Anzahl an Richtungsänderungen höher eingeschätzt wird (Pino-Ortega et al., 2022). Im vorliegenden Projekt wurde an den jeweiligen Messstandorten (auf Freiplätzen sowie in Beachhallen) ein LPS-System installiert. Dabei wurden je 20 Senderboxen in einem möglichst regelmäßigen Abstand um das Spielfeld angebracht. Die Koordinaten der Senderboxen wurden über ein Tachymeter (Leica TS06 Total Station, Leica Geosystem AG, Switzerland) erfasst und in der Software (Openfield™ version 3.3.0, Catapult Sports©, Melbourne, Australien) hinterlegt. Der Empfänger (Vector 7, Catapult Sports©, Melbourne, Australien; 81 mm Länge, 43,5 mm Breite, 15,9 mm Dicke) wurde über Ultrabreitbandfrequenzen (UWB, 3,1 – 10.6 Hz) geortet. Die

Positionsdaten wurden mit einer Frequenz von 10 Hz aufgenommen. Der Sender wurde durch eine Weste (Vector Elite Vest, Catapult Sports®, Melbourne, Australien) am Rücken der Spielenden zwischen den Schulterblättern befestigt.

Neben der Erhebung von Positionsdaten ermöglicht die Integration eines 3D-Akzelerometers ($\pm 16\text{ G}$; 100 Hz), eines Gyroskops (-2000° s ; 100 Hz) und eines Magnetometers (3D $\pm 4900\ \mu\text{T}$; 100 Hz) auch die Analysen von „micro movements“, also kleinsten Bewegungen, die durch die Positionsanalyse nicht erfasst werden. Diese Bewegungen werden vom Hersteller unter dem Begriff der inertialen Bewegungsanalyse (IMA) zusammengefasst. Die Auswertung dieser Daten erfolgt durch die Software Openfield™, wobei die Daten des Gyroskops und des Akzelerometers durch einen Kalman Filter geglättet werden. Richtungswechsel, explosive Bewegungen (*explosive efforts*, $EE > 3,5\text{ m/s}^2$ unabhängig von der Bewegungsrichtung), Player Load® (PL), Beschleunigungen (*acceleration*, ACC) sowie Entschleunigungen (*deceleration*, DEC) wurden mittels IMA erhoben. Das LPS erfasste zurückgelegte Distanzen und Geschwindigkeiten. Bewegungen unter 5,0 km/h wurden von der Datenanalyse ausgeschlossen und dienten als Cut-Off für niedrige Geschwindigkeiten, ebenso wie Beschleunigungen und Entschleunigungen, wenn Werte zwischen $\pm 0,8\text{ m/s}^2$ festgestellt wurden. Sprünge wurden mit dem Algorithmus des Herstellers anhand des vertikalen Beschleunigungsprofils der Sportler:innen identifiziert. PL ist eine häufig verwendete Variable zur Beschreibung der externen Belastung in arbiträren Einheiten (au), die anhand von 3D-Beschleunigungsdaten nach folgender Formel berechnet werden kann, wobei a der Beschleunigung entspricht (Bredt et al., 2020):

$$\text{player load} = \sqrt{(a_{x1} - a_{x-1})^2 + (a_{y1} - a_{y-1})^2 + (a_{z1} - a_{z-1})^2}$$

2.4 Erfassung spieltaktischer Informationen

Neben der Analyse der externen Belastungsparameter wurden zusätzlich systematische Spielanalysen über die Software „Vision“ (Catapult) durchgeführt. Hierfür wurden 19 Spiele analysiert. Diese wurden in Anlehnung an bereits validierte Spielbeobachtungsbögen im Beachhandball (Michael, 2019) durchgeführt und die Spiele hinsichtlich spieltaktisch relevanter Aspekte untersucht. Hierbei wurden folgende Aspekte analysiert und in folgende Kategorien zusammengefasst: ‚Angriffe‘, ‚Offensiv-Aktionen‘, ‚Defensiv-Aktionen‘, ‚Fehler‘, ‚Wurfpositionen‘ und ‚Tore/Bereiche‘.

2.5 Statistische Verfahren

Die statistischen Analysen wurden mit IBM SPSS Version 28 (IBM, Armonk, NY, USA) durchgeführt. Die Datensätze wurden auf Ausreißer untersucht, indem zunächst eine Standardisierung mittels z-Transformation vorgenommen und anschließend Ausreißer anhand der Interquartilbereichsmethode (IQR) identifiziert wurden (Anagnostou et al., 2021). In Untergruppenanalysen wurden die körperlichen Anforderungen von weiblichen Jugendlichen (U18 weiblich; <18 Jahre, n = 16), männlichen Jugendlichen (U18 männlich; <18 Jahre, n = 19) und männlichen Erwachsenen (Männer; ≥ 18 Jahre, n = 34; Untergruppe 1: ‚Alter/Geschlecht‘) und zwischen den fünf verschiedenen Spielpositionen (Torwart, Verteidigung, Flügel, Spezialist und Pivot; Untergruppe 2: ‚Position‘) verglichen. Die Analyse erfolgte nur für Spielende, die mindestens zwei Minuten aktiv auf dem Spielfeld waren. Eine MANOVA mit Messwiederholung und Bonferroni-Anpassungen für Mehrfachvergleiche wurde durchgeführt, um auf Unterschiede in den externen Belastungsparametern zwischen den beiden Sätzen eines Spiels zu testen. Interaktionseffekte (Satz \times Untergruppe 1 und Satz \times Untergruppe 2) wurden analysiert, um die Auswirkungen des Spielsatzes auf externe Belastungsparameter in Abhängigkeit von Alter/Geschlecht und Spielposition zu bewerten. Multivariate Kovarianzanalysen (MANCOVA) mit Bonferroni-Anpassungen für Mehrfachvergleiche wurden durchgeführt,

um Unterschiede in allen analysierten Variablen zu untersuchen, wobei Untergruppe 1 für die Spielposition und Untergruppe 2 für Alter/Geschlecht angepasst wurde. Die Ergebnisse werden als Mittelwerte \pm Standardabweichung und Effektgrößen (partielles Eta-Quadrat, η^2) angegeben. Die statistische Signifikanz wurde auf $p < 0,05$ festgelegt. Die Ergebnisse der spieltaktischen Analysen wurden als absolute und relative Häufigkeiten angegeben.

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der Unterschiede des ersten und zweiten Spielsatzes

Eine MANOVA mit Messwiederholung ergab einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen dem ersten und dem zweiten Satz ($F(9,250) = 2,70$, $p = 0,005$, $\eta^2 = 0,09$, Wilk's $\lambda = 0,91$). Post-hoc-Analysen mit Bonferroni-Anpassungen wiesen auf signifikante Unterschiede bei der Player Load \textcircled{c} pro Minute und

den Richtungswechseln pro Minute hin (Tab. 1). Es wurden keine signifikanten Interaktionseffekte zwischen dem Spielsatz und den Untergruppen gefunden, was darauf hindeutet, dass die Auswirkungen des Satzes auf die Belastungsparameter nicht mit der Zugehörigkeit zu einer der untersuchten Gruppen assoziiert war: Satz \times Untergruppe 1 („Alter/Geschlecht“): $F(2,256) = 0,95$, $p = 0,388$, $\eta^2 = 0,01$, Wilk's $\lambda = 0,99$, und Satz \times Untergruppe 2 („Spielposition“): $F(4,254) = 0,91$, $p = 0,457$, $\eta^2 = 0,01$, Wilk's $\lambda = 0,99$.

Tab. 1 gibt einen Überblick über die Auswirkungen der beiden Untergruppen auf alle analysierten Variablen. Die einfaktorielle MANCOVA ergab, dass die externe Belastung sowohl von der Zugehörigkeit zur Untergruppe 1 („Alter/Geschlecht“): $F(20,506) = 7,10$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,22$, Wilk's $\lambda = 0,61$), als auch durch die Spielposition beeinflusst wurde ($F(40,954) = 10,38$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,29$, Wilk's $\lambda = 0,25$).

Tab. 1: Überblick der statistischen Werte des Spielsatzes, von Alter/Geschlecht und Position auf die untersuchten Variablen

	Satz (1 vs. 2)		Untergruppe 1 (Alter/Geschlecht)		Untergruppe 2 (Position)	
	F	p	F	p	F	p
D/min [m]	1,60	0,207	3,95	0,020	11,09	< 0,001
VMAX [km/h]	0,07	0,786	12,81	< 0,001	3,91	0,004
PL/min [au]	4,86	0,028	20,05	< 0,001	0,71	0,586
ACCMAX [m/s ²]	0,02	0,879	15,60	< 0,001	2,21	0,068
DECMAX [m/s ²]	0,02	0,883	6,11	0,003	4,85	< 0,001
EE/min [Anzahl]	0,86	0,355	1,92	0,149	4,67	0,001
ACCIMA/min [Anzahl]	2,75	0,098	0,80	0,450	18,07	< 0,001
DECIMA/min [Anzahl]	2,09	0,149	0,27	0,763	7,71	< 0,001
CoD/min [Anzahl]	14,36	< 0,001	2,56	0,079	8,16	< 0,001
Jumps/min [Anzahl]	2,18	0,141	2,28	0,104	6,60	< 0,001

D/min = Distanz pro Minute, V_{MAX} = Maximale Geschwindigkeit, PL/min = Belastung pro Minute, ACC_{MAX} = Maximale Beschleunigung, DEC_{MAX} = Maximale Entschleunigung, EE/min = Anzahl explosiven Bewegungen pro Minute, ACC_{IMA}/min = Anzahl Beschleunigungen pro Minute, DEC_{IMA}/min = Anzahl Entschleunigungen pro Minute, CoD/min = Anzahl Richtungswechsel pro Minute, Jumps/min = Anzahl Sprünge pro Minute

3.2 Ergebnisse der Positionsdatenanalyse mittels LPS

Die zurückgelegte Gesamtstrecke, die Strecke pro Minute und die maximale Geschwindigkeit wurden mit Hilfe von Positionsanalysen unter Verwendung von LPS ausgewertet. Insgesamt betrug die während eines Spiels zurückgelegte Strecke 806 ± 214 m und die Strecke pro Minute $63,7 \pm 14,3$ m/min, mit einer mittleren Abnahme von 11 m und $-1,2$ m/min während des zweiten Satzes. Männliche Jugendliche legten die größten Entfernungen zurück (870 ± 217 m), gefolgt von männlichen Erwachsenen (790 ± 205 m) und weiblichen Jugendlichen (760 ± 217 m). In Bezug auf die Spielposition lautete die Rangfolge Spezialisten (889 ± 239 m), Flügelspieler (823 ± 245 m), Pivotspieler (804 ± 158 m), Verteidiger (785 ± 172 m) und Torhüter (737 ± 251 m). Die pro Minute zurückgelegte Strecke wurde berechnet, um die aktive Spielzeit auf dem Spielfeld zu berücksichtigen. Männliche Jugendliche ($69,2 \pm 17,1$ m/min) legten eine signifikant längere Strecke zurück als männliche Erwachsene ($62,2 \pm 13,0$ m/min), zeigten jedoch keine signifikanten Unterschiede

zu weiblichen Jugendlichen ($63,3 \pm 12,0$ m/min). Spezialisten legten im Vergleich zu den anderen Spielpositionen signifikant größere Distanzen zurück ($73,9 \pm 15,0$ m/min) (Abb. 1).

Die durchschnittliche Maximalgeschwindigkeit in dieser Stichprobe betrug $16,5 \pm 2,0$ km/h, wobei es keine Veränderungen zwischen dem ersten und dem zweiten Spielsatz gab ($15,5 \pm 2,1$ km/h vs. $15,5 \pm 2,2$ km/h). Die Ergebnisse der paarweisen Vergleiche zeigten, dass männliche Jugendliche ($17,3 \pm 2,0$ km/h) höhere Maximalgeschwindigkeiten erreichten als weibliche Jugendliche ($15,6 \pm 1,3$ km/h, $p < 0,001$) und männliche Erwachsene ($16,3 \pm 2,0$ km/h, $p = 0,001$). Die Maximalgeschwindigkeit der weiblichen Jugendlichen und männlichen Erwachsenen unterschied sich jedoch nicht signifikant ($p = 0,056$). Die Analyse der unterschiedlichen Spielpositionen ergab, dass Flügelspieler:innen die höchste Maximalgeschwindigkeit erreichten ($17,3 \pm 1,9$ km/h), während Torhüter:innen die geringsten Maximalgeschwindigkeiten aufwiesen ($15,4 \pm 2,2$ km/h, $p = 0,003$). Die übrigen paarweisen Vergleiche ergaben keine weiteren signifikanten Unterschiede.

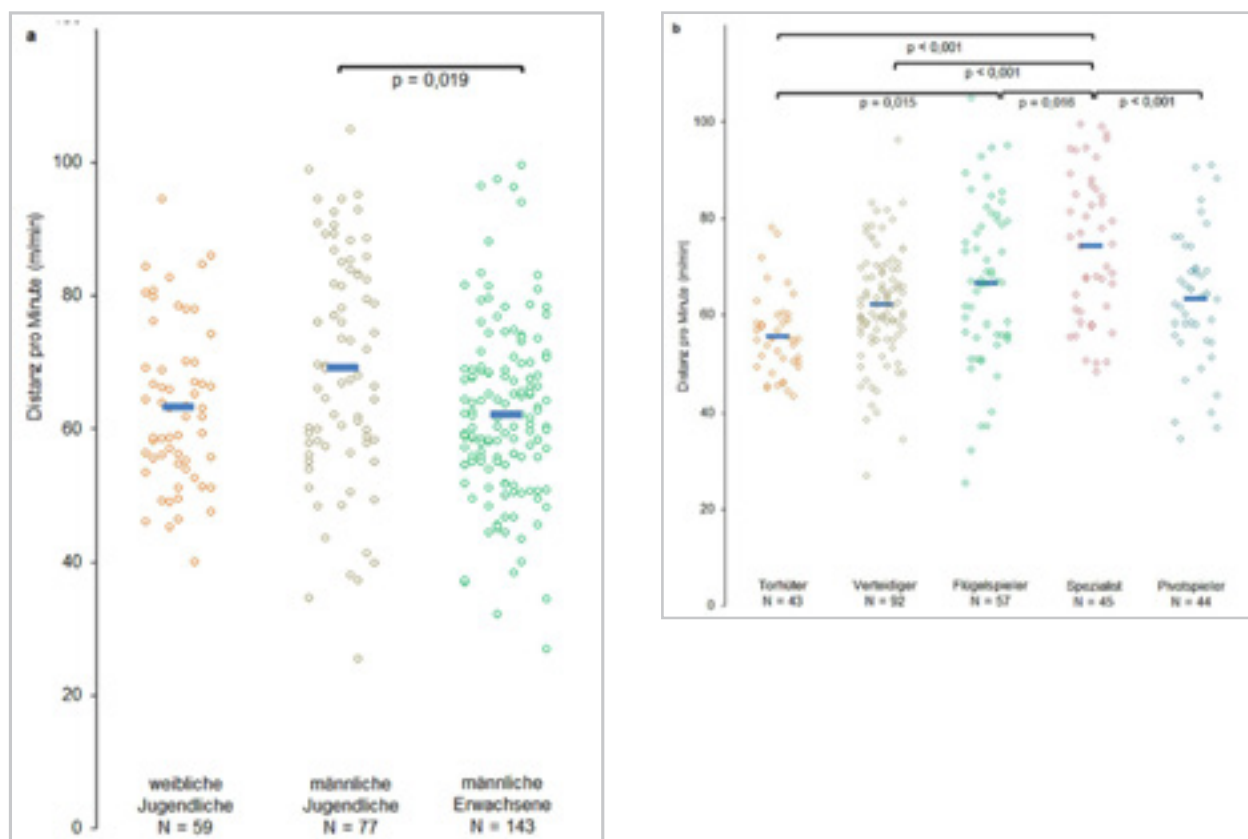


Abb. 1: Distanz pro Minute (m/min) in den Untergruppen: (a) Untergruppe 1 (Alter/Geschlecht); (b) Untergruppe 2 (Spielposition). Die blaue horizontale Linie zeigt den Mittelwert an.

3.3 Ergebnisse der externen Belastungsparameter mittels IMA-Daten

Der PL der Spielerinnen und Spieler betrug $92,8 \pm 28,4$ au mit einer leichten Abnahme von $1,5$ au vom ersten zum zweiten gespielten Satz ($-3,2\%$, $\eta^2 = 0,01$). Um die Spielzeit zu berücksichtigen, wurde der PL pro Minute (PL/min) berechnet. Während des zweiten Satzes wurde ein signifikant niedrigerer PL/min festgestellt ($p = 0,039$). Die Analyse der Interaktionseffekte (Satz \times Untergruppen) war nicht signifikant, was darauf hindeutet, dass diese Verringerung weder durch Alter/Geschlecht noch durch die Spielposition beeinflusst wurde. Männliche, jugendliche Spieler ($8,36 \pm 2,24$ au) erreichten einen signifikant höheren PL/min als weibliche Jugendliche ($6,51 \pm 1,24$ au) und männliche Erwachsene ($7,17 \pm 1,82$ au; jeweils $p < 0,001$), deren Werte sich nicht signifikant unterschieden ($p = 0,051$). Bezogen auf die Spielposition war der PL/min bei Torhüter:innen ($6,56 \pm 1,67$ au) im Vergleich zu den anderen Positionen deutlich niedriger, aber paarweise Vergleiche ergaben keine signifikanten Unterschiede.

Paarweise Vergleiche ergaben signifikant höhere maximale Beschleunigungen und Entschleunigungen zwischen männlichen und weiblichen Jugendlichen ($ACC_{\max} = 3,08 \pm 0,39$ vs. $2,75 \pm 0,33$; $p < 0,001$; $DEC_{\max} = -3,57 \pm 0,68$ vs. $-3,22 \pm 0,52$; $p = 0,007$), jedoch lediglich signifikant höhere maximale Entschleunigungen zwischen männlichen Jugendlichen und männlichen Erwachsenen ($ACC_{\max} = 3,01 \pm 0,39$; n.s. und $DEC_{\max} = -3,27 \pm 0,69$; $p = 0,005$). Weibliche Jugendliche und männliche Erwachsene unterschieden sich nur in Bezug auf die maximale Beschleunigung signifikant ($p < 0,001$). Weitere Ergebnisse der externen Belastungsanalysen umfassen die mittlere Anzahl der IMA-Beschleunigungen ($19,0 \pm 8,6$ Zählungen) und IMA-Verzögerungen ($21,1 \pm 9,6$ Zählungen), die durchschnittliche Anzahl der Richtungswechsel ($87,8 \pm 36,4$ Zählungen) und die Anzahl der Sprünge ($11,3 \pm 7,2$ Zählungen) pro gespieltem Match.

Die Daten deuten auf eine Verringerung der externen Belastungsparameter vom ersten zum zweiten Satz hin, aber ein signifikanter Unter-

schied wurde nur für die mittlere Anzahl der Richtungswechsel pro Minute gefunden ($7,3 \pm 3,2$ vs. $6,8 \pm 3,0$ Zählungen, $p < 0,001$). Es wurde kein Interaktionseffekt (Satz \times Untergruppen) gefunden. Die Ergebnisse zeigen außerdem einen ähnlichen Trend in der Untergruppe 1 „Alter/Geschlecht“ für die verschiedenen analysierten Variablen, wonach männliche Jugendliche die höchste externe Belastung aufweisen, gefolgt von männlichen Erwachsenen und weiblichen Jugendlichen, wobei die Variable $DEC_{\text{IMA}}/\text{min}$ die einzige Ausnahme darstellt. Die paarweisen Vergleiche ergaben jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen weiblichen und männlichen Jugendlichen und männlichen Erwachsenen.

Analysen zum Einfluss der Spielpositionen auf die externen Belastungsparameter ergaben, dass Torhüter bzw. Torhüterinnen ($ACC_{\text{IMA}}/\text{min} = 2,11 \pm 0,62$) im Vergleich zu Verteidigerinnen bzw. Verteidigern ($ACC_{\text{IMA}}/\text{min} = 1,36 \pm 0,52$), Flügelspieler bzw. -spielerinnen ($ACC_{\text{IMA}}/\text{min} = 1,56 \pm 0,77$), Spezialistinnen bzw. spezialisten ($ACC_{\text{IMA}}/\text{min} = 1,12 \pm 0,59$; alle $p < 0,001$) und Pivots ($ACC_{\text{IMA}}/\text{min} = 1,78 \pm 0,59$; $p = 0,044$) signifikant mehr IMA-detektierte Beschleunigungen pro Minute erreichten. Spezialistinnen bzw. Spezialisten erzielten signifikant weniger IMA-Beschleunigungen pro Minute im Vergleich zu Flügelspielern bzw. -spielerinnen und Pivots (alle $p < 0,001$), während Verteidigerinnen bzw. Verteidiger signifikant weniger im Vergleich zu Pivots durchführten ($p = 0,008$). Im Gegensatz dazu waren die IMA-Entschleunigungswerte pro Minute bei Verteidigern bzw. Verteidigerinnen ($DEC_{\text{IMA}}/\text{min} = 2,03 \pm 0,83$) signifikant höher als bei Torhüterinnen bzw. Torhütern ($DEC_{\text{IMA}}/\text{min} = 1,44 \pm 0,55$; $p = 0,003$), Spezialisten bzw. Spezialistinnen ($DEC_{\text{IMA}}/\text{min} = 1,36 \pm 0,68$; $p < 0,001$) und Flügelspielerinnen bzw. -spielern ($DEC_{\text{IMA}}/\text{min} = 1,56 \pm 0,85$; $p = 0,004$). Neben den höchsten IMA-Entschleunigungswerten pro Minute führten Verteidiger:innen auch die meisten Richtungswechsel pro Minute durch ($CoD_{\text{IMA}}/\text{min} = 8,36 \pm 3,09$) (Abb. 2), während die übrigen Vergleiche keine signifikanten Unterschiede aufwiesen. Schließlich führten Torhüter bzw. Torhüterinnen ($Jumps/\text{min} = 0,48 \pm 0,36$) signifikant weniger Sprünge pro Minute aus als Flügelspielerinnen bzw. -spieler ($Jumps/$

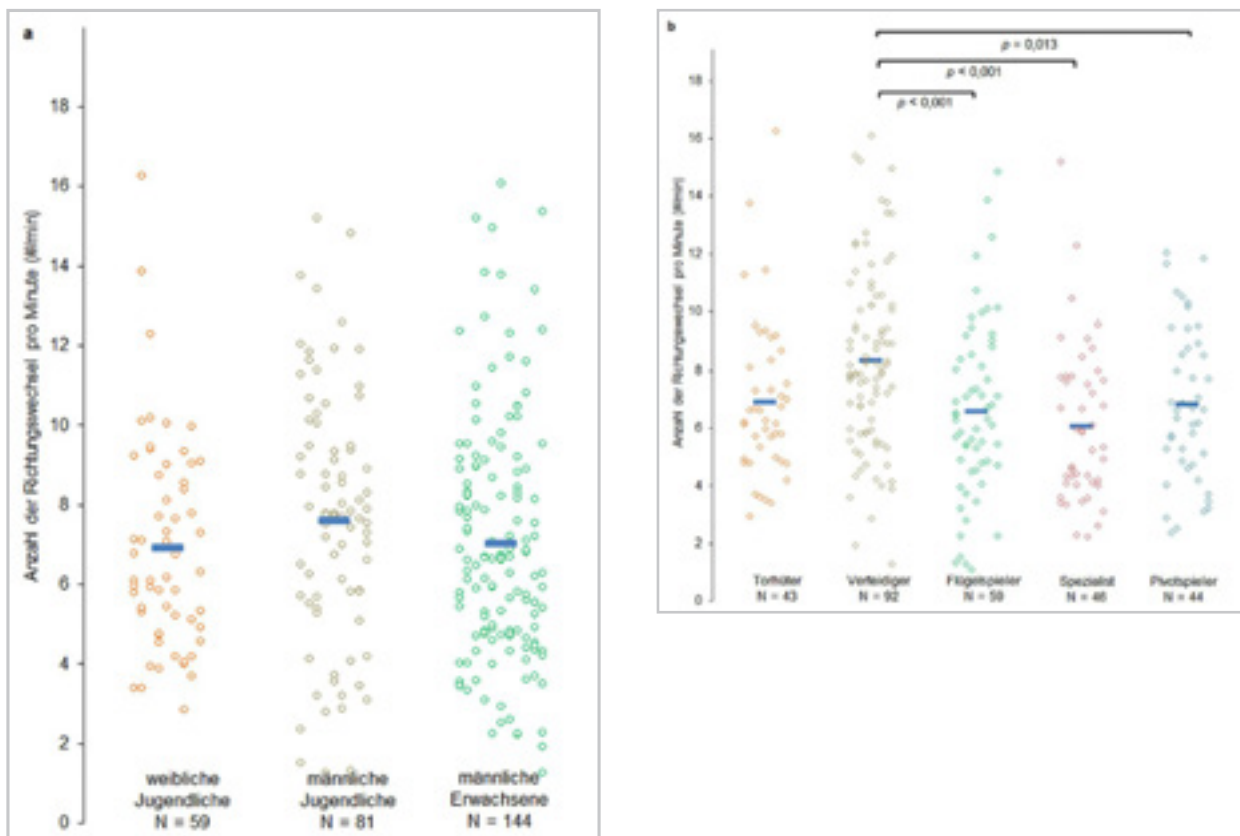


Abb. 2: Anzahl der Richtungswechsel pro Minute (#/Minute) in den Untergruppen: (a) Untergruppe 1 (Alter/ Geschlecht); (b) Untergruppe 2 (Spielerposition)

min = 1,02 ± 0,75; $p = 0,003$), Pivots (Jumps/min = 1,11 ± 0,71) und Spezialisten bzw. Spezialistinnen (Jumps/min = 1,20 ± 0,71; beide $p < 0,001$). Die übrigen Vergleiche waren statistisch nicht signifikant.

3.4 Ergebnisse der spieltaktischen Analysen mittels Vision

Der Tabelle 2 (S. 8) sind die absoluten und relativen Häufigkeiten der jeweiligen Aktionen zu entnehmen. Demnach wird die Mehrheit der Angriffe als Positionsangriff (> 3 Pässe; 87 %) durchgeführt und meist durch einen Pirouettenwurf („Spin-Shot“; 50 % der Offensiv-Aktionen) vollendet. Die Analyse der Wurfposition konnte zeigen, dass die Würfe meist knapp vor dem Torraum von einer mittleren Position (34 %), gefolgt von links (32 %) oder rechts (20 %) vollendet werden. Teilt man das Tor in neun verschiedene Bereiche ein, erfolgen die meisten Würfe in die oberen (links: 14 %, rechts: 22 %) oder unteren Ecken (links: 16 %, rechts: 14 %) des Tors.

In der Defensive wird zu 17 % der Wurf durch die verteidigende Mannschaft geblockt, 83 % der Defensiv-Aktionen erfolgen jedoch durch den Torwart.

4 Diskussion

Ziel des Projekts war die umfassende Beschreibung wichtiger, externer Belastungsparameter unter Verwendung valider Bewertungsmethoden und unter Berücksichtigung der in früheren Veröffentlichungen vorgestellten Analysen. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass nur zwei Variablen (PL pro Minute und Richtungswechsel pro Minute) eine signifikante Reduktion vom ersten zum zweiten Satz ohne Interaktionseffekte der Untergruppen aufwiesen, was auf eine begrenzte Evidenz für eine Reduktion der externen Belastungsparameter während des zweiten Satzes hinweist. Mehrere Variablen weisen auf Unterschiede zwischen weiblichen und männlichen sowie zwischen jugendlichen und erwachsenen Spielerinnen und Spielern

Tab. 2: Ergebnisse der spieltaktischen Analyse

	Häufigkeit
Angriffe (N = 1446)	
Positionsangriff	1264 (87 %)
Schnellangriff	182 (13 %)
Offensiv-Aktionen (N = 1264)	
Kempa-Wurf	293 (24 %)
Pirouette	636 (50 %)
Spezialist	225 (18 %)
Direkter Wurf, 6M-Wurf, 1P-Wurf, ...	110 (8 %)
Defensiv-Aktionen (N = 288)	
Block	49 (17 %)
Gehalten	239 (83 %)
Wurf-Positionen (N = 1403)	
Links	450 (32 %)
Mitte	477 (34 %)
Rechts	283 (20 %)
Rückraum, Spielfeld o. eigener Torraum	193 (14 %)
Tore/Bereiche (N = 1050)	
Oben/unten links/rechts	690 (66 %)
Mittig	360 (34 %)

hin, während die größten Unterschiede bei der externen Belastung zwischen den Spielpositionen festgestellt wurden.

Außerdem ergab dieser Vergleich den größten Effekt, was darauf hindeutet, dass von allen analysierten Faktoren die Spielposition den bedeutendsten Einfluss auf die externen Belastungsparameter hatte.

Eine der am häufigsten untersuchten Variablen zur Beschreibung der äußeren Belastung beim Beachhandball ist die zurückgelegte Strecke. Unsere Daten zeigen, dass die während der Spiele bewältigte Distanz im Durchschnitt 806 m beträgt.

Dies ist vergleichbar mit früheren Studien, in denen bei neun weiblichen Elitesportlern eine durchschnittliche Distanz von 898 m pro Spiel ermittelt wurde (Sánchez-Sáez et al., 2021), und entspricht einer durchschnittlichen Distanz von 740 m bei 32 erwachsenen Spielerinnen und 891 m bei 25 erwachsenen Sportlern (Zapardiel et al., 2020). Auch bei den relativen Distanzen stimmen unsere Ergebnisse mit aktueller Literatur (z. B. Pueo et al., 2017) überein, die relative Distanzen von 69,7 m/min bei männlichen und 59,8 m/min bei weiblichen Spielern nachwiesen, verglichen mit 69,2 m/min bei männlichen Jugendlichen und 63,3 m/min bei weiblichen

Spielern in der vorliegenden Studie. Bemerkenswerterweise sind die relativen Entfernungen, die beim Beachhandball zurückgelegt werden, viel geringer als beim klassischen Handball, der auf einem Spielfeld von vergleichbarer Größe (24 × 12 m) gespielt wird. Corvino et al. (2016) berichteten über eine mittlere zurückgelegte Strecke von 118,5 m/min, deutlich höhere Werte als beim Beachhandball, was sich am ehesten durch die Unterschiede zwischen dem Spiel auf festem und sandigem Untergrund erklären lässt, da das Laufen auf Sand mehr mechanische Arbeit erfordert und zu einem höheren Energieaufwand führt (Lejeune et al., 1998), wodurch die Gesamtleistung im Vergleich zu starrem Untergrund eingeschränkt wird.

Beachhandball ist außerdem durch zahlreiche hochintensive Aktionen während des Spiels gekennzeichnet (Zapardiel et al., 2020). In dieser Hinsicht stützen unsere Daten weitgehend frühere Studien (Sánchez-Sáez et al., 2021) im Beachhandball, erweitern sie aber auch, indem sie eingehende Analysen der Arbeitsbelastung in Untergruppen durchführen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass unsere Daten zur Maximalgeschwindigkeit gut mit denen von Sánchez-Sáez et al. (2021) übereinstimmen, die eine mittlere Maximalgeschwindigkeit von 15,8 km/h bei weiblichen Beachhandball-Elitespielern berichteten, verglichen mit 15,6 km/h bei jugendlichen Sportlerinnen in der vorliegenden Studie.

Frühere Studien zeigten eine Verringerung der externen Belastungswerte vom ersten zum zweiten Satz, die als Hinweis auf Ermüdungseffekte im Verlauf eines Wettkampfs interpretiert wurde. So berichten Sánchez-Sáez et al. (2021) beispielsweise über eine signifikante Verringerung der Gesamtdistanz ($471,39 \pm 103,68$ m vs. $426,47 \pm 112,85$ m) und der Durchschnittsgeschwindigkeiten ($2,54 \pm 0,56$ km/h vs. $2,33 \pm 0,50$ km/h) während des zweiten Satzes. Auch Pueo et al. (2017) fanden ebenfalls eine Abnahme der in der zweiten Spielhälfte zurückgelegten Gesamtdistanz (614 ± 145 m vs. 504 ± 130 m), die jedoch nur bei weiblichen Spielerinnen auftrat und von einem signifikanten Anstieg der Durchschnittsgeschwindigkeit begleitet wurde ($1,40 \pm 0,30$ km/h vs. $2,50 \pm 0,60$ km/h). Obwohl die meisten in der vorliegenden Studie

untersuchten Variablen ebenfalls auf reduzierte externe Belastungsmaße während des zweiten Satzes hindeuten, wurde ein signifikanter Unterschied nur für den PL/Minute und die Anzahl der Richtungswechsel pro Minute gefunden. Im Gegensatz zu Pueo et al. (2017) wurden jedoch keine signifikanten Interaktionseffekte zwischen dem gespielten Satz und den untersuchten Untergruppen festgestellt. Daher war der beobachtete Rückgang der externen Belastungsmaße in den Untergruppen nahezu gleichwertig und könnte daher als Hinweis auf mögliche allgemeine Ermüdungseffekte interpretiert werden. In Bezug auf die Auswirkungen von Geschlecht und Alter auf die externen Belastungsmaße bei Elite-Beachhandballspieler:innen haben frühere Studien durchweg Unterschiede zwischen weiblichen und männlichen Spieler:innen (Pueo et al., 2018; Zapardiel et al., 2020), aber auch zwischen jugendlichen und erwachsenen Spielern und Spielerinnen (Iannaccone et al., 2022; Zapardiel et al., 2020) gezeigt. Im Prinzip bestätigen unsere Ergebnisse diese Erkenntnisse, indem sie auf eine durchweg höhere externe Belastung bei männlichen Spielern im Vergleich zu weiblichen, jugendlichen Spielern über die verschiedenen analysierten Variablen hinweg hinweisen. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen wurden bei der Hälfte der Ergebnisse festgestellt, nämlich bei der pro Minute zurückgelegten Strecke, der maximalen Geschwindigkeit, der maximalen Beschleunigung und Entschleunigung sowie der Belastung pro Minute.

Zapardiel et al. (2020) waren die erste Gruppe, die im Beachhandball der Eliteklasse konditionelle Analysen unter Berücksichtigung spezifischer Spielpositionen durchführten. Daten der vorliegenden Untersuchung bestätigen die meisten ihrer Ergebnisse. So legten Spezialisten die größten Gesamtdistanzen pro Spiel zurück und führten die meisten Sprünge pro Minute aus; Verteidiger absolvierten viele hochintensive Entschleunigungen und die meisten Richtungswechsel; während Flügelspieler und -spielerinnen die höchsten Maximalgeschwindigkeiten im Spiel erreichten, die höchsten Maximalbeschleunigungen erzielten und die meisten explosiven Anstrengungen ausführten.

Diese Ergebnisse zeigen, dass die körperlichen Anforderungen im Beachhandball je nach Spielposition sehr unterschiedlich sind. Daher sollte die Verfügbarkeit hochdifferenzierter, valider und zuverlässiger technischer Lösungen zur Analyse der externen Arbeitsbelastung im Sport unter Verwendung von IMA und LPS/GPS durch eine sinnvollere Differenzierung innerhalb der Analysen nach Spielpositionen ergänzt werden. Damit wird die Basis für eine Individualisierung bei der Gestaltung fundierter positionsspezifischer Trainingsprogramme gelegt und damit die Grundlage für eine optimale Leistungssteigerung bei bereits leistungsstarken Athlet:innen geschaffen.

Ergebnisse dieser Untersuchung unterstreichen, dass Beachhandball durch zahlreiche hochintensive Aktionen wie Sprints, Sprünge, Richtungswechsel sowie hochintensive Beschleunigungen und Entschleunigungen charakterisiert werden kann. Im Einklang mit früheren Studien wurden mäßige Hinweise auf eine verringerte externe Belastung während der zweiten Spielhälfte, aber im Gegensatz zu früheren Berichten keine Interaktionseffekte gezeigt, was auf eine allgemeine Ermüdung hinweist und nicht auf eine Verringerung der Arbeitsbelastung, die nur bestimmte Alters-/Geschlechtsgruppen oder Spielpositionen betrifft. Die Ergebnisse bestätigen zudem Studien, die Unterschiede in der externen Belastung zwischen weiblichen und männlichen Beachhandballspielerinnen bzw. -spielern aufzeigen, widersprechen aber den Erkenntnissen über höhere externe Belastungen bei erwachsenen Spielenden im Vergleich zu Jugendlichen. Besonders wichtige Informationen ergeben sich aus der Analyse unter Berücksichtigung spezifischer Spielpositionen, was bei der Gestaltung individualisierter Trainingsprogramme zur optimalen Leistungssteigerung im Beachhandball unterstützen kann.

4.1 Diskussion der spieltaktischen Analysen mittels Vision

Spieltaktische Analysen werden insbesondere zur Analyse des eigenen Spiels sowie zur Vorbereitung auf den Gegner genutzt. Diese können damit sowohl während Turnieren als auch im Training genutzt werden. Sie bieten damit die Grundlage sowohl mannschafts- als auch

individualtaktische Aspekte zu berücksichtigen. Hierbei können beispielsweise Präferenzen der eigenen sowie der gegnerischen Spielerinnen und Spieler eine entscheidende Rolle spielen. Bisherige Studien haben etwa die Wurfhäufigkeit sowie die Trefferquote in Abhängigkeit der Wurfposition analysiert (Skandalis et al., 2017; Zapardiel, 2018). Aufbauend darauf war das Ziel des Projekts spieltaktische Elemente in Anlehnung an bereits validierte Beobachtungsbögen genauer zu untersuchen. Hierfür wurden bei 19 Spielen alle Spielaktionen mittels „Vision“ (Catapult) getaggt und analysiert.

Die Ergebnisse legen nahe, dass die Mehrheit der Angriffe aus einem geordnetem System heraus entstanden sind (87% Positionsangriffe), d. h. mehr als drei Pässe bis zum Torwurf gespielt wurden. Dies zeigt sich beispielsweise in der geringen Anzahl der direkten Würfe durch den Torhüter/die Torhüterin. Zapardiel (2018) zeigt in seiner Untersuchung eine ähnlich niedrige Anzahl an direkten Würfen (1 %) und merkt an, dass durch die geringe Anzahl an Schnellangriffen das gegnerische Team ausreichend Zeit hat, in ihr gewohntes defensives System zu kommen. Er begründet dies jedoch durch die geringe Trefferquote bei direkten Würfen.

Um einen Angriff abzuschließen, wurde in der Offensive die Pirouette („Spin-Shot“) am häufigsten durchgeführt (50 %) – gefolgt vom Kempa-Wurf (24 %) oder dem Wurf des Spezialisten (18 %, ebenfalls mit zwei Punkten belohnt bei Torerfolg). Diese Ergebnisse bestätigen vorherige Studien weitestgehend. Beispielsweise konnte Zapardiel (2018) in seiner Untersuchung zeigen, dass der „Spin-Shot“ in etwa der Hälfte der Offensiv-Aktionen (48 %) genutzt wird. Im Gegensatz zu den Ergebnissen dieser Untersuchung, zeigte er jedoch, dass der Spezialisten-Wurf (19 %) vergleichsweise häufiger genutzt wurde als der Kempa-Wurf (12 %). Interessant ist jedoch, dass der „Spin-Shot“ zwar der am häufigsten verwendete Wurf war, aber zu den Würfen mit der geringsten prozentualen Trefferquote zählt (Zapardiel, 2018).

Der Torwurf erfolgte in der Mehrheit der Angriffe direkt vor dem Torraum – nur einige wenige Angriffe erfolgten aus dem Rück- oder dem eigenen Torraum. Vor dem Torraum erfolgte der Wurf meist aus einer mittleren

(34 %) oder linksseitigen Position (32 %) – gefolgt von einer rechtsseitigen Position (20 %). Ähnliche Ergebnisse konnten Skandalis et al. (2017) in ihrer Untersuchung zeigen. Sie fanden die meisten Torwürfe aus einer mittleren Position, was sie auf den Spezialisten zurückführen, dem sie eine besondere Rolle zuschreiben, da auch ein normaler Treffer doppelt zählt. Dies deckt sich mit der hier festgestellten hohen Anzahl an Würfen durch den Spezialisten. Jedoch konnten sie eine ähnliche Anzahl an Würfen von der linken vs. von der rechten Seite zeigen, was sich nur bedingt mit den hier vorliegenden Ergebnissen deckt. Betrachtet man zusätzlich die Torbereiche, in die die Würfe erfolgten, zeigen sich keine klaren Unterschiede zwischen den Bereichen – die Mehrheit der Würfe erfolgte dabei in die oberen oder unteren Ecken (~65 %). Häufig zu erkennen war jedoch der Torwurf auf die entfernte Torhälfte. Dieser Trend konnte ebenfalls in der Untersuchung von Skandalis et al. (2017) gezeigt werden. Sie begründen dies damit, dass der Torhüter häufig die kurze Seite, die näher am angreifenden Spieler liegt, abdeckt und der Block die andere Seite versperrt.

Die vorliegenden Ergebnisse hinsichtlich spieltaktischer Aspekte decken sich weitestgehend mit anderen Studien. Solche Erkenntnisse geben Einblicke über das taktische Verhalten von Spielern und Spielerinnen und bieten die Möglichkeit/Grundlage solche Aspekte sowohl individuell als auch für das gesamte Team im Training sowie auf die Vorbereitung auf einen anstehenden Gegner zu berücksichtigen.

5 Literatur

- Achenbach, L., Loose, O., Laver, L., Zeman, F., Nerlich, M., Angele, P., & Krutsch, W. (2018). Beach handball is safer than indoor team handball: Injury rates during the 2017 European Beach Handball Championships. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, *26*(7), 1909-1915. [10.1007/s00167-018-4907-5](https://doi.org/10.1007/s00167-018-4907-5)
- Anagnostou, E., Dimopoulou, P., Sklavos, S., Zouvelou, V., & Zambelis, T. (2021). Identifying jitter outliers in single fiber electromyography: Comparison of four methods. *Muscle & Nerve*, *63*(2), 217-224. <https://doi.org/10.1002/mus.27093>
- Bon, M., & Pori, P. (2020). Various aspects of the scientific development of beach handball over three decades-from “Keep It Simple” to the Olympic Games. *Sport Mont*, *18*(2), 103-106. [10.26773/smj.200618](https://doi.org/10.26773/smj.200618)
- Bredt, S., Chagas, M. H., Peixoto, G. H., Menzel, H. J., & de Andrade, A. (2020). Understanding player load: Meanings and limitations. *Journal of Human Kinetics*, *71*, 5-9. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0072>
- Corvino, M., Vuleta, D. & Sibila, M. (2016). Analysis of load and players’ effort in 4vs4 small-sided handball games in relation to court dimensions. *Kinesiology*, *48*, 213-222. [10.26582/k.48.2.9](https://doi.org/10.26582/k.48.2.9)
- Iannaccone, A., Fusco, A., Skarbalius, A., Kniubaite, A., Cortis, C., & Conte, D. (2022). Relationship between external and internal load measures in youth beach handball. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *17*(2), 256-262. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2021-0225>
- International Handball Federation (2014). Rules of the game. Basilea: IHF. Zugriff am 30.07.22 unter www.ihf.com
- Lejeune, T. & Willems, P., & Heglund, N.C. (1998). Mechanics and energetics of human locomotion on sand. *Journal of Experimental Biology*, *201*, 2071-2080. [10.1242/jeb.201.13.2071](https://doi.org/10.1242/jeb.201.13.2071)
- Macadam, P., Cronin, J. B., Uthoff, A. M., Nagahara, R., Zois, J., Diewald, S., Tinwala, F., & Neville, J. (2020). Thigh loaded wearable resistance increases sagittal plane rotational work of the thigh resulting in slower 50-m sprint times. *Sports Biomechanics*, *21*(10), 1291-1302. [10.1080/14763141.2020.1762720](https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1762720)

- Michael, R. (2019). *Weiterentwicklung und Validierung eines Spielbeobachtungsbogens für Beachhandball*. Bachelorarbeit, Goethe Universität. Frankfurt.
- Pino-Ortega, J., Oliva-Lozano, J. M., Gantois, P., Nakamura, F. Y., & Rico-González, M. (2022). Comparison of the validity and reliability of local positioning systems against other tracking technologies in team sport: A systematic review. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 236(2), 73-82. <https://doi.org/10.1177/1754337120988236>
- Pueo, B., Jimenez-Olmedo, J., Penichet-Tomás, A., Ortega-Becerra, M., & Espina-Agullo, J. (2017). Analysis of time-motion and heart rate in elite male and female beach handball. *Journal of Sports Science & Medicine*, 16(4), 450-458.
- Reigal, R. E., Vásquez-Diz, J. A., Morillo-Baro, J. P., Hernández-Mendo, A., & Morales-Sánchez, V. (2020). Psychological profile, competitive anxiety, moods and self-efficiency in beach handball players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17, 241. 10.3390/ijerph17010241
- Sánchez-Sáez, J. A., Sánchez-Sánchez, J., Martínez-Rodríguez, A., Felipe, J. L., García-Unanue, J., & Lara Cobos, D. (2021). Global positioning system analysis of physical demands in elite women's beach handball players in an official spanish championship. *Sensors*, 21(3). 10.3390/s21030850
- Skandalis, V., Papanikolaou, F., Hatzimanouil, D., Konioglou, A., & Giannakos, A. (2017). *Effectiveness analysis in shooting in European Beach Handball Tournament (EBT) 2016*.
- Zapardiel, J. C. (2018). *M18 W18 Beach Handball EUROS Championship Analysis Ulcinj 2018*. Zugriff am 30.07.22 unter https://www.fmbalonmano.com/uploads/noticias/m18_w18_beach_handball_euros_cha.pdf
- Zapardiel, J. C., & Asín-Izquierdo, I. (2020). Conditional analysis of elite beach handball according to specific playing position through assessment with GPS. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 20, 118-132. 10.1080/24748668.2020.1718458

Next Generation

Krisenresilienz von Trainern/Trainerinnen und Spielern/
Spielerinnen auf der Basis systemischer und generativer Ansätze
Deutscher Badminton-Verband e. V. (DBV)

Innovative Personalentwicklung von Perspektiv-Trainern-und
-trainerinnen des DBV am Beispiel des U 15 Kaders

(AZ 072013/21-22)

Filip Mess, Hannes Käsbauer (DBV) (BT-W), & Wolfgang Klöckner (Projektleitung und Verfasser)

1 Ausgangslage – Problemstellung

Vor dem Hintergrund der Corona-Krise stellte sich das Projekt Fragen, welche persönlichen Auswirkungen sich bei Jugendlichen des U 15 Kaders sowie in ihren aktuell um den Leistungssport organisierten familiären und schulischen Umfeldern erkennen ließen.

Zugleich suchte der DBV seit längerem innovative Ansätze einer Personalentwicklung im Jugendbereich, um diesen in Zukunft erfolgreicher an Entwicklungen in der internationalen Leistungsspitze heranführen zu können.

Vor dem Hintergrund eines systemischen Leistungsverständnisses und der Erfahrungen des Verfassers in einigen vorausgegangenen Projekten im Hockey (Klöckner, 2017a) wollte der DBV auch für seine Ausbildungssegmente neue Impulse und innovative Lehrinhalte mithilfe einer ausgewählten und ausgewiesenen qualifizierten Gruppe von Projekt-Trainern und -Trainerinnen generieren und gewinnen. Ausgangspunkt für alle Beteiligten war, welche krisenbedingten Einschränkungen ihrer gegenwärtigen und zukünftigen Leistungsentwicklung die Jugendlichen wahrnehmen und welche unterstützenden Ressourcen sie von einer leistungssportlichen Förderung und Entwicklung seitens des Verbandes erwarten (Resilienz).

Daran angelehnt stellten sich Fragen, in wie weit die für das Projekt intern ausgewählte Trainergruppe sich daraus ergebenden Anforderungen gewachsen schien. Darüber hinaus sollte ausbildungsbezogen hinterfragt werden, ob Inhalte und Methoden des bestehenden und seit langem gelehrtens Leistungsverständnisses für zukünftige Anschlüsse an internationales Niveau ausreichen.

Als mögliche Erweiterung sah der Verfasser neben systemischen Zugängen auch das zeitgemäße Wissen um den Einfluss unbewusster Prozesse auf die kognitiv-bewusst Kontextgestaltungen der Spieler/Spielerinnen in ihren Trainings und Wettkämpfen (Roth & Ryba, 2016; Ryba & Roth, 2019). Die als eine zusätzliche Erweiterungsoption angedachte Intervention mit Trancen als Medium zwischen bewussten und unbewussten Prozessen (generatives Coaching), konnte leider aufgrund der eingeschränkten Rahmenbedingungen nicht angeboten werden (Gilligan, 2014).

2 Methodische Aspekte und coronabedingte Anpassung der Projektorganisation

Das Projekt wurde zum Höhepunkt des ersten Corona-Jahres beantragt, in der Hoffnung, seine Umsetzungen bei rückläufigen Einschränkungen „störungsfreier“ durchführen zu können.

Leider verstärkten sich diese Einschränkungen im Herbst, Winter und Frühjahr 21/22, so dass eine Reihe von Maßnahmen (Lehrgänge, Wettkämpfe/Meisterschaften und Präsenz-Treffen der Projektmitglieder) abgesagt werden mussten. Das hatte zum Teil erhebliche Auswirkungen auf die im ursprünglichen Projektantrag vorgestellte Planung und auch auf die Logik der Durchführung.

So fand im August 2021 der einzige Präsenz-Projektworkshop in Köln statt, den der Verfasser dazu nutzte, einerseits den groben Wissensrahmen eines systemischen Arbeitsansatzes vor-, zugleich die Projektorganisation durch eine Aufteilung in vier Arbeitsgruppen neu aufzustellen, um diese für die anstehenden Projektprozesse effizienter nutzen zu können. Letztere mussten dann fast ausschließlich auf Online-Formate verlagert werden; als Kompensation für ausgefallene Prozess-Coachings wurden mehrere ursprünglich nicht geplante Maßnahmen im Frühjahr 2022 noch nachträglich eingebaut.

Unter den Projektmitgliedern waren u. a. zwei Psychologinnen und ein Psychologe, die im Anschluss gezielter Online-Abstimmungen mit dem Verfasser dann innerhalb ihrer Trainingsgruppen alle geplanten Interviews der Spieler/Spielerinnen und der zugehörigen Eltern (jeweils 10) eigenständig durchführten. Im Gegensatz zur ursprünglichen Projektplanung und -idee haben sich diese Eltern-/Spieler und Spielerinnen-Interviews – auch aufgrund der hohen Arbeitsbelastung der drei (Landes-)Trainer/Trainerinnen – zeitlich deutlich nach hinten verschoben.

Der Verfasser selbst hatte bereits kurz vor dem offiziellen Projektbeginn in einem ersten Schritt alle Trainer/Trainerinnen interviewt, um nach entsprechender Auswertung in anschließenden, umfangreichen individuellen Rückmeldungen jede(n) Beteiligte(n) auf seinen/ihren persönlichen Coachingprozess vorzubereiten. Auch zu diesen Ergebnissen waren weitere Präsenz-Workshops geplant, um die Projektgruppe auf einen **gemeinsamen** Wissenstand zu bringen. Auf der Basis der Interviewergebnisse sollten dabei die Ausprägungen der Projektgruppe zu folgenden Themen vorgestellt, diskutiert und mit Coaching-/Schulungswünschen unterlegt werden:

- ▶ Wie erleben bzw. nehmen die Mitglieder der Projektgruppe Jugendliche der Altersgruppe U15 bei ihrer leistungssportbezogenen Verarbeitung der durch die Corona-Krise bedingten Einschränkungen (Sport, Schule, Familie, Peergroups) wahr? Dabei bleibt die Perspektive möglicher Einflüsse und Einschränkungen auf ihre angestrebte leistungssportliche Entwicklung im Badminton zielführend.
- ▶ Mit welchem Wissen und welchen Qualifikationen versucht die ausgewählte Projektgruppe den auftretenden Fragestellungen/Problemen zu begegnen (Resilienz der Spieler/Spielerinnen)?
- ▶ Wie kompetent erlebt sie sich, mit welchen Widersprüchen wird sie konfrontiert, welche Resonanz lösen diese Erfahrungen bei den Trainer/Trainerinnen selber aus und welche zusätzlichen Angebote könnten sie ihrerseits unterstützen, resilienter mit den veränderten Anforderungen umzugehen?
- ▶ Wie erweitert dabei ein systemisches Leistungsverständnis als unterstellbare Abbildung komplexer Interaktionen zwischen biologischen, psychischen und sozialen Prozessen ihr bisheriges Wissen und welche Konsequenzen entwickeln sich daraus für ihre alltäglichen Umsetzungen/Trainingsarbeit?
- ▶ Was brauchen sie, um sich in ihrer Arbeitsweise vom einem überwiegend sportwissenschaftlich definierten Trainer/Trainerin zu einem (systemischen) Coach weiter zu entwickeln?

Leider konnten diese Workshops nicht stattfinden, und mit den bekannten Einschränkungen mussten Themen und Inhalte in neu konzipierten Online-Coachings und Schulungen (seitens des Verfassers eigens mit Material hinterlegt) angeboten und die Projektmitglieder auf die wenigen dann stattfindenden Präsenz-Coachings vorbereitet werden.

3 Ergebnisse und Diskussion

Durchgängig offenbarten die Trainer/Trainerinnen-Interviews selbst geäußerte Defizite im psychischen Systembereich – hier vor allem bei Strategien und Techniken zur Stressregulation und im Umgang mit Emotionen – und in der Transformation biologischer, psychischer und sozialer Prozesse in vernetzte Trainingsformen. In der Balance zwischen Fremd- und Selbststeuerung dominierten die Einflüsse der Trainer/Trainerinnen nahezu alle Prozesse und reduzierten die Kompetenzen zur Selbstorganisation der Spieler/Spielerinnen, was häufig zu Irritationen und/oder sich wiederholendem Nichtverstehen auf beiden Seiten führte.

Um diese Diskrepanz zwischen angedachten Projekthinhalten und dem auch aus den Interviews erkennbar werdenden Trainer/Trainerinnen-Anwendungswissen zu verdeutlichen, greift der Verfasser exemplarisch einige Beobachtungen und Interventionen aus den wenigen Prozess-Coachings auf.

Während eines internationalen 8-Nations-U 15 Turniers in Nantes begleitete er im Dezember 2021 über vier Tage fünf Projektmitglieder und eine Spielergruppe bei allen ihren Coachings vor und nach den jeweiligen Spielen¹. Er beobachtete neben den kommunikativen Stilen der Coaches, ihren inhaltlichen Fokus, die Resonanz bei den Jugendlichen während der Gespräche und bei der anschließenden Umsetzung auf dem Feld, die emotionalen Befindlichkeiten der Coaches und Coachees während dieser Prozesse.

In einem abschließenden mehrstündigen Feedback mit der Projektgruppe vor Ort zeichnete er folgende Entwicklungschancen auf:

- › Die Kommunikation könnte mit Hilfe eines nur theoretisch (online) eingeführten Modells der Transaktionsanalyse durch die Kenntnis von Ich-Zuständen und unterschiedlicher Transaktions-Typen deutlich strukturierter und für beide Seiten gewinn-

bringender gestaltet werden (Gührs & Nowak, 2014, 2018).

- › In der Analyse zeigte der Verfasser auf, dass sich die grundsätzliche Stoßrichtung des Coachings an „Kind-Ich-Zustände“ richtete und damit vor allem „angepasste-Kind-Ich“ Muster bei den Jugendlichen aktivierte. Er verdeutlichte an konkreten Beispielen eine unglückliche Anlehnung an pädagogische Muster (Schule) bis hin zu gelegentlichem Overprotecting der Jugendlichen. Die für ein angestrebtes, internationales Spielniveau unterstellbare Ausprägung von Eigenverantwortlichkeit kam in diesen Coachings deutlich zu kurz.
- › Ergänzend dazu lag der inhaltliche Fokus bei allen Coaches primär auf technischen und vor allem taktischen Beobachtungen, Vorgaben und Korrekturen. Deren Anbindung an systemische Bezüge: wie werden überwiegend kognitiv unterlegte Inhalte und Ziele, durch Impulse limbischer Prozesse u. a. auch emotional beeinflusst, schien nicht bekannt (Roth & Ryba, 2016; Ryba & Roth, 2019). Anders gefragt: können Badminton-Jugend-Trainer/Trainerinnen ihre eigene überwiegende Kopfsteuerung auch in Richtung einer „intuitiven“ Bauchsteuerung ergänzen und diese wechselseitigen Ressourcen selber nutzen und auch coachen? Auf dem Feld war erkennbar, dass die Jugendlichen erfolglos versuchten, gegnerischen Überlegenheiten aus einem angepassten Kind-Ich-Zustand primär nur kognitiv-taktisch zu begegnen. Ergänzend dazu fehlten den Jugendlichen entsprechende Zugänge zu Formen von „(Wett-)Kampfenergie“, aus der sie zusätzliche und notwendige Ressourcen für ihr Spiel schöpfen könnten.

¹ Hier sei erwähnt, dass der Verfasser, selber jahrelang aktiv Badminton gespielt hat, über die A-Trainer-Lizenz verfügt und die Badminton-Nationalmannschaft über 5 Jahre betreut und bei allen internationalen Maßnahmen coachend begleitet hat (Klößner, 1993).

- Das Feedback schloss mit Fragen, in wie weit die hier beobachteten Coachings mit täglichen Trainingsformen korrespondierten und ob, wo und wie die Jugendlichen überhaupt Zugänge zu diesen erweiterten Entwicklungsprozessen erhielten?

Im Anschluss an diese Maßnahme wurde dieses Feedback in die gesamte Projektgruppe getragen und löste dort entsprechende Irritationen aus, u. a., weil derartige Fragestellungen, Inhalte und daran geknüpfte Prozesse bisher in ihrer Ausbildung nicht (ausreichend) thematisiert worden waren.

Dies wirft für den Verfasser zum wiederholten Male die grundsätzliche Frage auf, in wie weit das aus der Sportwissenschaft transportierte Leistungs-, Lehr- und Trainingsverständnis der unterstellbaren Komplexität sportlicher Spielhandlungen entspricht und für Trainer/Trainee-rinnen Antworten und Hilfestellungen für eine Vielzahl von Fragestellungen zur Verfügung stellen kann (Klöckner, 2017b).

Den darauf bezogenen Wünschen des DBV-Ausbildungsverantwortlichen folgend, nahm der Verfasser noch während des Projektverlaufs an einigen A-Trainer-Ausbildungsmaßnahmen teil, um dort erste systemische Impulse anzustoßen. Ebenso begleitet er nach Projektabschluss die Einzel-Bundestrainer/Trainerin aktuell in Mülheim bei einer kritischen Reflexion ihrer Trainingsphilosophie.

Die aus dem angedachten Projektablauf weit nach hinten verschobenen Interviews mit Spieler/Spielerinnen und ihren Eltern zeigten grundsätzlich auf, dass in den Phasen der ersten Corona-Restriktionen (Lockdowns) die Jugendlichen die anstehenden Einschränkungen noch gut aussteuern konnten.

Zugleich wurde deutlich, dass der Verband mit seinen unterstützenden Maßnahmen (u. a. Online-Trainingsformen) sie auf eine sehr ansprechende Art erreichte. Bei allen – auch den hoch engagierten Eltern – war durchgängig Erleichterung erkennbar, als die ersten Präsenz-Trainings wieder einsetzten.

4 Literatur

- Gilligan, S. (2014). *Generative Trance*. Junfermann Verlag.
- Gührs, M., & Nowak, C. (2014). *Ein Leitfaden für Beratung, Unterricht und Mitarbeiterführung mit Konzepten der Transaktionsanalyse*. Limmer Verlag.
- Gührs, M., & Nowak, C. (2018). *Ein Übungsbuch zum konstruktiven Gespräch*. Limmer Verlag.
- Klöckner, W. (1993). *Handlungsregulation im Sportspiel Badminton*. Meyer & Meyer Verlag.
- Klöckner, W. (2017a). Leistungssteuerung im Übergang zwischen harten und weichen Wirklichkeiten: Systemisches Prozess-Coaching bei der Hockey-Damennationalmannschaft (Teil 1-3). *Zeitschrift Leistungssport* Jahrgang 4-6. Philippka Verlag.
- Klöckner, W. (2017b). Systemisches Denken. Wie verändern sich objektive Daten in der alltäglichen Wirklichkeit von Trainer- und SportlerInnen? *Vortrag anlässlich der 13. Tagung der TrainingswissenschaftlerInnen an den OSP's*. November 2017. Hamburg.
- Roth, G., & Ryba, A. (2016). *Coaching, Beratung und Gehirn. Neurobiologische Grundlagen wirksamer Veränderungskonzepte*. Klett-Cotta Verlag.
- Ryba, A., & Roth, G. (2019). *Coaching und Beratung in der Praxis. Ein neurowissenschaftlich fundiertes Integrationsmodell*. Klett-Cotta Verlag.

Sportartspezifische Diagnostik im Wellenreiten

(AZ 072017/21-22)

Daniel Hahn (Projektleitung)¹, Paolo Tecchio¹, Jana Sippl¹, Tobias Weingarten¹, Paul Panglisch¹, Jannik Dörr² & Martin Walz²

¹ Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Sportwissenschaft,
Lehr- und Forschungsbereich Bewegungswissenschaft

² Deutscher Wellenreitverband

1 Problemstellung

Die Sportart Wellenreiten, international und meist auch im Deutschen Surfen genannt, erfährt eine immer größere Beliebtheit. Im Jahr 2016 wurde das Surfen schließlich in den Kanon der Olympischen Sportarten für die Sommer-spiele in Tokio aufgenommen, und erst kürzlich (2020) fasste das Exekutiv-Komitee des Internationalen Olympischen Komitees (IOC) den Beschluss, Surfen für die Olympischen Som-mer-spiele in Paris 2024 zuzulassen.

Surfen ist eine komplexe Sportart, die Leistungs-komponenten im Wellenreiten können jedoch in drei Grobkategorien unterteilt werden:

- › Erstens die Ausdauerleistungsfähigkeit und die Kraftfähigkeit in Bezug auf die Fortbewegung auf dem Surfbrett, das Paddeln,
- › zweitens spezifische Kraftfähigkeiten und
- › drittens technomotorische Fertigkeiten als Voraussetzung zur erfolgreichen Durchführung surfspezifischer Manöver.

Grundsätzlich ist es für Surferinnen und Surfer zunächst entscheidend, sich im so genannten Lineup (dort wo die Wellen brechen) richtig zu positionieren und die Wellen im kritischen Bereich zu starten. Dazu sind im Wesentlichen zwei technomotorische Fertigkeiten von Bedeutung: erstens das maximale Anpaddeln, um von der ausgewählten Welle mitgenommen zu werden und zweitens ein schnelles und sicheres Aufstehen aus der liegenden Paddelposition in die stehende Surfposition, der so genannten Take-Off oder Pop-Up.

Die wichtigsten wertungsrelevanten Manöver beim anschließenden Wellenritt sind so genannte Top-Turns an der Lippe der Welle (d. h. in dem Bereich, wo die Welle bricht), Aerials (d. h. Sprünge, wobei die Welle als Rampe benutzt wird) und Tuberides oder Barrels (d. h. Ritte in der Röhre der Welle) (Forsyth et al., 2017; Lundgren et al., 2014). Werden im Zuge eines Wellenritts mehrere Manöver verbunden, erfolgt zwischen den Punktmanövern jeweils ein Bottom-Turn zur Vorbereitung des nächsten Manövers.

Literatur zu surfspezifischen Fähigkeiten ist nur in sehr geringem Maße vorhanden. Bzgl. des Paddelns wurde von einem starkem Zusammenhang ($r > 0.88$) zwischen der Zugkraft des Oberkörpers (bestimmt über das 1-RM Klimmziehen (1-RM) und den 5-, 10- und 15-m Sprintzeiten im Paddeln auf dem Surfbrett berichtet (Sheppard et al., 2012). Zum Pop-Up zeigten Studien, dass ein moderater, nicht signifikanter Zusammenhang ($r > -0.59$) zwischen isometrischer sowie dynamischer Drückkraft (erhoben über modifizierte Liegestütze auf einer Kraftmessplatte) und der Pop-Up-Dauer im Wasser besteht. Ein simulierter Pop-Up-Test auf Kraftmessplatten zeigte jedoch einen starken Zusammenhang ($r = -0.78$) mit der Pop-Up-Dauer im Wasser. Zudem erwies sich der simulierte Pop-Up-Test als diskriminierend in Bezug auf das Leistungsniveau der getesteten Surfer (Parsonage et al., 2020). Literatur zu leistungsbestimmenden Faktoren der Turns ist aufgrund der Wettkampfrahmenbedingungen praktisch nicht existent (Farley et al., 2017; Forsyth et al., 2020). Hinsichtlich der Beinkraftfähigkeiten und Surfen zeigte jedoch eine Studie, dass nur die isometrische Beinkraft jedoch nicht die Sprungleistung eines Squat Jump in Abhängigkeit vom Surfniveau unterschiedlich ausgeprägt ist (Sheppard et al., 2013).

Die sportwissenschaftliche Literatur zu Aerials im Surfen bezieht sich entweder auf qualitative Analysen (Forsyth et al., 2018) oder fokussiert sich auf die Landung (Forsyth et al., 2020). Studien zeigten, dass weder Drop Jumps noch klassische Gleichgewichtstests die spezifischen Anforderungen an die Landung von Aerials gut abbilden können (Bruton et al., 2017; Chapman et al., 2008). Allerdings wird in der Literatur mit dem so genannten „Drop-and-stick“ Test ein Niedersprung beschrieben, der zur Diagnostik von Aerial-spezifischen Fähigkeiten geeignet scheint. Dabei soll ein Niedersprung so schnell aber gleichzeitig so weich wie möglich gelandet werden (Tran et al., 2015). Wissenschaftliche Literatur zu so genannten Tuberides ist unseres Wissens nicht existent.

Trotz erster internationaler Erfolge des Surfteams Germany (z. B. Olympiateilnahme von Leon Glatzer) sind die Surferinnen und Surfer und deren Betreuer- und Trainerstab nach wie vor mit der Schwierigkeit konfrontiert, dass sportwissenschaftliche Erkenntnisse zum Surfen im Vergleich zu anderen Olympischen Sportarten nur begrenzt vorhanden sind. Dies betrifft insbesondere auch den Bereich der Leistungssteuerung anhand diagnostischer Maßnahmen. Ziel dieses Vorhabens war es, eine entsprechende Labor- und Felddiagnostik zu entwickeln, welche dann in Vorbereitung auf die Olympischen Sommerspiele 2024 in Paris zur Anwendung kommen soll.

2 Methodik

Im Rahmen des Projekts wurden $n = 5$ professionelle Surferinnen (20 (15-26) Jahre, 62,2 (53,6-68,1) kg) und $n = 9$ professionelle Surfer (23 (17-38) Jahre, 74,5 (60,6-86,15) kg) des DVW sowie eine Freizeitsurferin (22 Jahre, 64,0 kg) und $n = 5$ Freizeitsurfer (26 (23-36) Jahre, 86,9 (75,0-108,6) kg) untersucht. Die Akquise und Auswahl der Freizeitsurferin und -surfer erfolgte über einen Fragebogen zur Feststellung des Surfniveaus zur Gewährleistung eines hohen freizeitsportlichen Surfniveaus. Dies erschwerte allerdings insbesondere die Akquise von Freizeitsurferinnen.

Die diagnostischen Tests des Projektes umfassten sportartspezifische Test, sportmotorische Tests und biomechanische Tests.

Die sportartspezifischen Tests waren Sprintpaddeln, ein simulierter Pop-Up und der so genannte Drop-and-Stick Test.

Es wurden drei 20 m Paddelsprints aus einem ruhenden Start im Schwimmbecken absolviert. Die Sprints erfolgten auf den individuellen Standardsurfbrettern, die auch im Meer gesurft werden. Die Bestimmung kinematischer Parameter (mittlere Beschleunigung über die ersten fünf Meter und mittlere Geschwindigkeit zwischen fünf und 20 Metern) des Paddelns erfolgte mit Hilfe eines Seilzugmessgeräts (1080 Sprint; <https://1080motion.com/products/1080sprint-howitworks/>). Das Seil wurde über einen Karabiner am hinteren Teil des Surfbretts, dort wo normalerweise die Fußleine (Leash) angebracht wird, befestigt. Der beste Versuch aus den drei oben genannten Versuchen ging in die Auswertung ein. Als zusätzlicher virtueller Parameter wurde die mittlere Geschwindigkeit zwischen fünf und 20 Metern durch das individuelle Surfbrettvolumen pro Kilogramm Körpermasse geteilt, um dem Einfluss von Surfbrett und Körpergewicht auf die Paddelgeschwindigkeit Rechnung zu tragen.

Im Rahmen des Pop-Up Tests wurde das Aufstehen von der liegenden Paddelposition in eine stehende Surfposition auf dem Brett simuliert. Dazu positionierten sich die Testpersonen in einer liegenden Paddelposition auf zwei Standardkleinkästen. Die Hände waren dabei seitlich auf Brusthöhe neben dem Körper wie bei einem Liegestütz auf dem vorderen Kleinkasten platziert. Die Füße hingen frei in der Luft über den hinteren Kleinkasten hinaus. Zur Bestimmung der Dauer des Pop-Ups war der vordere Kleinkasten auf einer Kraftmessplatte platziert. Die Gesamtdauer wurde bestimmt als die Zeit vom ersten Abdruck mit den Händen bis zum ruhigen Stand auf den beiden Kleinkästen. Der beste (d. h. schnellste) aus drei Versuchen ging in die Auswertung ein.

Der Drop-and-Stick Test wurde entsprechend der Beschreibung in Tran et al. (2015) durchgeführt. Ausgehend von einer stehenden Position mussten die Testpersonen sich von einem 50 cm hohen Kasten fallen lassen (Drop) und so schnell und weich wie möglich auf einer Kraftmessplatte landen (Stick). Als Parameter wurden die Landezeit, die maximale Bodenreaktionskraft,

sowie der theoretische Kraftstoß aus maximaler Bodenreaktionskraft und Landezeit bestimmt. Die Landezeit wurde bestimmt als die Zeit vom initialen Bodenkontakt bis zu dem Zeitpunkt, ab dem die Bodenreaktionskraft innerhalb von fünf Prozent der Gewichtskraft verbleibt. Der Versuch mit dem geringsten theoretischen Kraftstoß aus drei Versuchen ging in die Auswertung ein.

Die sportmotorischen Tests umfassten die Abschätzung des 1-RM von Bankdrücken, Bankziehen, Klimmziehen und Kniebeuge. Zudem wurden Strecksprünge mit (CMJ) und ohne (SJ) Ausholbewegung sowie Fallsprünge (DJ) von 30 cm Höhe durchgeführt.

Zur Bestimmung des 1-RM erfolgte ein übungsspezifisches Aufwärmen mit einem Gewicht, welches ca. 8-10 Wiederholungen zuließ. Anschließend wurde ein Satz mit einem selbstgeschätzten Gewicht durchgeführt, welches circa fünf Wiederholungen zuließ. Dabei wurde mittels eines linearen Seilzugmessgeräts (Vitruve Velocity Encoder, <https://vitruve.fit/>) die Bewegungs- bzw. Hantelgeschwindigkeit bestimmt, anhand der die Abschätzung des 3-RM erfolgte. Mit dem geschätzten 3-RM-Gewicht wurde dann ein weiterer Satz absolviert, um das Gewicht ggf. anzupassen. Dieser Vorgang wurde wiederholt, bis das 3-RM gefunden wurde. Die Abschätzung des 1-RM erfolgte über die Geschwindigkeit der Bewegungsausführung des finalen 3-RM-Satzes nach Brzycki (1993). Das 1-RM wurde anschließend auf die Körpermasse normalisiert.

Bei allen Sprüngen wurden die Hände an der Hüfte gehalten, und die Bodenreaktionskräfte von allen Sprüngen wurden mittels Kraftmessplatte erfasst. Die Bestimmung der Sprunghöhen von CMJ und SJ erfolgte über eine doppelte Integration des Kraft-Zeit-Signals sowie die Flugzeit, die Bestimmung der Sprunghöhe der DJs erfolgte über die Flugzeit. Der „Reactive Strength Index“ (RSI) wurde als Quotient aus Sprunghöhe und Kontaktzeit gebildet. Alle Sprungformen wurden dreimal durchgeführt. Die Sprünge mit der größten Sprunghöhe (CMJ und SJ) bzw. dem größten RSI (DJ) gingen in die Auswertung ein.

Im Rahmen der biomechanischen Diagnostik wurden die Beinkraft der Kniebeuger und -strecker sowie die Kraft der Rumpfrotation mittels

einem isokinematischen Dynamometer (IsoMed2000, D&R Ferstl GmbH) getestet. Der Bewegungsumfang zur Testung der Beinkraft betrug 80° Kniewinkel von 20°-100° Knieflexion. Die Winkelgeschwindigkeit der Beinbeugung betrug 50°/s, die der Beinstreckung 500°/s. Zum spezifischen Aufwärmen führten die Testpersonen acht bis zehn Wiederholungen der Beuge-Streckbewegung mit circa 80 % maximaler Anstrengung aus. Dazu sollten die Testpersonen ihr Kniegelenk zunächst maximal stark beugen, um dieses im Anschluss ohne Pause direkt maximal zu strecken. Die Versuche wurden mit dem Bein durchgeführt, welches das hintere Bein auf dem Surfbrett ist. Es wurden drei Versuche mit ausreichend Pause zwischen den Versuchen absolviert. Als Parameter zur Beurteilung der Beinkraft wurde die Arbeit über den gesamten Bewegungsumfang sowie die maximale Leistung bestimmt, jeweils für Beugung und Streckung. Für eine bessere Vergleichbarkeit wurden beide Parameter auf die Körpermasse normiert. Die Versuche mit der größten Arbeit (jeweils für Beugung und Streckung) gingen in die Auswertung ein.

Zur Erfassung der dynamischen Rumpfrotationskraft befanden sich die Testpersonen in einer sitzenden Position auf dem Sitz des Rotationsmoduls des Dynamometers, Knie- und Hüftwinkel betragen jeweils 90°, wobei die Oberschenkel waagrecht und der Oberkörper somit senkrecht ausgerichtet waren. Verschiedene adjustierbare und gepolsterte Bügel dienten dazu, ungewollte Ausgleichsbewegungen zu minimieren. Der Bewegungsumfang betrug 90°, ausgehend von einer neutralen Haltung (Blick nach vorne) jeweils 45° nach links und nach rechts. Die Winkelgeschwindigkeit wurde im System auf „sehr schnell“ eingestellt. Aufwärmen und Gewöhnung wurden analog zur Testung der Beinkraft durchgeführt. Im Anschluss daran absolvierten die Testpersonen jeweils drei Rotationen von links nach rechts und zurück sowie von rechts nach links und zurück. Zwischen den Versuchen wurden ausreichende Pausen gewährt. Als Parameter zur Beurteilung der Rumpfrotationskraft wurde die Arbeit über den gesamten Bewegungsumfang sowie die maximale Leistung bestimmt, jeweils von links nach rechts sowie von rechts nach links.

Dabei wurde immer nur die erste Bewegungsphase vor Bewegungsumkehr analysiert, da die Bewegungsumkehr zu starken Artefakten im Drehmomentsignal führte. Für eine bessere Vergleichbarkeit wurden sowohl Arbeit als auch maximale Leistung auf die Körpermasse normiert. Die Versuche mit der größten Arbeit (für beide Rotationsrichtungen) gingen in die Auswertung ein.

Die Ergebnisse werden im Wesentlichen deskriptiv beschrieben. Für die Daten der Profisurfer und der Freizeitsurfer wurden auch Gruppenvergleiche durchgeführt, die aufgrund der geringen Stichprobengröße jedoch mit Vorsicht zu interpretieren sind, ebenso wie zudem durchgeführte, einfache lineare Regressionsanalysen.

Die Ergebnisse der biomechanischen Kraftdiagnostik können aus Tab. 3 entnommen werden. Es sind jeweils Mittelwert, Minimum und Maximum angegeben.

Lineare Regressionen für die Daten der Profisurfer zeigten einen moderaten Zusammenhang ($r = 0,51$) zwischen der Paddelgeschwindigkeit und dem Klimmziehen, jedoch nur einen schwachen Zusammenhang ($r = 0,122$) zwischen Paddelgeschwindigkeit und Bankdrücken.

Ebenso zeigte sich für die Profisurfer bzw. -surferinnen nur ein schwacher Zusammenhang zwischen Bankdrücken und der Pop-Up-Dauer ($r = 0,24$ bzw. $r = 0,20$). Der Zusammenhang für die Freizeitsurfer war hingegen stark negativ

Tab. 1: Ergebnisse des Paddelns

	Männer / Jungen		Frauen / Mädchen	
	Profis (n=9)	Freizeit (n=5)	Profis (n=5)	Freizeit (n=1)
Paddeln a (ms⁻²)	0,88 (0,73-1,37) *	0,61 (0,45-0,75)	0,76 (0,47-1,04)	0,39
Paddeln v (ms⁻¹)	1,71 (1,55-1,83) *	1,53 (1,3-1,71)	1,52 (1,33-1,65)	1,01
Paddeln vrel (ms⁻¹/l/kg)	4,8 (4,01-5,42) *	3,62 (2,57-4,6)	3,95 (3,42-4,88)	1,7
Pop-Up (s)	1,36 (1,11-1,56)	1,24 (1,06-1,43)	1,41 (1,17-1,56)	1,5
Drop&Stick (s)	0,43 (0,33-0,54)	0,49 (0,35-0,65)	0,5 (0,43-0,55)	0,37
Drop&Stick (Nkg⁻¹)	3,90 (2,32-5,10)	4,56 (3,62-6,36)	3,68 (3,43-3,96)	3,93
Drop&Stick (Nskg⁻¹)	1,65 (1,08-2,18) *	2,13 (1,62-2,54)	1,85 (1,63-2,0)	1,45

(a = Beschleunigung über 5 m, v = mittlere Geschwindigkeit zwischen 5-20 m, vrel = mittlere Geschwindigkeit normiert auf Surfbrettvolumen und Körpermasse), Zeitdauer des Pop-Ups sowie der Drop-and-Stick Landung, maximale Bodenreaktionskraft während der Landung normiert auf die Körpermasse und theoretischer Kraftstoß pro kg Körpermasse. * kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Profi- und Freizeitsurfern.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der surfspezifischen Tests können aus Tab. 1 entnommen werden. Es sind jeweils Mittelwert, Minimum und Maximum angegeben.

Die Ergebnisse der sportmotorischen Tests können aus Tab. 2 entnommen werden. Es sind jeweils Mittelwert, Minimum und Maximum angegeben.

($r = -0,91$). Eine lineare Regression zwischen dem RSI und dem theoretischen Kraftstoß während der Drop & Stick Landung zeigte ebenfalls nur einen schwachen Zusammenhang ($r = 0,25$).

Des Weiteren wurden lineare Regressionen zwischen verschiedenen diagnostischen Testparametern und dem so genannten Single Wave Score Average der Profisurfer und -surferinnen, also der durchschnittlichen im Wettkampf erreichte Wellenpunktezah, bestimmt. Diese sind Tab. 4 zu entnehmen.

Tab. 2: Ergebnisse der sportmotorischen Tests

	Männer / Jungen		Frauen / Mädchen	
	Profis (n=9)	Freizeit (n=5)	Profis (n=5)	Freizeit (n=1)
Bankdrücken	0,9 (0,74-0,99)	0,82 (0,69-0,95)	0,66 (0,56-0,78)	0,58
Bankziehen	1,02 (0,84-1,18)	1,11 (0,83-1,23)	0,81 (0,73-0,99)	0,91
Klimmziehen	1,33 (1,11-1,5)	1,31 (1,18-1,42)	1,23	1,0
Kniebeuge	1,46 (1,14-1,84) *	1,08 (0,98-1,16)	1,1 (0,95-1,29)	1,08
CMJ (m)	0,4 (0,33-0,51)	0,35 (0,3-0,38)	0,29 (0,23-0,34)	0,24
SJ (m)	0,36 (0,31-0,48)	0,33 (0,31-0,37)	0,25 (0,2-0,29)	0,23
DJ (m)	0,27 (0,18-0,34)	0,24 (0,2-0,29)	0,22 (0,13-0,29)	0,22
DJ (s)	0,219 (0,162-0,257)	0,223 (0,203-0,246)	0,224 (0,187-0,311)	0,229
DJ (RSI)	1,22 (0,81-1,6)	1,09 (0,9-1,28)	1,0 (0,56-1,37)	0,96

Ein-Wiederholungs-Maximum (1-RM) normiert auf die Körpermasse von Bankdrücken, Bankziehen, Klimmziehen und Kniebeuge. Sprunghöhen von CMJ, SJ und DJ. Zudem ist für die DJs die Kontaktzeit und der Reaktive Sprung Index (RSI) angegeben.

Tab. 3: Ergebnisse der biomechanischen Kraftdiagnostik

	Männer / Jungen		Frauen / Mädchen	
	Profis (n=9)	Freizeit (n=5)	Profis (n=5)	Freizeit (n=1)
W(Flexion) (Jkg-1)	89,1 (42,1-116,0)	-	77,5 (67,7-86,8)	-
P(Flexion) (Wkg-1)	1,39 (0,66-1,78)	-	1,36 (1,06-1,93)	-
W(Ext.) (Jkg-1)	99,9 (80,4-125,9)	-	89,7 (70,3-123,2)	-
P(Ext.) (Wkg-1)	8,35 (7,01-9,5)	-	6,81 (5,04-8,3)	-
W(lire) (Jkg-1)	80,8 (44,7-94,1)	71,5 (64,5-75,2)	52,5 (39,5-73,2)	34,5
P(lire) (Wkg-1)	6,24 (2,3-7,48)	5,81 (4,91-6,62)	3,44 (1,83-5,2)	1,5
W(reli) (Jkg-1)	80,3 (43,7-104,8)	72,4 (68,7-77,2)	55,6 (42,9-74,7)	32,3
P(reli) (Wkg-1)	6,23 (2,36-8,98)	5,65 (5,22-5,98)	3,72 (2,13-5,23)	1,39

Durchschnittliche Arbeit (W) sowie maximale Leistung (P) jeweils relativiert zur Körpermasse für die Kniebeuger (Flexion), Kniestrecker (Ext.), die Rumpfrotation von links nach rechts (lire) bzw. rechts nach links (reli)

Tab. 4: Korrelationskoeffizienten basierend auf linearer Regression zwischen verschiedenen Diagnostikparametern und dem so genannten Single Wave Score Average für die Profisurfer (M) und -surferinnen (W).

	CMJ	SJ	DJ (RSI)	Kniebeuge	Relative Leistung KnieExt.	Relative Leistung Rumpfrot.	Drop & Stick
M	-0,180	-0,003	-0,322	0,192	0,451	0,349	-0,219
W	-0,335	-0,012	-0,404	0,295	0,326	0,037	-0,963

4 Diskussion

Das Ziel dieses Serviceprojektes war es, eine sportartspezifische Diagnostik für die olympische Sportart Wellenreiten zu entwickeln. Dazu wurden Standardtestverfahren sowie neu konzipierte diagnostische Tests sowohl mit professionellen Surferinnen und Surfern als auch mit Freizeitsurfern und einer Freizeitsurferin durchgeführt.

Das Sprintpaddeln im Schwimmbassin stellte sich insbesondere dann als diskriminierend zwischen den Surflevels (professionell vs. freizeitlich) heraus, wenn die erreichte mittlere Paddelgeschwindigkeit über 15 Meter auf das Surfbrettvolumen und die Körpermasse normalisiert wurde. Da die sportmotorischen Krafttests der oberen Extremitäten (Klimmziehen, Bankdrücken, Bankziehen) keine Unterschiede zwischen den Surflevels aufzeigten, ist die Fähigkeit schnell zu Paddeln vermutlich mehr auf surfspezifische technomotorische Fertigkeiten als spezifische Kraftfähigkeiten zurückzuführen.

Der simulierte Pop-Up zeigte sich in Bezug auf die benötigte Zeit als nicht diskriminierend zwischen den Surflevels. Allerdings waren im Rahmen der Durchführung der Tests sehr starke Unterschiede in der technischen Ausführung zu beobachten. Dies gilt für die Profisurferinnen und -surfer wie für die Freizeitsurferin und -surfer. Die lineare Regression zwischen dem 1-RM im Bankdrücken und der für den Pop-Up benötigten Zeit weist zudem darauf hin, dass der Pop-Up der Freizeitsurfer eher auf Kraft als auf Technik beruht. Dies muss aufgrund der geringen Fallzahl allerdings mit Vorsicht betrachtet werden und bedarf weiterer Forschung zum Pop-Up.

Der Drop-and-Stick Test zeigte, dass professionelle Surfer nicht unbedingt schneller aber weicher landen als Freizeitsurfer. Dies spiegelt der geringere theoretische Kraftstoß aus maximaler Bodenreaktionskraft und Landedauer wider. Die Spezifität des Drop-and-Stick Tests zeigt sich zudem darin, dass kein Zusammenhang zum scheinbar ähnlichen Drop Jump der Standarddiagnostik besteht.

Somit bieten sich insbesondere Sprintpaddeln und Drop-and-Stick als mögliche sportartspezifische Tests an, um vor allem im Längsschnitt über die Saison sowie im Zuge der Nachwuchsförderung das Leistungsniveau zu überprüfen. Während die beim Sprintpaddeln erzielten Leistungen mit Angaben zu Profisurfern aus der Literatur vergleichbar sind, landen die deutschen Surferinnen und Surfer zwar schnell aber tendenziell zu hart (Tran et al. 2015).

Von den sportmotorischen Krafttests zeigte sich nur die Kniebeuge als diskriminierend zwischen den Surflevels, allerdings nur für die Surfer, was jedoch an der geringen Anzahl an getesteten Surferinnen liegen kann. Allerdings war der Zusammenhang zwischen dem 1-RM der Kniebeuge und der surfspezifischen Wettkampfleistung (d. h. dem Single Wave Score Average) relativ schwach (vgl. Tab. 4). Im Gegensatz zur Literatur (Sheppard et al. 2012), konnte auch nur ein moderater Zusammenhang zwischen dem 1-RM Klimmziehen und der Paddelgeschwindigkeit festgestellt werden. Zudem konnte nur eine von fünf Profisurferinnen einen Klimmzug realisieren, was Klimmziehen als diagnostischen Test zumindest für Surferinnen in Frage stellt. Ebenso wenig bestand ein Zusammenhang zwischen dem 1-RM im Bankdrücken der Profisurfer und -surferinnen und der für den Pop-Up benötigten Zeit, so dass auch das Bankdrücken als unspezifisch angesehen werden muss.

Ähnlich wie die sportmotorischen Krafttests waren die verschiedenen Sprünge nicht geeignet zwischen den Surflevels zu diskriminieren (vgl. Tab. 4). Lediglich der Counter Movement Jump zeigte eine Tendenz zu größeren Sprunghöhen bei den Profis im Vergleich zu den Freizeitsurfern. Die Zusammenhänge zwischen Sprunghöhen sowie RSI und der Wettkampfleistung waren schwach bis moderat negativ. Somit erscheinen die Sprungformen als spezifische diagnostische Testverfahren für die Sportart Surfen ebenfalls nur bedingt geeignet.

Für die Beinkraft liegen leider keine Vergleichsdaten der Freizeitsurfer und der Freizeitsurferin vor.

Die während der Beinstreckung erbrachte relative maximale Leistung zeigte jedoch sowohl für die Surfer als auch die Surferinnen einen moderaten positiven Zusammenhang mit der Wettkampfleistung; zudem bestand eine moderate Korrelation zur Sprunghöhe der Squat Jumps ($r = 0,55$), so dass sich diese gegebenenfalls als einfache Felddiagnostik anbieten. Die isokinetische Rumpfrotation zeigte sich statistisch als nicht diskriminierend zwischen den Surflevels. Aufgrund der geringen Stichprobengrößen sind die statistischen Kennwerte jedoch mit Vorsicht zu interpretieren, zumal bzgl. der Rumpfrotation ein Ausreißer bei den Profisurfern bedingt, dass keine Signifikanz vorliegt. Dies gilt sowohl für die relative Arbeit als auch für die relative Leistung. Auch basierend auf dem Feedback der Profisurfer und -surferinnen scheint die Rotation Potential als sportartspezifischer Tests zu besitzen. Die Regressionsanalyse zeigte einen moderaten Zusammenhang zwischen der relativen Leistung während Rumpfrotation und der Wettkampfleistung der Profisurfer (vgl. Tab. 4) während bei den Profisurferinnen ein moderater Zusammenhang ($r = 0,33$) zwischen Wettkampfleistung und relativer Arbeit während Rumpfrotation bestand.

Die finale Abstimmung einer sportartspezifischen Diagnostik für die Sportart Wellenreiten erfolgt in Kooperation mit dem Deutschen Wellenreitverband.

5 Literatur

- Bruton, M. R., Adams, R. D., & O'Dwyer, N. J. (2017). Sex Differences in Drop Landing: More Apparent in Recreational Surfers Than in Competitive Surfers or Nonsurfers. *Perceptual and motor skills*, 124(5), 992-1008. <https://doi.org/10.1177/0031512517717853>
- Brzycki, M. (1993). Strength Testing – Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(1), S. 88-90. <https://doi.org/10.1080/07303084.1993.10606684>
- Chapman, D. W., Needham, K. J., Allison, G. T., Lay, B., & Edwards, D. J. (2008). Effects of experience in a dynamic environment on postural control. *British Journal of Sports Medicine*, 42(1), 16-21. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.033688>
- Farley, O. R. L., Abbiss, C. R., & Sheppard, J. M. (2017). Performance Analysis of Surfing: A Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(1), 260-271. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001442>
- Forsyth, J. R., La Harpe, R. de, Riddiford-Harland, D. L., Whitting, J. W., & Steele, J. R. (2017). Analysis of Scoring of Maneuvers Performed in Elite Men's Professional Surfing Competitions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(9), 1243-1248. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0561>
- Forsyth, J. R., Riddiford-Harland, D. L., Whitting, J. W., Sheppard, J. M., & Steele, J. R. (2018). Understanding successful and unsuccessful landings of aerial maneuver variations in professional surfing. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 28(5), 1615-1624. <https://doi.org/10.1111/sms.13055>
- Forsyth, J. R., Riddiford-Harland, D. L., Whitting, J. W., Sheppard, J. M., & Steele, J. R. (2020). Essential Skills for Superior Wave-Riding Performance: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(10), 3003-3011. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003402>
- Lundgren, L., Newton, R. U., Tran, T. T., Dunn, M., Nimphius, S., & Sheppard, J. (2014). Analysis of Manoeuvres and Scoring in Competitive Surfing. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 9(4), 663-669. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.9.4.663>

- Parsonage, J., Secomb, J. L., Sheppard, J. M., Ferrier, B. K., Dowse, R. A., & Nimphius, S. (2020). Upper-Body Strength Measures and Pop-Up Performance of Stronger and Weaker Surfers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(10), 2982-2989. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002377>
- Sheppard, J. M., McNamara, P., Osborne, M., Andrews, M., Oliveira Borges, T., Walshe, P., & Chapman, D. W. (2012). Association between anthropometry and upper-body strength qualities with sprint paddling performance in competitive wave surfers. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31824b4d78>
- Sheppard, J. M., Nimphius, S., Haff, G. G., Tran, T. T., Spiteri, T., Brooks, H., Slater, G., & Newton, R. U. (2013). Development of a comprehensive performance-testing protocol for competitive surfers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(5), 490-495. <https://doi.org/10.1123/ijspp.8.5.490>
- Tran, T. T., Lundgren, L., Secomb, J., Farley, O. R., Haff, G. G., Newton, R. U., Nimphius, S., & Sheppard, J. M. (2015). Development and evaluation of a drop-and-stick method to assess landing skills in various levels of competitive surfers. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(3), 396-400. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2014-0375>

Entwicklung eines regelkonformen Skisprunganzugs mit verbesserten Flugeigenschaften

Teilprojekt 2: Entwicklung eines neuen flexiblen Fertigungsverfahrens für den Anzugstoff

(AZ 072018/21-22)

Thomas Stegmaier (Projektleitung), Andreas Kunze & Cigdem Kaya

Deutsche Institute für Textil- und Faserforschung Denkendorf

Kooperationspartner: Karlheinz Waibel, Deutscher Skiverband

Christian Opitz, Institut für Forschung und Entwicklung von Sportgeräten (FES)

1 Aufgabenstellung

Im Skisprung entwickelt sich der Sprunganzug zu einem wichtigen Element, dessen Leistungsfähigkeit und Eigenschaften den Wettkampferfolg beeinflussen. Das Reglement schreibt die Konstruktion und Konfektion des Skisprunganzugs recht detailliert vor. Geringe Freiheiten werden aber von den Herstellern und Verbänden für Optimierungsversuche der aerodynamischen Eigenschaften genutzt. Die Bewertung dieser Weiterentwicklungen erfolgt dabei ganz überwiegend über den praktischen Test durch die Aktiven auf der Schanze und durch die subjektive Rückmeldung der Sportlerinnen und Sportler. Regelmäßig berichten die Skispringerinnen und Skispringer dabei, dass sich der Anzug in seinen Flugeigenschaften gegenüber vorherigen Sprüngen verändert hat.

Neben den nachgewiesenen physikalischen Einflüssen des Anzugs auf die flugrelevanten Parameter ist auch die psychologische Wirkung auf die Sportlerinnen und Sportler sehr wichtig. Voraussetzung für eine optimale Leistung ist das Vertrauen der Athletinnen und Athleten in den Sprunganzug und dessen Eigenschaften. Unsicherheiten darüber, ob der Anzug die idealen Voraussetzungen für optimale Weite und sichere stabile Fluglage besitzt, verunsichern die Aktiven. Dies führt häufig dazu, dass Skispringerinnen und Skispringer nach einem schwachen Sprung den Anzug wechseln und insbeson-

dere für Wettkämpfe neue oder kaum benutzte Anzüge verwenden.

Bislang werden die Verbundstoffe von diversen Stofflieferanten bezogen. Die Lamiertechnik zur Herstellung der bisherigen Verbundstoffe orientiert sich an der kostengünstigen Herstellung großer (> 1000 lfm) Losgrößen für eine weltweite Belieferung von Kunden. Die Prozessparameter bei dem eingesetzten Flammkaschieren können nicht so reproduzierbar eingestellt werden wie erforderlich. Unterschiedliche Qualitäten des Schaumstoffes mit starken Schwankungen der Dicke und der Luftdurchlässigkeit sind die Folge.

In konsequenter Weiterentwicklung der bereits durchgeführten eigenen Konfektionierung der Anzüge durch den DSV ist es notwendig, das Materialverständnis und die Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Anzugsaufbau und Sprungverhalten wesentlich zu vertiefen und die Alterung von Stoffen zu verstehen.

2 Methoden

Um die Qualitätsmerkmale bisheriger Stoffe auf konstruktive Merkmale zurückführen zu können, wurden 3 aktuelle Verbundmaterialien ausgewählt und für Materialanalysen eingesetzt. Aus diesen Untersuchungsergebnissen und den vorgegebenen FIS Spec. wurden Materialspezifikationen, die den Stand der Technik repräsentieren, abgeleitet.

Daraus leiteten sich Spezifikationen für die Beschaffung neuer Komponenten ab. Es wurden potentielle neue Lieferanten identifiziert und neue Materialien beschafft und untersucht.

Weiter wurde nach einem alternativen Fügeverfahren gesucht, welches Konstanz beim Flächengewicht, der Verbunddicke und der Luftdurchlässigkeit garantiert.

Um die Verbundeigenschaften auf Einzelkomponenteneigenschaften zurückführen zu können, Alterungsprozesse zu verstehen und Gründe für die Streuung der Kennwerte zu ermitteln, wurden Untersuchungen zum mechanischen Verhalten bei Biegebelastung, zur Luftdurchlässigkeit und zur Oberflächentextur durchgeführt.

3 Ergebnisse

Die konstruktiven Gestaltungsmöglichkeiten zum Verbundstoff konnten hinsichtlich folgender Merkmale erarbeitet und vermessen werden:

- › Die Herstellung der Luftdurchlässigkeit erfolgt im Wesentlichen über Lochstanzen des Kernes.
- › Durch Vermessung der einzelnen Verbundkomponenten vor dem Fügen kann durch Austausch verschieden gelochter Kerne die Kombination für die gezielte Herstellung einer Durchlässigkeit im Bereich von 40 l/(m²s) ermittelt werden, ohne große Stoffmengen herzustellen.
- › Das mechanische Verhalten bei einachsiger Krümmung kann in einem 2-Punkt-Biegeversuch erfasst werden. Wesentlichen Einfluss auf die Biegesteifigkeit und das Stabilitätsverhalten des Verbundes hat die Elastizität des Deckstoffes auf der Krümmunginnenseite.
- › Bei tiefen Temperaturen ist das Rücksprungverhalten bei Biegebelastung reduziert, bei -20°C unterbunden. Ein bleibender Biegesteifigkeitsverlust erfolgt nach gefalteter Lagerung.

Bei Lagerung ist eine hohe Temperatur (Raumtemperatur) schädlicher als tiefe Temperaturen (-20°C).

- › Wird im Oberstoff die Bindung Charmeuse eingesetzt und entgegen der Produktionsrichtung gehintzt, bildet sich eine Schuppenstruktur auf der Oberfläche. Auch die Atlasbindung erlaubt die Ausbildung einer Schuppenstruktur.

4 Diskussion

Die Beurteilung der Stoffqualität durch die Nutzer bzw. Nutzerinnen erfolgt im Wesentlichen durch den Warengriff, die Optik, die Interaktion mit dem Körper und erzielte Sprungweiten. Es besteht eine Übersetzungslücke hinsichtlich der Korrelation mit textiltechnischen, z. T. genormten Untersuchungen. Weiter ist die Überprüfung hinsichtlich der Erfüllung der FIS Spec. bei einem Wettbewerb in gewissem Maß vom Prüfer abhängig. Die Einsetzung eines neuen Prüfers führt zur Unsicherheit im System. Es ist daher wichtig, die textiltechnischen Prüfungsergebnisse in mehrerlei Richtungen beim DSV zu transferieren: Zur Materialbeschaffung, zur Produktion der Anzüge und zu den Springern und Trainern.

Erfolgte Transfermaßnahmen:

- › Der Warengriff zur Beurteilung der qualitativen Güte konnte durch mikroskopische Aufnahmen nachvollzogen, dokumentiert und in Abhängigkeit der Bindung und Nachbehandlung erklärt werden.
- › Ein Teil der Materialalterung konnte auf Knickbelastungen zurückgeführt werden. Dabei wurde ein Temperatureinfluss festgestellt. Daraus kann ein schonender Materialumgang in der Produktion, bei Lagerung, Transport und im Einsatz abgeleitet werden.

- › Die Einstellung der Luftdurchlässigkeit konnte auf kleinen Mustern demonstriert werden, was den DSV in die Lage setzt, eigene Materialkombinationen in kleinem Maßstab hinsichtlich der Luftdurchlässigkeit zu optimieren.
- › Weitere Lieferanten mit breiten Materialportfolios wurden recherchiert und vielversprechende Einzelkomponenten selektiert.

Herzfrequenzmonitoring im Schwimmen

– trainingswissenschaftliche Analysen zur Evaluierung der optischen Herzfrequenzmessung im Leistungsschwimmen

(AZ 072021/21-22)

Christoph Schneider¹, Alexander Törpel², Leonie M. Göbe¹ & Alexander Ferrauti¹ (Projektleitung)

¹Ruhr-Universität Bochum, Lehr- und Forschungsbereich Trainingswissenschaft

²Deutscher Schwimm-Verband e. V.

1 Einleitung

In vielen Sportarten wird das Herzfrequenzmonitoring zur Beanspruchungsmessung sowie zur Kontrolle und Steuerung der Trainingsintensität eingesetzt (Borresen & Lambert, 2009). Auch in den Konzeptionen zum Training und zur Leistungsdiagnostik des Deutschen Schwimm-Verbandes e. V. (DSV) sind Angaben zu Herzfrequenzbereichen fester Bestandteil der Definition von Trainingszonen (Rudolph, 2015; Törpel et al., 2020, 2021). Dennoch basieren die Intensitätsgestaltung und die Trainingsanalysen in der Praxis primär auf Belastungsgrößen wie Umfang und Schwimmzeiten. Obwohl die Herzfrequenzmessung ein großes Potenzial besitzt, die individuelle Beanspruchung widerzuspiegeln, ist sie in der Trainingspraxis im Schwimmen oft durch messmethodische Herausforderungen limitiert. Aus pragmatischen Gründen wird die Herzfrequenz bisher häufig mittels Palpation an der Halsschlagader bestimmt. Im Gegensatz dazu ist die Standardmethode der EKG-basierten Herzfrequenzmessung mittels Brustgurt beim Schwimmen nur eingeschränkt nutzbar. Insbesondere bei männlichen Schwimmern, die keinen Schwimmanzug tragen, kann der Brustgurt durch das anströmende Wasser beim Schwimmen und Abstoßen von der Wand verrutschen oder verdrehen. Weiterhin findet mit den aktuellen technologischen Lösungen der Herzfrequenzmessung keine Signalübertragung statt, wenn der Sensor sich im Wasser befindet. Dadurch sind die Daten während des Trainings nicht oder nur beschränkt einsehbar (Olstad & Zinner, 2020).

Neuere optische Pulssensoren wie der Polar Verity Sense bieten hier mittlerweile eine praktikable Alternative zur brustgurtbasierten Herzfrequenzmessung, indem sie an der Schwimmbrille auf Höhe der Schläfe befestigt werden. Damit sind sie weniger störanfällig und erlauben trainingsbegleitend das Senden von Daten, während sich der Sensor über Wasser befindet (z. B. während der Atemzüge). Trotz dieses enormen Potenzials für den Schwimmsport ist bisher nur eine internationale Validierungsstudie des *Polar OH1* (Verity Sense Vorgängermodell mit identischer Messtechnologie) im Schwimmen bekannt (Olstad & Zinner, 2020), welche einige praxisrelevante Fragen unbeantwortet lässt. So ist beispielsweise noch ungeklärt, ob die optische Pulsmessung auch valide zur stetigen Intensitätsüberwachung und -steuerung während des Trainings geeignet ist.

Primäres Ziel dieses Service-Forschungsprojekts war es, die Brauchbarkeit der optischen Pulsmessung mittels Verity Sense für das kontinuierliche Herzfrequenzmonitoring und damit die herzfrequenzbasierte Belastungssteuerung im Schwimmen zu überprüfen. Sekundäres Ziel war es, mögliche Einflussfaktoren auf die Messgenauigkeit zu identifizieren, um diese wiederum in Handlungsempfehlungen für die Anwendung in der Trainingspraxis zu überführen. Flankierend wurden die vom Verity Sense gemessenen Schwimmzeiten mit denen durch die der Trainer handgestoppten Zeiten verglichen sowie weitere herzfrequenzbasierte Beanspruchungsindikatoren evaluiert.

2 Methodik

Trainingsaufzeichnungen von 60 leistungsorientierten Personen aus dem Schwimmsport und Triathlon, welche aktiv am regionalen bis internationalen Wettkampfbetrieb beteiligt sind, wurden analysiert (29 weiblich, 31 männlich, Alter Median 17.9 Jahre (1. und 3. Quartil ($Q_{1,3}$): 14.9, 22.0 Jahre)).

2.1 Studiendesign

Die Datenerhebungen erfolgten im normalen Trainingsbetrieb, in einer Schwimmhalle und überwiegend in einem 50-m-Schwimmbecken. Die Trainingseinheiten sollten idealerweise verschiedene Intensitäten beinhalten, inkl. Phasen mit hoher Beanspruchungsintensität, um möglichst breite Herzfrequenzreaktionen abzubilden. In den untersuchten Einheiten stießen sich die Schwimmenden bei Belastungsbeginn stets von der Beckenwand ab. Sofern realisierbar wurden zusätzlich bis zu drei standardisierte Trainingsserien in den Einheiten integriert. Um den Einfluss der Schwimmlage zu analysieren, bestand die erste Trainingsserie aus einer 4 x 200 m gebrochenen Lagenreihenfolge (je 50 m Schmetterling, Rücken, Brust, Freistil; ca. 10 s Pause; Belastungszonen (BZ) 3-4 nach Rudolph (2015)). Zur Abschätzung des Einflusses von Herzfrequenzveränderungen beim Wechsel zwischen Belastungs- und Pausenphasen, wurden zwei Trainingsserien mit progressiv ansteigender Intensität und unterschiedlichem Belastungs-Pausen-Verhältnis miteinander verglichen: 8 x 50 m (je 2 x BZ 2, 3, 4, 5; ca. 20 s Pause) vs. 6 x 200 m (je 2 x BZ 2, 3, 4; ca. 30 s Pause). Die beiden Serien wurden jeweils in derselben Schwimmlage absolviert (i. d. R. Hauptschwimm- bzw. Freistil).

2.2 Herzfrequenzmessung und Protokollierung

Die Testpersonen wurden gemäß der Herstellerangaben jeweils mit einem optischen Polar Verity Sense Pulssensor und einem Polar H10 Brustgurtsensor, zur bipolaren Herzfrequenzmessung, ausgestattet. Der Verity Sense wurde mit einem Clip an der Schwimmbrille im Bereich der rechten Schläfe, möglichst mit direktem Hautkontakt, befestigt.

Der H10 Brustgurtsensor wurde unterhalb der Brust angelegt. Alle Testpersonen nutzten einen Schwimmanzug, um ein Verrutschen oder Verdrehen des Brustgurtes zu vermeiden. Männlichen Schwimmern wurden ärmellose Triathlon Anzüge bereitgestellt. Die Datenaufzeichnungen mit dem Verity Sense erfolgten im Schwimmmodus des Sensors, die Aufzeichnungen mittels H10 über die Polar Beat App. Die Daten wurden jeweils im internen Sensorspeicher gesichert und anschließend in die Cloud des Polar Flow Webservice synchronisiert. Die Rohdaten wurden für die Datenaufbereitung als CSV-Dateien exportiert.

Trainingsbegleitend dokumentierten wir Auffälligkeiten sowie Protokollbesonderheiten, welche eventuelle Messprobleme darstellen und somit bei den anschließenden Analysen zu einem Ausschluss der entsprechenden Zeitperiode führen könnten. Typische Auffälligkeiten und Besonderheiten waren das Verrutschen und Verdrehen der Sensoren, das Absetzen der Schwimmbrille in den Pausen oder das Platzieren der Brille auf der Stirn, das Verlassen des Wassers oder der Gang zur Toilette. Während der standardisierten Trainingsserien wurden die durch die Trainer handgestoppten Schwimmzeiten protokolliert, sofern die Zeiterfassung realisierbar war. Die Trainer gaben die Schwimmzeiten mit einer Genauigkeit von 1 s bis 0.1 s an. Die Analysen der Schwimmzeiten erfolgte für eine Teilstichprobe begleitend im Rahmen einer enger betreuten, unveröffentlichten Bachelorarbeit (Rockemer, 2022).

2.3 Datenaufbereitung und statistische Analysen

Zunächst wurden die Herzfrequenzdaten der beiden Sensoren Uhrzeit-synchron angeordnet und alle Daten vor dem Start bzw. nach dem Ende der Trainingseinheit verworfen. In Pilotuntersuchungen ergab sich beim Vergleich der Uhrzeit-synchronen Datenreihen eine teils erhebliche zeitliche Verschiebung zwischen den beiden Sensoren. Die Verity Sense Aufzeichnungen waren im Median um 13.5 s verzögert ($Q_{1,3}$ 9, 23 s), mit Extremwerten von 110 s und 50 s Verzögerung. Die Größe und Variabilität dieser Verzögerungen lassen den Schluss zu, dass primär eine unsystematische technische Ursache

vorliegt (z. B. unsystematisch asynchrone Zeitstempel der verwendeten Geräte). Diese erheblichen Verzögerungseffekte haben uns dazu veranlasst, die Datenreihen vor der Analyse der Sensoren-Übereinstimmung inhaltlich so zu synchronisieren, dass eine optimale Überlapung gewährleistet wird. In der Regel wurde die zeitliche Verschiebung mit der geringsten Fehlerrate (minimale Standardabweichung der Differenzen (SDdiff)) für die anschließenden Analysen ausgewählt. Ergänzend erfolgte stets eine visuelle Plausibilitätskontrolle der Daten.

Um den Einfluss der Trainingsmethode auf die Übereinstimmung der Sensoren zu analysieren, wurden anschließend die Zeitperioden der standardisierten Trainingsserien identifiziert und als separate Datenreihe codiert. Im letzten Schritt wurden die protokollierten Auffälligkeiten und Protokollbesonderheiten sowie retrospektiv identifizierte Messfehler als separate Datenreihen codiert, um diese von den Analysen auszuschließen.

Die Übereinstimmung zwischen dem Verity Sense und dem H10 wurde zunächst auf individueller Ebene ermittelt. Die Abweichungen zwischen den Sensoren wurden als Differenzen der synchronisierten Rohdaten berechnet (ein Datenpaar pro Sekunde). Der systematische Fehler (Bias) entspricht der mittleren Differenz. Der Messfehler wird als Standardabweichung der Differenzen (SDdiff) definiert und durch 95 % Limits of Agreement ergänzt ($\text{Bias} \pm 1.96 \times \text{SDdiff}$). Als Indikatoren der Gesamtbeanspruchung wurden zusätzlich die durchschnittliche (HRmean) und höchste Herzfrequenz der Trainingseinheit (HRpeak) sowie die Trainingszeit in sechs Herzfrequenzzonen in Relation zur maximalen Herzfrequenz (HRmax) berechnet. Zone 0: $\leq 50\%$ HRmax, Zone 1: 50-60 % HRmax, Zone 2: 60-70 % HRmax, Zone 3: 70-80 % HRmax, Zone 4: 80-90 % HRmax, Zone 5: 90-100 % HRmax (Borresen & Lambert, 2009). Die individuellen Fehlerraten (Bias, SDdiff und 95 % Limits of Agreement) wurden anschließend als Median mit 1. und 3. Quartil ($Q_{1,3}$) zusammengefasst. Die Analyse möglicher Einflussfaktoren erfolgte anhand nicht-parametrischer Unterschiedstestungen. Absolute und relative Übereinstimmung wurden mittels Bland-Altman Analysen und Concordance Correlation Coef-

ficients (CCC) ermittelt (Bland & Altman, 1986; Caldwell, 2022).

Die finalen Modellierungen befinden sich derzeit in Bearbeitung durch unseren kollaborierenden Datenanalysten und basieren auf der oben beschriebenen Analysen (*SimplyAgree*, Caldwell, 2022) mit Anpassungen an die Besonderheiten unserer Datenstruktur. Erste vorläufige Ergebnisse wurden bereits in diesem Bericht integriert.

3 Ergebnisse

Die analysierten Datensätze waren im Median 95 min lang ($Q_{1,3}$ 81, 102 min). Die mit den Sensoren gemessenen medianen Herzfrequenzen waren vergleichbar (H10 145 bpm ($Q_{1,3}$ 127, 164 bpm), Verity Sense 144 bpm ($Q_{1,3}$ 127, 163 bpm)). Der Verity Sense zeigte im Median eine um 0.1 bpm geringfügige Unterschätzung der Herzfrequenz ($Q_{1,3}$ -0.6, 0.1 bpm) wobei der typische Messfehler (SDdiff) im Median bei 4.7 bpm ($Q_{1,3}$ 3.4, 7.0 bpm) lag. Der Messfehler betrug bei 42 Personen < 6 bpm, bei 14 Personen 6-12 bpm und bei 4 Personen > 12 bpm (von 60 Personen). Die statistische Modellierung ergab einen Bias von -0.6 bpm (95 % Kompatibilitätsintervall, 95 % CI -1.1, -0.1 bpm) mit 95 % Limits of Agreement von -13.5 bpm (95 % CI -14.1, 12.9 bpm) bis 12.3 bpm (95 % CI 11.7, 12.9 bpm, Abb 1). Der Messfehler SDdiff betrug insgesamt 6.6 bpm, wobei die intra-individuelle Variabilität bei 6.2 bpm lag und der Messfehler um 2.2 bpm zwischen Personen variierte. Die Verteilung der Abweichungen deutet auf gleichmäßige, herzfrequenz- und damit beanspruchungsintensitätsunabhängige Messfehler hin.

Der systematische Fehler (Bias) war bei beiden Geschlechtern vergleichbar (95 % CI der Differenz $< \pm 1$ bpm), wohingegen der Messfehler (SDdiff) bei den männlichen Schwimmern mit 1.2 bpm im Median geringfügig erhöht war (95 % CI: 0.1, 2.5 bpm). Zwischen den standardisierten Trainingsserien zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede im Bias (95 % CI $< \pm 2$ bpm). Der Messfehler war bei der 4 x 200 Lagenreihenfolge um 2.3 bpm und 3.1 bpm signifikant größer als bei den 8 x 50 m und 6 x 200 m Serien. Der Vergleich der 8 x 50 m und 6 x 200 m Serien zum Einfluss unterschiedlicher Belastungs-Pau-

sen-Verhältnisse zeigte keinen nennenswerten SDdiff Unterschied (95 % CI $< \pm 2$ bpm).

Der Vergleich von Indikatoren der Gesamtbeanspruchung zeigte hohe bis sehr hohe absolute (Bias, 95 % Limits of Agreement) und relative Übereinstimmungen (CCC Range: 0.948-0.988), trotz statistisch signifikanter Unterschiede zwischen den Sensoren. Für 14 Testpersonen lagen für die standardisierten Trainingsserien insgesamt 256 durch die Trainer handgestoppten Schwimmzeiten vor, welche denen des Verity Sense zugeordnet werden konnten (Rockemer, 2022). Die Schwimmzeiten des Verity Sense waren im Mittel 6.2 s höher (Bias, 95 % CI 5.1, 7.3 s) als die handgestoppten Zeiten. Die 95 % Limits of Agreement umfassten Abweichungen von -2.1 s (95 % CI -0.8, 4.1 s) bis 14.5 s (95 % CI 13.2, 16.4 s).

4 Diskussion

Das primäre Ziel der Studie war es, die Messgenauigkeit der optischen Pulsmessung mit dem Polar Verity Sense im Schwimmen durch einen Vergleich mit der bipolaren Herzfrequenzmessung mittels Polar H10 Brustgurtsensor abzuschätzen. Insgesamt zeigte die optische Pulsmessung im Schwimmtraining bei den meisten Personen und in den meisten Situationen eine akzeptable bis hohe Genauigkeit. Dennoch müssen größere Einschränkungen in der Datenqualität akzeptiert werden als bei vergleichbaren Messungen an Land. Im Mittel beobachteten wir einen geringen individuellen Messfehler (SDdiff Median 4.7 bpm), wobei 70 % der Testpersonen (42 von 60) einen Messfehler < 6 bpm aufzeigten.

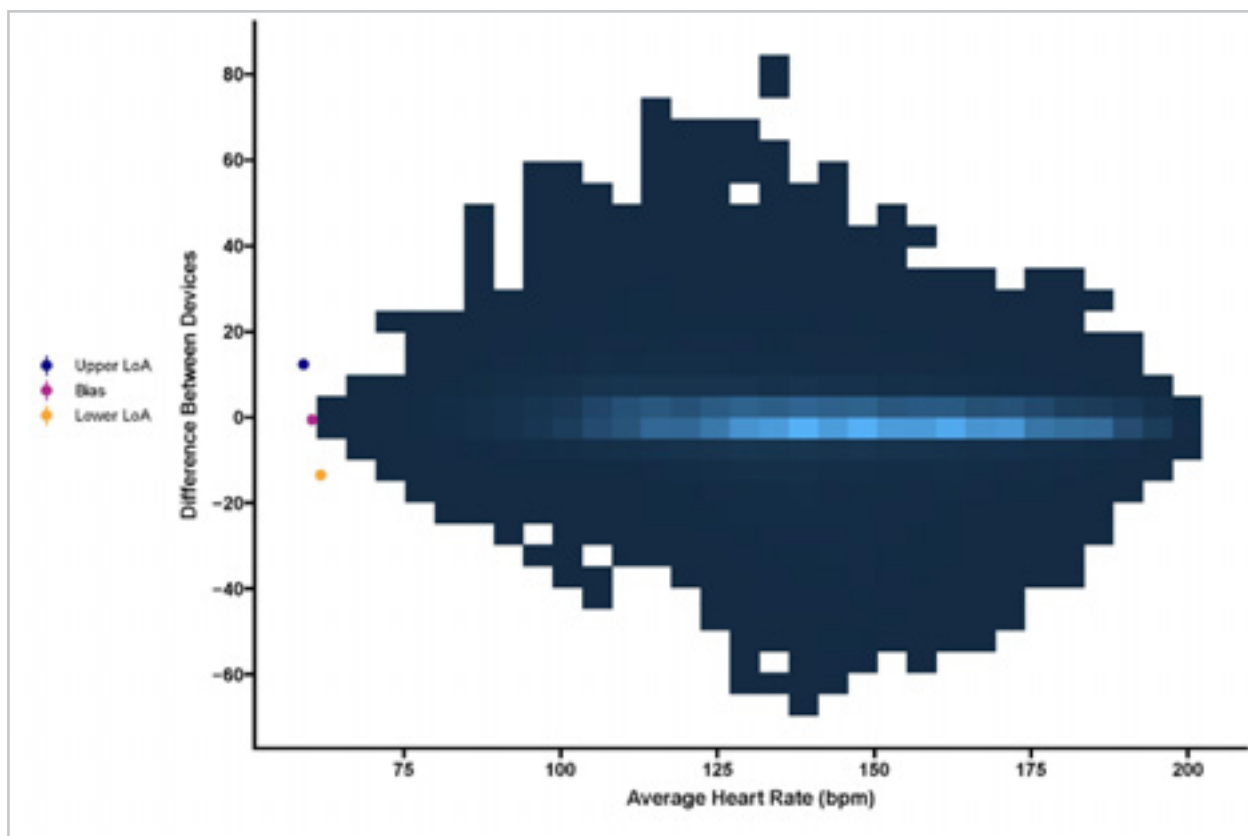


Abb. 1: Bland-Altman Plot für den gesamten Datensatz ($n = 321.850$). Dargestellt sind die Differenzen zwischen den Sensoren bezogen auf die mittlere Herzfrequenz. Die Daten wurden farblich codiert, wobei die Helligkeit der Kachel mit der Datendichte zunimmt. Bias (lila) sowie 95 % Limits of Agreement (gelb, blau).

Die Modellierung zeigte, dass der Verity Sense die Herzfrequenz im Mittel um -0.6 bpm unterschätzt (Bias), mit 95 % Limits of Agreement von 13.5 bpm bis 12.3 bpm, was einem typischen Messfehler (SDdiff) von 6.6 bpm entspricht. Unsere Daten deuten nicht darauf hin, dass der Messfehler durch die Beanspruchungsintensität beeinflusst wird.

Diese Messfehler sind deutlich größer als diejenigen, welche in Studien zur Genauigkeit des Polar OH1 beim Training an Land beobachtet wurden. Im Gegensatz dazu berichteten Olstad & Zinner (2020, Fig 1.a) ca. doppelt so große Fehler (95 % Limits of Agreement -26 bpm bis +25 bpm). Im letzteren Fall vermuten wir unter anderem, dass der Effekt von zeitlichen Verschiebungen zwischen den Sensoren nicht berücksichtigt wurde, was zumindest einen Teil der Unterschiede erklären würde.

Entscheidend für unsere recht positive Bewertung der Ergebnisse ist, dass die weitverbreitete Pulsmessung mittels 10-sekündiger Palpation an der Halsschlagader, welche als Praxisstandard im Schwimmen und damit als Bezugsgröße dient, messmethodisch eine ungenaue Alternative darstellt. Wir bewerten einen typischen Messfehler (SDdiff) ≤ 6 bpm als akzeptabel bis gut, da es bei der Palpation schnell zu Messfehlern ≥ 6 bpm kommen kann. Die höchstmögliche Messgenauigkeit der 10-sekündigen Palpation beträgt 6 bpm, da die Messung in ertasteten Schlägen und damit als Ganzzahlen erfolgt (z. B. 24 Schläge = 144 bpm, 25 Schläge = 150 bpm). Diese höchstmögliche Messgenauigkeit vom 6 bpm kann jedoch nur gewährleistet werden, wenn die Zählung von Schlägen über exakt 10 s erfolgt. Bei 120 bpm würden bereits geringe Abweichungen von 0.5 s zu Beginn oder Ende der Messung zu einem Messfehler von 1 Schlag pro 10 s und somit 6 bpm führen. Bei ungeübten Personen oder bei hoher Belastungsherzfrequenz sind somit auch 12 bpm Palpations-Messfehler durchaus realistisch. Daher bewerten wir Messfehler (SDdiff) von bis zu 6 bpm bei der optischen Pulsmessung im Schwimmen als relativ gering.

4.1 Einflussfaktoren auf die Messgenauigkeit des Verity Sense

Der Messfehler SDdiff war bei Männern etwas größer als bei Frauen (5.2 bpm vs. 4.1 bpm) bei einem vergleichbaren Bias. Erste Subgruppenanalysen deuten ferner darauf hin, dass die Schwimmlage einen Einfluss darstellen könnte. Für unterschiedliche Belastungs-Pausen-Verhältnisse wurde kein statistisch signifikanter Unterschied beobachtet. Die visuelle Analyse zeigte, dass größere Fehler tendenziell während der Ruhephasen oder zu Beginn und Ende von Belastungen zu vermuten sind. Es wird derzeit geprüft, ob sich die möglichen Effekte der potenziellen Einflussfaktoren noch präziser modellieren lassen.

4.2 Übereinstimmung von Beanspruchungsindikatoren und Schwimmzeiten

Die Analyse von Beanspruchungsindikatoren wie durchschnittlicher und maximaler Herzfrequenz oder der Trainingszeit in Herzfrequenzzonen zeigte eine sehr hohe Übereinstimmung zwischen den Sensoren und bestätigen damit die Ergebnisse von Olstad & Zinner (2020). Die vom Verity Sense gemessenen Schwimmzeiten zeigten massive Fehler (Rockemer, 2022) und sind für die Praxis unbrauchbar.

5 Schlussfolgerungen für die Trainingspraxis

- › Der Verity Sense weist bei den meisten Personen einen akzeptablen Messfehler auf und ist somit eine praktikable Alternative zur Palpation der Halsschlagader.
- › Die optische Pulsmessung im Bereich der Schläfe ist aus trainingspraktischer Sicht der Herzfrequenzmessung mittels Brustgurtsensoren beim Schwimmen überlegen.
- › Praktiker sollten berücksichtigen, dass die optische Pulsmessung vor

allem zu Beginn einer Belastung und in den Pausen fehleranfällig zu sein scheint.

- Mit etwas Erfahrung und Übung können viele Messfehler bei der Betrachtung der Herzfrequenzzeitreihen bereits mit bloßem Auge als solche erkannt werden (z. B. im Polar Flow Webservice oder den Polar Smartphone Apps).
- Es empfiehlt sich, ein gutes Verständnis über die normalen Trainingsherzfrequenzen zu entwickeln (z. B. typischer Puls bei 200 m Intervallen in den verschiedenen Belastungszonen). Wenn die typischen Herzfrequenzwerte bekannt sind können Messfehler i. d. R leicht als solche erkannt und für die Belastungssteuerung vernachlässigt werden.
- Die Verity Sense Daten können zuverlässig zur Berechnung von Beanspruchungsindikatoren wie HRmean, HRpeak und Zeit in Herzfrequenzzonen verwendet werden.
- Die mit dem Verity Sense „gemessenen“ Schwimmzeiten zeigten unverhältnismäßig große Abweichungen zu den handgestoppten Zeiten der erfahrenen Trainer auf und sind damit für die Praxis derzeit gänzlich unbrauchbar.

6 Projektbezogene Transfermaßnahmen

Göbe, L. M., Schneider, C., Törpel, A., & Ferrauti, A. (2022). *Optical heart rate monitoring in competitive swimming – an agreement study* [Oral presentation ECSS 2022, Sevilla, Spain]. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/RXB83>

Schneider, C. (2021, Oktober 21). *Herzfrequenzmessung als Tool im Athletenmonitoring* [DSV Online-Workshop]. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/2GQAT>

Schneider, C., Törpel, A., Göbe, L. M., Caldwell, A.R., Rockemer, P., & Ferrauti, A. (2022). *Optical Heart Rate Monitoring in Swimming* [Projekt Repositorium für Materialien, Forschungsdaten und Veröffentlichungen]. Open Science Framework. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/KB39X>

7 Literatur

Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1(8476), 307-310.

Borresen, J., & Lambert, M. I. (2009). The quantification of training load, the training response and the effect on performance. *Sports Medicine*, 39(9), 779-795.

Caldwell, A. R. (2022). SimplyAgree: An R package and jamovi Module for Simplifying Agreement and Reliability Analyses. *Journal of Open Source Software*, 7(71), 4148. <https://doi.org/10.21105/joss.04148>

Olstad, B. H., & Zinner, C. (2020). Validation of the Polar OH1 and M600 optical heart rate sensors during front crawl swim training. *PLOS ONE*, 15(4), e0231522.

Rockemer, P. (2022). *Validierung der Belastungs- und Beanspruchungsmessung mittels Polar® Verity Sense im Schwimmsport* [Bachelorarbeit]. Ruhr-Universität Bochum.

Rudolph, K. (Hrsg.). (2015). *Nachwuchskonzeption Schwimmen 2020. Vom Grundlagen bis zum Anschlussstraining*. Deutscher Schwimm-Verband e. V.

Törpel, A., Graumnitz, J., Küchler, J., Otto, C., Fuhrmann, S., Berkhahn, B., & Vitense, H. (2020). *Konzept zur Leistungsdiagnostik im Beckenschwimmen – Olympia- und Perspektivkader – Saison 2020/2021*. Deutscher Schwimm-Verband e. V.

Törpel, A., Graumnitz, J., Küchler, J., Otto, C., Fuhrmann, S., Jost, J., Döttling, H. W., Gooßes, C., Woszczyk, M., Berkhahn, B., & Vitense, H. (2021). *Konzept zur Leistungsdiagnostik im Beckenschwimmen – Nachwuchskader – Saison 2020/2021*. Deutscher Schwimm-Verband e. V.

Erprobung und Wirkungsanalyse von Zugwiderstands- und Zugunterstützungstraining auf die Beschleunigungs-, Sprint- und Richtungswechselfähigkeiten von Hockeyspielerinnen und -spielern

(AZ 072025/21-22)

Klaus Mattes (Projektleitung)¹, Henryk Thurow¹ & Rainer Sonnenburg (Athletiktrainer)

¹Universität Hamburg

1 Problem

Im Feldhockey für Frauen und Männer haben in den letzten Jahren die athletischen Fähigkeiten – wie Beschleunigungsfähigkeit und Maximalgeschwindigkeit – bedingt durch die erhöhte durchschnittliche Intensität des internationalen Hockeyspiels und auch infolge der Regeländerung (Spielzeit von 2 x 30 min auf 4 x 15 min) weiter an Bedeutung gewonnen (Vanwanseele & Aeles, 2016). Innerhalb der Jahresperiodisierung werden athletische Inhalte in der Regel in mehrwöchigen Blöcken trainiert, wobei es während der (Feld-)Bundesligasaison meist nur noch erhaltende Trainingsmaßnahmen gibt. Die athletischen Voraussetzungen können folglich nur in sehr begrenzten Zeiträumen (maximal 4-6 Wochen) erarbeitet bzw. weiter ausgebaut werden.

Wissenschaftliche Studien zum Zugwiderstands- und/oder Zugunterstützungstraining vs. herkömmlichen Training (Widerstandsschlitten) zeigen in der Mehrzahl positive Effekte auf die Beschleunigung und die maximale Geschwindigkeit sowie das Sprungvermögen im Counter Movement Jump (CMJ) oder Standweitsprung bei Sportlerinnen und -sportlern (Alcaraz et al., 2018; Cross et al., 2018; Rakovic et al., 2018). Die Studien stimmen weitgehend darin überein, dass die jeweiligen Trainingsmittel spezifische Anpassungen (Beschleunigung und Geschwindigkeit) in Abhängigkeit vom aktuellen Profil der individuellen Schnelligkeitsfähigkeiten der Athletinnen und Athleten (AuA) bewirken,

wenn diese im Jahresverlauf angemessen eingesetzt werden, ohne dass freies Sprinten vernachlässigt wird. Die Befunde unterscheiden sich jedoch in Abhängigkeit vom Leistungsniveau, der Homogenität bzw. Heterogenität der Stichprobe, der Spielsportart, der Einordnung in die Jahresperiodisierung, des gewählten Trainingsprogramms (Widerstand, Unterstützung oder kombiniert) und der Belastungssteuerung (Intensität, Umfang usw.), sodass gesicherte Positionen zur Steuerung und Wirksamkeit eines individualisierten Trainings auf internationalem Leistungsniveau im Hockey nur in Ansätzen existieren.

Gefordert werden individualisierte Trainingsprogramme angepasst an die konkreten Schnelligkeitsfähigkeiten der AuA. Durch die Implementierung eines computergestützten Systems (1080 Sprint) ergeben sich gegenüber dem bisherigen Zugwiderstandstraining bzw. Bergabläufen gravierende Vorteile. Mit dem System kann die Belastungsintensität (Geschwindigkeit, Widerstand) orientiert an den jeweiligen Schnellkraftfähigkeiten der AuA individuell eingestellt werden, um einen optimalen Trainingsreiz zu generieren, ohne Überbeanspruchungen und Verletzungen zu riskieren. Schwer zu kalkulierende Faktoren (wie z. B. Gewichtsauswahl, Reibungswiderstand in der Startphase) entfallen. Um hier neue Impulse zu setzen, wurden zwei Blöcke à 5 Wochen eines individualisierten, datengestützten Trainings der Beschleunigungsfähigkeit und der Maximalgeschwindigkeit erprobt und auf seine Wirksamkeit untersucht.

2 Methode

Für die Studie wurden jeweils mindestens 9 AuA (A-Kader und U21) für die Interventionsgruppe (IG) vom Bundesstützung Hamburg Hockey ($n = 11$, Phase I; $n = 9$, Phase II) sowie für die Kontrollgruppe (KG) von den Bundesstützpunkten Köln und Mülheim rekrutiert ($n = 9$, Phase II). Somit konnten repräsentative Daten für Feldhockey als olympischer Mannschaftssport für Frauen und Männer generiert werden.

Erprobt wurden zwei Trainingsblöcke „Allgemeine Grundlagen“ und „Spezielle Grundlagen“ á 5 Wochen mit dem Trainingssystem 1080 Sprint (1080 Motion AB, Lidingö, Schweden). Aufgrund der fortgeschrittenen Jahresperiodisierung zum Projektstart im Herbst 2021 wurde mit dem Trainingsblock „Spezielle Grundlagen“ begonnen (Zeitraum: September bis Oktober 2021), da die Weltmeisterschaften der U21-Nationalmannschaften im November (Frauen) und Dezember 2021 (Männer) stattfanden.

In der ersten Trainingseinheit (TE) wurde für alle AuA ein Load-Velocity Profile (LVP, Abb. 1) erstellt.

Hierfür wurden jeweils drei maximale 20-m-Sprints mit 1 %, 5 %, 10 % und 15 % des Körpergewichts absolviert. Aufgrund des direkten Feedbacks der AuA wurden in der zweiten TE der ersten Woche je drei mal vier 20-m-Sprints mit 7,5 %, 10 % und 12,5 % des Körpergewichts durchgeführt. Ab der zweiten Trainingswoche fand das individuell erstellte LVP Anwendung. Um einen angestrebten Geschwindigkeitsverlust (GV) von 5 % bis maximal 30 % zu erreichen, wurde die errechnete Regressionsgerade des LVP genutzt. Dank dieser Erfahrungen und in enger Rücksprache mit den AuA sowie den Projektmitarbeitenden wurden in den folgenden Trainingswochen ein GV von mindestens 10 % bis maximal 25 % (entspricht einer Last von $5,7 \pm 0,5$ % bis $14,2 \pm 1,1$ % des Körpergewichts) durch den Widerstand angestrebt. In der zweiten TE (Donnerstag) absolvierten die AuA die Sprints mit den geringeren Widerständen im Vergleich zur ersten TE (Dienstag) der Woche, um eine möglichst vollständige Regeneration zum Samstag (meist erster Wettkampftag der Woche) sicherzustellen.

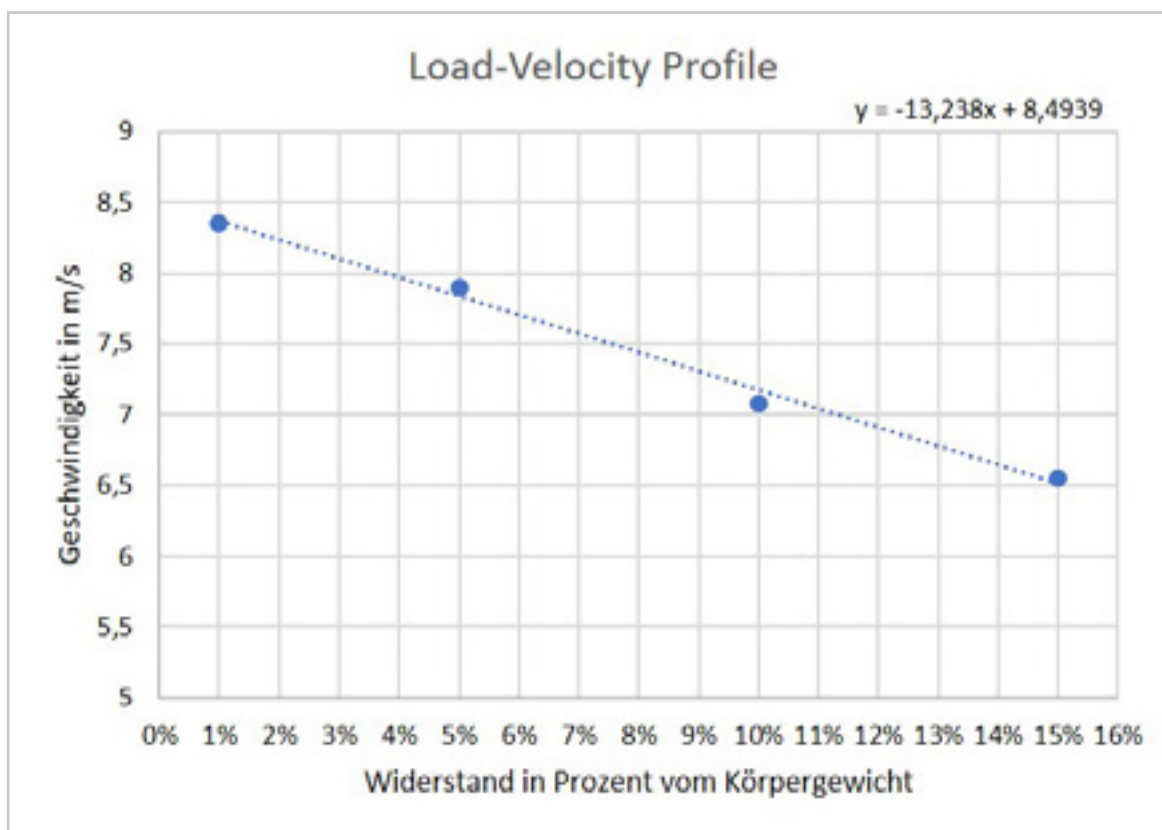


Abb. 1: Beispiel für ein Load-Velocity Profile

Die zweite Trainingsphase (Zeitraum: April bis Mai 2022) fand nach ähnlichen Standards statt. Erneut diente das LVP zur Festlegung der individuellen Widerstände und am Dienstag wurden höhere GV als am Donnerstag provoziert. Aufgrund der hohen Trainings- und Wettkampfbelastung (Bundesliga Feldsaison inklusive Play-Offs & Länderspiele inklusive Lehrgänge) wurde die Sprintdistanz auf 10 m reduziert. Des Weiteren sind die Widerstände im Wochenverlauf jeweils konstant geblieben, was zur Minimierung von unerwünschten Nebeneffekten (Muskelkater, starke Ermüdung) beitrug.

Im Anschluss an den Sprint erhielten die Teilnehmenden auf Wunsch ein direktes Feedback über die Bewegungstechnik anhand von Videoaufzeichnungen (iPad), z. B. zur Oberkörpervorlage, Fußführung usw., sowie auf Wunsch über die erzielten Zeiten.

Die Diagnostik für die IG fand jeweils zu Beginn und 3-7 Tage nach dem Trainingsblock statt und umfasste den CMJ mit Armeinsatz (Sprunghöhe), den 6er-Sprunglauf aus dem Stand (Sprungweite) sowie einen 20-m-Sprint aus dem Stand (50 cm vor der Startlinie) mit den Teilzeiten 0-10 m und 0-20 m, die mittels Doppellichtschranke ermittelt wurden. Eine Highspeed-Videokamera (250 Bilder/s) zeichnete einen Sprintschritt aus der Sagittalebene im Abschnitt von ca. 4 m bis 9 m nach Start auf. Die kinematische Auswertung ermittelte die Schrittlänge, Schrittfrequenz, Bodenkontaktzeit und Flugzeit, die Winkel im Sprung-, Knie- und Hüftgelenk, die Oberkörpervorlage sowie die Hüftbeuge- und Streckgeschwindigkeiten.

Die Leistungsdiagnostik der KG erfolgte am OSP Rheinland nach vergleichbaren Standards. Es wurden die Sprintzeiten (0-20 m), die Sprunghöhe des CMJ mit Armeinsatz sowie die Weite des 6er Sprunglaufs erhoben. Aus organisatorischen Gründen war die Messung einer KG während der ersten Projektphase (Diagnostik I bis II) nicht möglich.

Die Erhebung von den subjektiven Eindrücken der Teilnehmenden mit dem Trainingsgerät erfolgte mittels standardisierter Onlinebefragung nach der ersten Trainingswoche sowie nach Abschluss der zweiten Trainingsintervention.

Der Einfluss der Intervention auf die athletischen Voraussetzungen bzw. der Sprintbedingung auf kinematische Schrittmerekmale wurde mittels Varianzanalyse mit Messwiederholung nach dem allgemeinen linearen Modell und den Zwischensubjektfaktoren (Gruppe, Geschlecht) bestimmt.

3 Ergebnisse

Im Ergebnis der Trainingsphase I resultierte eine Reduktion der Sprintzeit über 10 bis 20 m innerhalb des 20-m-Sprints von ca. 0,02 s ($p = 0,02$), ohne dass sich die Gesamtzeit über 20 m verbesserte, weil im Post-Test die Sprintzeit auf den ersten 10 m ca. 0,04 s ($p = 0,08$) länger war. Die Sprungweite im 6er-Sprunglauf aus dem Stand verbesserte sich in der Trainingsphase I um ca. 23 cm ($p = 0,04$). Demgegenüber war keine Veränderung der Sprunghöhe im CMJ festzustellen ($h = 0,40$ m; $p = 0,13$).

Im Ergebnis der Trainingsphase II kam es zu einer Verbesserung der Sprintzeit über 20 m von ca. 0,06 s ($p = 0,01$), die durch eine Verkürzung der Sprintzeit über 10 bis 20 m ($p < 0,01$) und eine Verkürzung der Sprintzeit über die ersten 10 m ($p = 0,12$) unterlegt war. Die Sprungweite im 6er Sprunglauf verbesserte sich ebenfalls um ca. 29 cm ($p = 0,11$). Die Sprunghöhe im CMJ zeigte sich – wie bereits nach Trainingsphase I – unverändert im Pre-Post-Vergleich.

Im Längsschnitt über alle vier Testzeitpunkte ($n = 5$) reduzierte sich die Sprintzeit über 10 bis 20 m von Test 1 zu Test 2 sowie von Test 3 zu Test 4 (Abb. 2, S. 4).

Die Weite aus dem 6er Sprunglauf unterschied sich im Längsschnitt von Test 1 zu Test 2, 3 und 4. Dabei erhöhte sich die Sprungweite im Vergleich Test 1 vs. Test 2 um 0,39 m ($p = 0,01$), sowie im Vergleich Test 2 vs. Test 3 um 0,31 m ($p = 0,54$). Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Tests 2, 3 und 4.

Die KG ($n = 9$) konnte ebenfalls ihre Leistungen verbessern: 20-m-Sprint ca. 0,04 s ($p < 0,01$) schneller; CMJ ca. 0,02 m ($p = 0,04$) höher; 6er-Sprunglauf ca. 57 cm ($p = 0,01$) weiter. Sowohl zu Beginn als auch am Ende der Intervention zeigte die IG ein höheres Leistungsniveau als die KG.

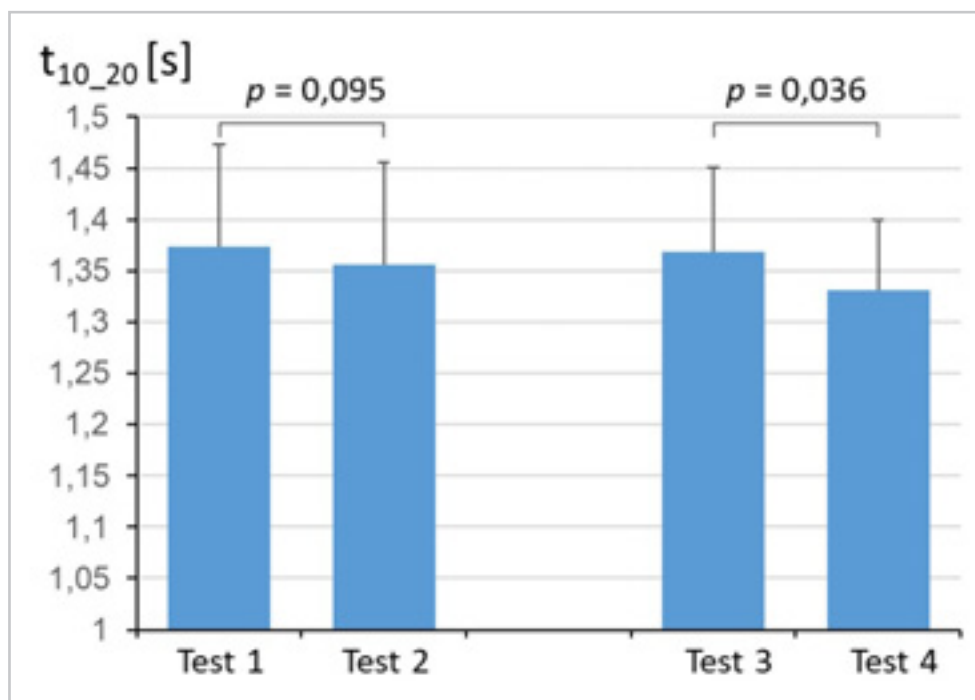


Abb. 2: Paarweise Vergleiche der Sprintzeit über 10 bis 20 m des 20-m-Sprints, Längsschnittdaten, $n = 5$

Die Analyse der Sprintbewegung ($n = 9$) zeigte im Vergleich von Test 1 vs. Test 2 eine um 0,1 m/s geringere Sprintgeschwindigkeit. Dabei verlängerte sich die Doppelschrittlänge um 0,16 m ($p = 0,01$), aber die Doppelschrittfrequenz reduzierte sich um 0,05 Schritte/s ($p = 0,06$). Die Bodenkontaktzeit blieb unverändert und die Flugzeit verlängerte sich um 3 ms ($p = 0,28$).

Nach der ersten Intervention wurde in den Phasen des Anfersens und des Kniehubschwunges der Oberschenkel früher nach vorn und weiter nach oben geführt. Allerdings erfolgte die Bewegung mit einer geringeren Hüftflexionsgeschwindigkeit, sodass auch die vertikale Fußaufsatzgeschwindigkeit vor dem Bodenkontakt reduziert war. Zum Fußaufsatz näherten sich die Kniewinkel im Vergleich von Test 1 und 2 an, sodass keine Kniewinkelunterschiede zum Zeitpunkt des Bodenkontaktes bestanden. Während des Bodenkontaktes wurde bei gleicher Kniewinkel flexion eine stärkere Kniewinkel extension mit stärker gestrecktem Kniewinkel beim Lösen des Stützbeines im Test 2 gefunden. Die kinematische Analyse zur Veränderung der Sprintbewegung nach der zweiten Intervention steht noch aus.

Die Befragungsergebnisse zu Beginn der Intervention zeigten, dass die AuA

- › das Training mit dem 1080 Sprint generell als sicher einstufen,
- › die Belastung ausnahmslos als angemessen bis hoch wahrnehmen und
- › als eventuell betroffene Körperregionen, welche ein bis zwei Tage nach dem Training zu spüren waren, die Oberschenkel- (Vorder- und Rückseite) sowie die Wadenmuskulatur angeben.

Bemerkenswert war die ausnahmslos vorhandene Zustimmung der AuA ($n = 15$) zur Frage nach dem Wunsch der Weiterführung der Intervention.

Nach Beendigung der Intervention bewerteten die AuA ($n = 6$) das Training erneut als sicher und die Belastung als absolut angemessen. Darüber hinaus empfanden sie die Hinweise bezüglich der Sprinttechnik überwiegend als hilfreich und waren insgesamt eher zufrieden bis sehr zufrieden mit der Intervention. Ebenfalls wurde erneut von allen Teilnehmenden der Wunsch nach Weiterführung des Trainings mit dem 1080 Sprint geäußert.

4 Diskussion

Durch das individualisierte Sprinttraining mit dem Gerät 1080 Sprint konnte eine Verbesserung der 20-m-Sprintzeit (nach der 2. Intervention) und auf der Teilstrecke 10-20 m (nach der 1. und 2. Intervention) gezeigt werden. Neben den individuellen LVP muss der über die jeweilige Sprintdistanz konstante Zugwiderstand als Einflussgröße hervorgehoben werden. Beim herkömmlichen Ziehen eines Widerstandsschlittens nimmt mit der Laufgeschwindigkeit die Trägheitskraft des Schlittens ab und die Belastung verändert sich.

Eine fehlende Verbesserung der 20-m-Sprintzeit von Test 1 zu 2 der IG kann mit dem Einfluss des Saisonzeitpunkts und der hohen Trainings- und Wettkampfbelastung in den Wochen vor der zweiten Diagnostik (Test 2) erklärt werden.

Die signifikanten Verbesserungen im 6er Sprunglauf von Test 1 zu 2 der IG (respektive der KG) sind vermutlich auf Lerneffekte zurückzuführen, da die AuA in der Regel vorher nicht explizit mit der Bewegungsform vertraut waren.

Im Vergleich von Test 1 zu Test 2 ist das schnellere nach vorn und weiter nach oben Führen des Oberschenkels vermutlich dem Techniktraining zuzuschreiben. Dahingegen kann die geringere Hüftflexionsgeschwindigkeit ein Hinweis auf eine gewisse Vorer müdung zum Zeitpunkt von Test 2 sein.

Zum Gruppenvergleich muss das unterschiedliche Ausgangsniveau von IG (Hamburg) und KG (Köln/Mühlheim) kritisch angemerkt werden. Hinzu kommen weitere Störfaktoren wie die abweichende bzw. fehlende Periodisierung und der unterschiedliche Einsatz der Trainingsübungen (vertikale und horizontale Sprünge).

Das Training wurde von allen AuA als positiv wahrgenommen und weckte den Wunsch nach Weiterführung. Der erhebliche Personal-, Zeit- sowie Kostenaufwand erschwert jedoch den ganzjährigen Einsatz des Trainingsmittels. Das Gerät 1080 Sprint ist mobil und könnte während mit Länderspielen verbundenen Reisen sowie in Trainingslagern genutzt werden. Resümierend zeigte sich das individualisierte Sprinttraining mittels 1080 Sprint als ein geeignetes und vielversprechendes Trainingsmittel, um gezielt Leistungsfortschritte in relativ kurzen Zeiträumen zu realisieren.

5 Literatur

- Alcaraz, P. E., Carlos-Vivas, J., Oponjuru, B. O., & Martinez-Rodriguez, A. (2018). The effectiveness of resisted sled training (RST) for sprint performance: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(9), 2143-2165.
- Cross, M. R., Lahti, J., Brown, S. R., Chedati, M., Jimenez-Reyes, P., Samozino, P., ... & Morin, J. B. (2018). Training at maximal power in resisted sprinting: Optimal load determination methodology and pilot results in team sport athletes. *PLoS One*, 13(4), e0195477
- Rakovic, E., Paulsen, G., Helland, C., Eriksrud, O., & Haugen, T. (2018). The effect of individualised sprint training in elite female team sport athletes: A pilot study. *Journal of Sports Sciences*, 36(24), 2802-2808.
- Vanwanseele, B., & Aeles, J. (2016, November). Mechanical determinants of sprint performance in elite and sub-elite field hockey players. In *ISBS-Conference Proceedings Archive*.

Load-Velocity Profiling im Schwimmen

– Zusammenhang neuromuskulärer Land- und Wasser-Testungen mit Performance

(AZ 072027/21-22)

Sebastian Keller & Patrick Wahl (Projektleitung)

Deutsche Sporthochschule Köln, Abt. Leistungsphysiologie,
Institut für Trainingswissenschaft & Sportinformatik
Das Deutsche Forschungszentrum für Leistungssport

1 Einleitung

Die neuromuskuläre stellt neben der metabolischen Leistungsfähigkeit eine entscheidende Determinante der sportmotorischen Leistung im Schwimmen dar (Toussaint und Beek, 1992). Dies spiegelt sich im Trainingsalltag von Hochleistungsschwimmern wider, welcher zusätzlich zu umfangreichem Schwimmtraining (9.9 ± 0.3 Einheiten pro Woche), Krafttraining mit durchschnittlich 4.6 ± 0.3 Stunden pro Woche umfasst (Pollock et al., 2019). Hinsichtlich der konkreten Gestaltung des Krafttrainings herrscht allerdings noch große Uneinigkeit. Neben der Vorgabe geeigneter Intensitäten und Umfänge in Abhängigkeit individueller Trainingsziele wurde in den letzten Jahren insbesondere über die notwendige Spezifität des Krafttrainings debattiert (Crowley et al., 2017; Muniz-Pardos et al., 2019, 2020; Tan et al., 2021). Da einige charakteristische Merkmale des Mediums Wasser, wie der hydrostatische Druck oder der Wasserwiderstand, die Kraftübertragung während des Schwimmens beeinflussen und nicht an Land reproduziert werden können (Toussaint und Vervoorn 1990; Crowley et al. 2017; Muniz-Pardos et al. 2019), wurden unlängst Zugwiderstandssysteme als spezifischere Krafttrainings- und Diagnostikmethode im Wasser empfohlen (Muniz-Pardos et al., 2019), um die Übertragbarkeit auf die Zielbewegung zu optimieren.

Auch wenn derartige Systeme bereits seit vielen Jahren im Schwimmen eingesetzt werden (Costill et al., 1986; Magel, 1970), ermöglichen neuere Systeme, wie das „1080 Sprint“, eine Rückmeldung in Echtzeit über realisierte Vor-

triebskräfte und Bewegungsgeschwindigkeiten im Wasser und bieten dabei eine hohe Praktikabilität. Folglich wurde das „1080 Sprint“ bereits in ersten Studien mit Hochleistungssportlern (z. B. in Norwegen) eingesetzt, welche die Reliabilität und Spezifität des „1080 Sprint“ als Diagnostikinstrument zeigen konnten (Gonjo et al., 2021; Olstad et al., 2020). Aus den so ermittelten Load-Velocity Profilen können die theoretisch maximale Last (L_0) und Geschwindigkeit (v_0) sowie die Steigung der Regressionsgeraden aus Last und Geschwindigkeit (S_{lv}) analog zu vorhergehenden Untersuchungen bei leichtathletischen Sprintern und Mannschaftssportlern zur individualisierten Trainingssteuerung verwendet werden (Morin und Samozino, 2016). Neben der Ableitung von Krafttrainingszielen, etwa eine Schwerpunktsetzung im Bereich des Maximal- oder Schnellkrafttrainings, könnte das Load-Velocity Profiling ebenfalls mögliche Ansatzpunkte für das Techniktraining liefern. So ist beispielsweise denkbar, dass ein Athlet zwar in der Lage ist, große Lasten zu bewegen, dieses neuromuskuläre Potential jedoch im freien Schwimmen nicht in Vortrieb umsetzen kann (Tan et al., 2021). Weiterhin könnte eine separate Analyse des Load-Velocity Profils der unteren und oberen Extremitäten ebenfalls spezifische Kraft- und/oder Technikdefizite aufdecken.

Damit das „1080 Sprint“ auch in der Diagnostik des DSV optimal eingesetzt werden kann, werden einheitliche Testprotokolle für Nachwuchs- und Eliteschwimmer benötigt, die neben dem intra-individuellen Längsschnitt- auch einen interindividuellen Vergleich ermöglichen. Daneben ist es notwendig, Zusammenhänge zwischen den

Testparametern und der Performance zu kennen, um langfristig individualisierte Trainingsvorgaben zu ermöglichen. Da entsprechende Testprotokolle, Messerfahrung und Profile allerdings noch nicht vorhanden sind, wurde das Zugwiderstandssystem bislang hauptsächlich im Individualtraining eingesetzt. Ziel des Serviceprojekts war es daher, in den höchsten Kadergruppen des DSV erste geschlechts- und disziplinspezifische Erfahrungswerte für das Load-Velocity Profiling im Wasser zu erheben und diese in umfassendem Sinn mit der Kraul-Performance sowie mit Krafttestungen an Land in Zusammenhang zu bringen. Daneben wurden erstmals Load-Velocity Protokolle getrennt für die oberen und unteren Extremitäten entwickelt, um eine ganzheitliche Bewertung des Kraft-Geschwindigkeit Potentials im Wasser zu ermöglichen.

2 Methodik

2.1 Studiendesign

Nach einer Eingangsdiagnostik zur Erhebung anthropometrischer und physiologischer Kenngrößen kombiniert mit einer Familiarisierungseinheit mit dem portablen Zugwiderstandsgerät „1080 Sprint“ wurden in randomisierter Reihenfolge an drei separaten Testtagen ein Load-Velocity Profiling im Wasser (Kraul, Ganzkörper), getrennt für die oberen und unteren Extremitäten und an Land (Kniebeuge, Bankdrücken und -ziehen) durchgeführt. Um eine adäquate Erholung und standardisierte Vorbereitung zu gewährleisten, wurden alle Teilnehmenden instruiert, an Testtagen lediglich eine weitere moderate Schwimmtrainingseinheit, jedoch kein zusätzliches Krafttraining durchzuführen. Das Aufwärmprogramm wurde an allen Diagnostiktagen konstant gehalten. Zudem sollte die Nahrungsaufnahme dokumentiert, konstant gehalten und dabei insbesondere auf eine adäquate Kohlenhydratzufuhr geachtet werden.

2.2 Stichprobe

9 Schwimmerinnen und 12 Schwimmer der Kadergruppe NK2 bis PK (Alter: 18.1 ± 3.1 Jahre, Trainingsumfang: $20.8 \pm 2.3 \text{ h} \cdot \text{W}^{-1}$, FINA Punkte [Saisonbestleistung] $729 \pm 68 \text{ AU}$), von denen 13 auf Kurz- und 8 auf Mittelstrecke spezialisiert waren, wurden in die Analyse eingeschlossen.

2.3 Testverfahren

2.3.1 Neuromuskuläre Diagnostik im Wasser

Zunächst absolvierten alle Testpersonen eine Familiarisierungseinheit mit dem „1080 Sprint“ (1080 Motion AB, Lidingö, Schweden), die neben einer niedrigen und einer moderaten Last jeweils mindestens einen Versuch nur mit den oberen und unteren Extremitäten beinhaltete. Dabei sowie bei allen nachfolgenden Messungen wurden die Teilnehmenden instruiert, ohne Abstoß-, Tauch- und Gleitphase sowie wenn möglich ohne Atmung 20 m all-out zu schwimmen, wobei die Messung lediglich den Abschnitt von 5 bis 20 m umfasste, um den Einfluss der initialen Beschleunigungsphase zu minimieren. Das „1080 Sprint“ wurde dafür hinter dem Startblock fixiert und über eine Schnur sowie einen Schwimmgurt mit den Teilnehmenden verbunden (s. Abb. 1 & 2). Gemäß den vorangegangenen Untersuchungen wurden der isotonische Modus verwendet und Daten mit einer Aufnahmefrequenz von 333 Hz aufgezeichnet (Gonjo et al., 2021; Gonjo & Olstad, 2022; Olstad et al., 2020).



Abb. 1: Anbringung des Zugwiderstandssystems „1080 Sprint“ hinter dem Startblock

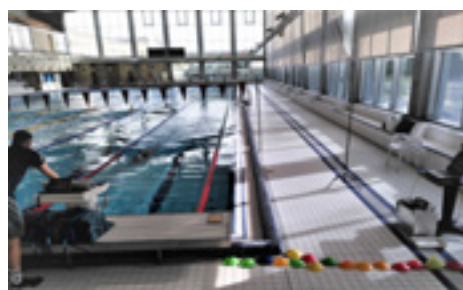


Abb. 2: Exemplarischer Messaufbau für das Load-Velocity Profiling mittels des Zugwiderstandssystems „1080 Sprint“ (linker Bildrand). Dabei wurde der Widerstand stets erst nach 5 m appliziert, der Messabschnitt betrug 15 m (d. h. er reichte effektiv von 5 bis 20 m).

Im Ganzkörperprofil (Schwimmart Kraul) wurden nach dem Protokoll von (Olstad et al., 2020) fünf verschiedenen Zusatzlasten (1, 2, 3, 4 und 5 kg für Athletinnen und 1, 3, 5, 7 und 9 kg für Athleten) im Abstand von 3-4 min appliziert. Zudem wurden in Pilottestungen Testprotokolle separat für die unteren (nur alternierender Kraulbeinschlag, Arme in Strecklage) und oberen Extremitäten (nur alternierender Kraularmzug, kleiner Pullbuoy zwischen und Band um die Beine) entwickelt und geprüft. Dem gleichen Testablauf wie im Ganzkörperprofil folgend, wurden dabei für die Beine die Lasten 1, 1.5, 2, 2.5 und 3 kg für beide Geschlechter und für die Arme 1, 1.7, 2.4, 3.1 und 3.8 kg für weibliche sowie 1, 2, 3, 4, 5 kg für männliche Testpersonen als adäquat herausgestellt und folglich für die Testungen verwendet. Exemplarische Rohdaten für das Ganzkörperprofil eines Athleten sind in Abb. 3 dargestellt. Des Weiteren absolvierten die Teilnehmenden einen 20-sekündigen all-out Test mit der Last, bei der im Ganzkörperprofil die höchste mechanische Leistung generiert worden war, um die maximale Laktatbildungsrate (VLa_{max} , s. u.) mit Zusatzgewicht zu erfassen.

Für die Datenauswertung wurden je drei Bewegungszyklen in der Mitte des Messabschnitts herangezogen, die ein stabiles Bewegungsmuster erwarten lassen (Dominguez-Castells et al., 2013; Gonjo et al., 2021; Olstad et al., 2020). Gemäß den Vorarbeiten der norwegischen Arbeitsgruppe (Gonjo et al., 2021; Gonjo & Olstad, 2022; Olstad et al., 2020) wurde lediglich die horizontale Geschwindigkeitskomponente für die Erstellung der Profile mittels linearer Regression aus Last (x) und Geschwindigkeit (y) verwendet. Hieraus wurden neben dem Bestimmtheitsmaß (R^2) zur Einschätzung der Güte des Fittings die v_0 (Schnittpunkt der Regressionsgeraden mit der y-Achse), die L_0 (Schnittpunkt der Regressionsgeraden mit der x-Achse) sowie die S_{IV} abgeleitet.

2.3.2 Neuromuskuläre Diagnostik an Land

In den Übungen Kniebeuge, Bankdrücken und -ziehen wurden jeweils an einer freien Langhantel Load-Velocity Profile an Land ermittelt. Hierfür wurde eine mobile Inertial Measurement Unit (Vmaxpro, Blaumann & Meyer-Sports Technology UG, Magdeburg, Deutschland), deren Validität und Reliabilität kürzlich gezeigt

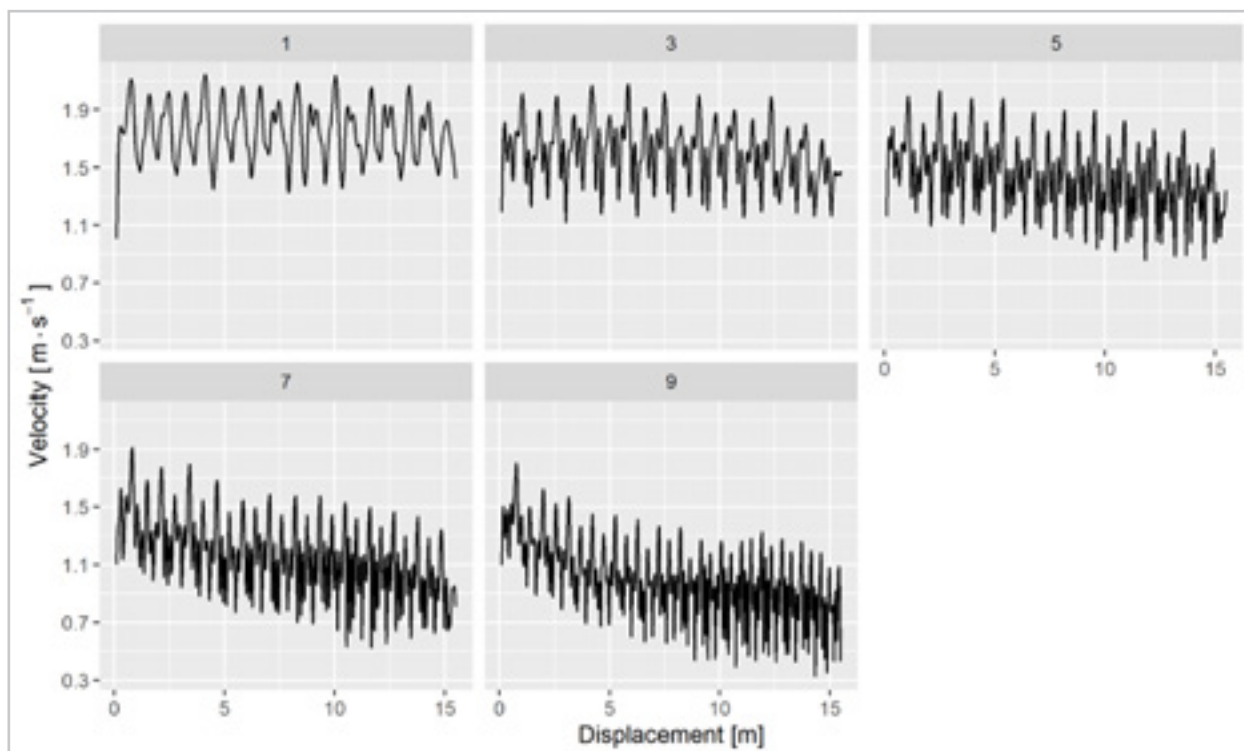


Abb. 3: Beispielhafte Rohdaten aus dem Ganzkörperprofil eines männlichen Schwimmers. In jedem der Panels, welche die fünf Versuche mit zunehmenden Lasten (1, 3, 5, 7, 9 kg) zeigen, ist die zurückgelegte Strecke innerhalb des Messbereichs auf der x- (0 m entspricht dem Beginn des Messabschnitts) und die Geschwindigkeit auf der y-Achse dargestellt.

wurde (Feuerbacher et al., 2022), an der Hantelstange angebracht, um die Bewegungsgeschwindigkeiten bei verschiedenen Lasten zu erfassen. Das Testprotokoll für das 1-Wiederholungsmaximum (1RM, Wiederholung mit der höchsten Last, die sicher und ohne Unterstützung ausgeführt werden konnte) wurde von González-Badillo und Sánchez-Medina (2010) adaptiert. Die initiale Last betrug 22 kg (Hantelstange) und wurde sukzessive individuell gesteigert (González-Badillo & Sánchez-Medina, 2010; Sánchez-Medina et al., 2017). Für jede Last wurde derjenige Versuch mit der höchsten Mean Propulsive Velocity (MPP) für die Erstellung der Profile verwendet.

2.3.3 Performance

Die Bewegungsökonomie (nachfolgend als Cost of swimming [CS] bezeichnet) wurde analog zu vorhergehenden Projekten über die Sauerstoffaufnahme nach einer submaximalen Belastung erfasst. Dafür wurden im Rahmen einer Wiederholungsmessung 300 m und nach einer 30-sekündigen Nachatmungsmessung weitere 200 m mit einer vorgegebenen Pace ($1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ für Schwimmerinnen und $1,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ für Schwimmer (Chatard et al., 1990)) zurückgelegt. Die Geschwindigkeit wurde dabei mit einer Lichtlaufleiste präzise festgelegt.

Analog zu den vorhergehenden Projekten wurde die Sauerstoffaufnahme durch eine unmittelbare einminütige Nachbelastungsmessung bestimmt und mittels Herzfrequenz-Kinetik korrigiert (Keller et al., 2022). Zur Angabe der CS in $[\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}]$ wurde der Mittelwert der wiederholten Sauerstoffaufnahmemessung durch die Körpermasse sowie die entsprechende Geschwindigkeit dividiert.

Zur Beurteilung der Schwimm-Performance wurden 50 m und 200 m all-out unter Wettkampfbedingungen absolviert. Zusätzlich wurde analog zu den vorhergehenden Projekten ein 20-sekündiger Sprint durchgeführt, bei dem die Teilnehmenden aus dem Wasser startend (ohne Abstoß von der Wand) eine maximale Strecke zurücklegen sollten. Neben der Durchgangsgeschwindigkeit bei 25 m (v_{20s}) als Performance-Kriterium wurden der höchste Nachbelastungslaktatwert (La_{peak}) sowie die maximale

Laktatakkumulationsrate (VLa_{max}) als physiologische Kenngrößen der anaeroben Kapazität bestimmt (Heck et al., 2003). Hierzu wurde nach dem Sprint minütlich von der 2. bis 9. Minute Kapillarblut entnommen.

2.4 Statistische Analyse

Die statistische Analyse wurde mit R durchgeführt (R Core Team, 2022). Nach visueller Überprüfung der Homoskedastizität und Normalverteilung sämtlicher abhängiger Variablen in jeder Gruppenkategorie (männlich vs. weiblich und Kurz- vs. Mittelstrecke) mittels Residuen- und Q-Q-Plots wurden Unterschiede zwischen Geschlechtern und Disziplinen mittels unabhängigen Welch-Tests (*stats* package) untersucht. Aufgrund der kleinen Stichprobengröße wurden zudem Effektstärken (g , Berechnung nach Cohen mit Hedge's Korrektur für kleine Fallzahlen) zur Bewertung der praktischen Relevanz herangezogen (*effsize* package) und mit 90 % Konfidenzintervall (CI) angegeben. Im Einklang mit Hopkins (2002) wurden die Effektstärken wie folgt interpretiert: $g < 0.2$ = trivial, $0.2 \leq g < 0.6$ = klein, $0.6 \leq g < 1.2$ = moderat, $1.2 \leq g < 2.0$ groß und $g \geq 2.0$ = sehr groß. Im Falle einer Verletzung der Normalverteilungsannahme wurden zunächst Mann-Whitney-U-Tests (*stats* package) sowie Wilcoxon Effektstärken r (*rstatix* package) berechnet.

Da sich die Ergebnisse jedoch nicht von den Werten der parametrischen Analyse unterschieden, wurden letztere angegeben. Daneben wurden Zusammenhänge der Performance-Parameter mit dem Load-Velocity Profil im Wasser – aufgrund der kleinen Fallzahlen in den Subgruppen und von Verletzungen der Normalverteilungsannahme – mittels Spearman-Rangkorrelationskoeffizienten ρ (angegeben mit 90 % CI; *stats*- und *DescTools* package) untersucht und als trivial ($\rho < 0.1$), niedrig ($0.1 \leq \rho < 0.3$), moderat ($0.3 \leq \rho < 0.5$), hoch ($0.5 \leq \rho < 0.7$), sehr hoch ($0.7 \leq \rho < 0.9$) und nahezu perfekt ($\rho \geq 0.9$) interpretiert (Hopkins, 2002). Für alle Tests wurde die statistische Signifikanz bei $p < 0.05$ angenommen. Alle Daten sind als Mittelwert \pm Standardabweichung dargestellt.

3 Ergebnisse

Es wurden nur Load-Velocity Profile eingeschlossen, die eine Geschwindigkeitsreduktion $> 15\%$ implizierten (Petrakos et al., 2016) und deren Fitting mit einem Bestimmtheitsmaß $R^2 > 0.81$ laut Hopkins (2002) einem perfekten Zusammenhang nahekam. Im Mittel betragen die Bestimmtheitsmaße (R^2) 0.97 ± 0.04 , 0.99 ± 0.01 und 0.97 ± 0.03 für das Beine-, Ganzkörper- und Armeprofil. Die Load-Velocity Parameter (v_0 , L_0 und S_{lv}) sind in Abb. 4 getrennt nach Geschlecht (links) bzw. nach Disziplin (rechts) inklusive p -Wert und Effektstärke dargestellt.

Die anthropometrischen, physiologischen und neuromuskulären Parameter finden sich in Tab. 1 (S. 6) getrennt nach Geschlecht und Disziplin. Die Zusammenhänge der einzelnen Parameter mit den Load-Velocity Profilen (Ganzkörper) sind in Tab. 2 (S. 6) dargestellt.

Die Beiträge der unteren und oberen Extremitäten, also die v_0 - und L_0 -Werte ausgedrückt in Prozent der Ganzkörperwerte sowie die Ausschöpfung, also die Ganzkörperwerte ausgedrückt in Prozent der Summe der entsprechenden Einzelwerte sind in Abb. 5 (S. 7) dargestellt.

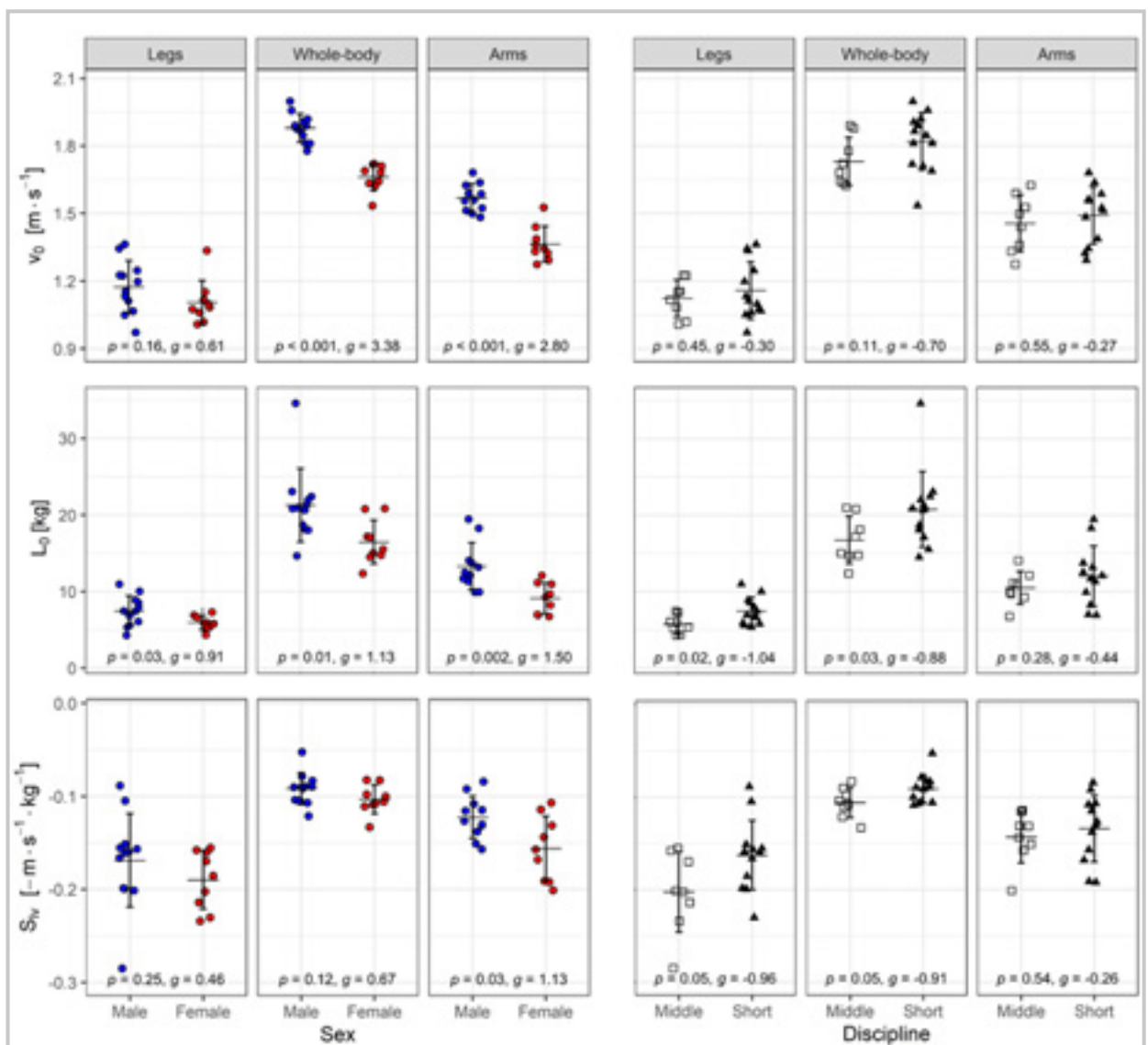


Abb. 4: Load-Velocity Parameter (theoretisch maximale Geschwindigkeit [v_0] und Last [L_0] sowie Steigung der Regressionsgeraden aus Last und Geschwindigkeit [S_{lv}]) für das Beine-, Ganzkörper- und Armeprofil getrennt nach Geschlecht (Männer blau, Frauen rot; linke Seite) bzw. Disziplin (Mittelstrecke weiße Quadrate, Kurzstrecke schwarze Dreiecke; rechte Seite) inklusive p -Wert und Effektstärke (g).

Tab. 1: Anthropometrische, metabolische, neuromuskuläre und Leistungsparameter (Mittelwert ± Standardabweichung [Minimum–Maximum]) der eingeschlossenen Teilnehmenden (n = 21) getrennt nach Geschlecht und Disziplin inklusive p-Wert und Effektstärke (g) mit 90 % Konfidenzintervall (CI)

Variable	Geschlecht			p	Disziplin			p
	Männlich (n = 12)	Weiblich (n = 9)	g (90% CI)		Kurzstrecke (n = 13)	Mittelstrecke (n = 8)	g (90% CI)	
Anthropometrisch								
Höhe [cm]	185 ± 9 (172–204)	177 ± 10 (163–194)	0.87 (0.11–1.64)	0.06	183 ± 11 (170–204)	180 ± 10 (163–194)	0.30 (-0.45–1.05)	0.49
Masse [kg]	75.9 ± 8.0 (64.3–93.3)	70.1 ± 8.2 (55.3–81.0)	0.69 (-0.06–1.45)	0.12	75.3 ± 8.5 (61.9–93.3)	70.4 ± 7.8 (55.3–81.0)	0.58 (-0.18–1.34)	0.19
Armspannweite [cm]	193 ± 11 (178–216)	177 ± 8 (164–192)	1.56 (0.72–2.39)	0.001	188 ± 13 (172–216)	183 ± 11 (164–196)	0.44 (-0.32–1.19)	0.30
Metabolisch								
VL _{max} (frei) [mmol·L ⁻¹ ·s ⁻¹]	0.50 ± 0.12 (0.28–0.65)	0.41 ± 0.09 (0.28–0.58)	0.85 (0.08–1.61)	0.05	0.51 ± 0.10 (0.34–0.65)	0.39 ± 0.10 (0.28–0.59)	1.12 (0.32–1.92)	0.02
VL _{max} (Last) [mmol·L ⁻¹ ·s ⁻¹]	0.47 ± 0.13 (0.19–0.63)	0.37 ± 0.08 (0.27–0.56)	0.86 (0.10–1.63)	0.04	0.46 ± 0.10 (0.31–0.63)	0.36 ± 0.12 (0.19–0.60)	0.89 (0.11–1.66)	0.07
CS [mL·kg ⁻¹ ·m ⁻¹]	0.68 ± 0.09 (0.55–0.80)	0.53 ± 0.15 (0.27–0.70)	1.15 (0.36–1.94)	0.03	0.63 ± 0.11 (0.43–0.80)	0.59 ± 0.18 (0.27–0.78)	0.31 (-0.44–1.06)	0.53
Neuromuskulär								
1RM Kniebeuge [kg]	86.7 ± 14.5 (70.0–110.0)	65.9 ± 11.7 (50.0–87.5)	1.49 (0.66–2.32)	0.002	84.1 ± 15.8 (62.5–110.0)	67.5 ± 13.4 (50.0–90.0)	1.06 (0.27–1.86)	0.02
1RM Bankdrücken [kg]	74.4 ± 11.3 (55.0–95.0)	54.8 ± 8.5 (45.0–65.0)	1.83 (0.93–2.72)	< 0.001	70.6 ± 14.6 (45.0–95.0)	59.0 ± 10.1 (45.0–70.0)	0.84 (0.03–1.65)	0.05
1RM Bankziehen [kg]	73.5 ± 7.6 (60.0–90.0)	56.1 ± 3.1 (50.0–60.0)	2.74 (0.66–2.32)	< 0.001	69.2 ± 11.1 (55.0–90.0)	60.9 ± 8.0 (50.0–70.0)	0.79 (0.02–1.56)	0.06
Performance								
50 m Geschwindigkeit [m·s ⁻¹]	1.99 ± 0.07 (1.83–2.08)	1.78 ± 0.06 (1.66–1.85)	3.09 (2.01–4.17)	< 0.001	1.92 ± 0.14 (1.66–2.08)	1.86 ± 0.10 (1.76–2.03)	0.52 (-0.24–1.27)	0.21
200 m Geschwindigkeit [m·s ⁻¹]	1.65 ± 0.05 (1.58–1.74)	1.53 ± 0.07 (1.39–1.61)	1.81 (0.95–2.68)	< 0.001	1.59 ± 0.09 (1.39–1.73)	1.61 ± 0.08 (1.52–1.74)	0.25 (-0.50–1.00)	0.56

Abkürzungen: VL_{max} maximale Laktatbildungsrate; CS, Cost of swimming; 1RM, 1-Wiederholungsmaximum.

Tab. 2: Spearman Rangkorrelationen (ρ) mit 90 % Konfidenzintervall zwischen anthropometrischen, metabolischen, neuromuskulären und Leistungsparametern und den Parametern aus dem Ganzkörper Load-Velocity-Profil der eingeschlossenen Teilnehmenden (n = 21) getrennt nach Geschlecht und Disziplin

Variable	Geschlecht	v ₀	L ₀	S _{lv}	Disziplin	v ₀	L ₀	S _{lv}
Anthropometrisch								
Höhe	Männlich	0.07 (-0.44–0.55)	0.22 (-0.31–0.65)	0.11 (-0.41–0.58)	Kurz	0.55 (0.10–0.82)	0.55 (0.10–0.82)	0.36 (-0.15–0.71)
	Weiblich	0.02 (-0.57–0.60)	0.33 (-0.31–0.77)	0.27 (-0.38–0.74)	Mittel	-0.31 (-0.78–0.39)	0.21 (-0.48–0.74)	0.21 (-0.48–0.74)
Masse	Männlich	0.15 (-0.37–0.61)	0.43 (-0.08–0.77)	0.36 (-0.17–0.73)	Kurz	0.34 (-0.17–0.70)	0.43 (-0.06–0.76)	0.37 (-0.13–0.72)
	Weiblich	-0.30 (-0.75–0.35)	0.10 (-0.52–0.65)	0.18 (-0.45–0.69)	Mittel	-0.52 (-0.87–0.15)	0.19 (-0.50–0.73)	0.31 (-0.39–0.78)
Armspannweite	Männlich	-0.05 (-0.53–0.46)	0.23 (-0.30–0.65)	0.16 (-0.37–0.61)	Kurz	0.58 (0.14–0.83) *	0.58 (0.15–0.83) *	0.31 (-0.20–0.69)
	Weiblich	-0.53 (-0.85–0.09)	-0.11 (-0.65–0.51)	-0.11 (-0.65–0.51)	Mittel	0.22 (-0.48–0.74)	0.18 (-0.50–0.72)	0.06 (-0.59–0.66)
Metabolisch								
VL _{max} (frei)	Männlich	0.70 (0.31–0.89) *	0.12 (-0.40–0.58)	-0.01 (-0.50–0.49)	Kurz	0.53 (0.07–0.80)	0.01 (-0.47–0.48)	-0.29 (-0.67–0.22)
	Weiblich	0.50 (-0.12–0.84)	0.03 (-0.56–0.61)	-0.18 (-0.69–0.45)	Mittel	0.31 (-0.39–0.78)	0.40 (-0.30–0.82)	0.29 (-0.42–0.77)
VL _{max} (Last)	Männlich	0.54 (0.05–0.82)	0.22 (-0.32–0.65)	0.09 (-0.43–0.56)	Kurz	0.52 (0.06–0.80)	0.39 (-0.10–0.73)	0.31 (-0.20–0.68)
	Weiblich	0.58 (-0.00–0.87)	0.35 (-0.30–0.78)	0.13 (-0.49–0.67)	Mittel	0.43 (-0.27–0.83)	0.48 (-0.21–0.85)	0.29 (-0.42–0.77)
CS	Männlich	-0.10 (-0.57–0.42)	-0.39 (-0.75–0.13)	-0.31 (-0.70–0.23)	Kurz	0.40 (-0.10–0.73)	0.03 (-0.45–0.50)	-0.13 (-0.57–0.37)
	Weiblich	0.35 (-0.30–0.78)	-0.10 (-0.65–0.52)	-0.20 (-0.70–0.44)	Mittel	0.62 (-0.01–0.90)	0.00 (-0.63–0.63)	-0.10 (-0.68–0.56)
Neuromuskulär								
1RM Kniebeuge	Männlich	0.37 (-0.16–0.73)	0.40 (-0.12–0.75)	0.25 (-0.29–0.66)	Kurz	0.59 (0.16–0.83) *	0.53 (0.07–0.80)	0.28 (-0.23–0.67)
	Weiblich	0.68 (0.16–0.91) *	0.74 (0.27–0.92) *	0.76 (0.31–0.93) *	Mittel	0.85 (0.47–0.96) **	0.72 (0.16–0.93) *	0.63 (0.01–0.90)
1RM Bankdrücken	Männlich	-0.16 (-0.61–0.37)	0.68 (0.28–0.88) *	0.62 (0.18–0.86) *	Kurz	0.44 (-0.05–0.76)	0.83 (0.59–0.94) ***	0.66 (0.26–0.86) *
	Weiblich	0.67 (0.08–0.91)	0.63 (0.00–0.90) *	0.72 (0.18–0.93) *	Mittel	0.92 (0.64–0.98) **	0.68 (0.02–0.93)	0.63 (-0.08–0.92)
1RM Bankziehen	Männlich	0.18 (-0.34–0.63)	0.63 (0.16–0.86) *	0.43 (-0.08–0.77) *	Kurz	0.70 (0.34–0.88) **	0.81 (0.54–0.93) ***	0.53 (0.07–0.81)
	Weiblich	0.67 (0.13–0.90) *	0.83 (0.46–0.95) **	0.87 (0.58–0.96) **	Mittel	0.91 (0.65–0.98) **	0.45 (-0.24–0.84)	0.33 (-0.37–0.79)
Performance								
50 m Geschwindigkeit	Männlich	0.44 (-0.07–0.77)	0.55 (0.07–0.82)	0.35 (-0.18–0.72)	Kurz	0.73 (0.40–0.90) **	0.74 (0.41–0.90) **	0.40 (-0.09–0.74)
	Weiblich	0.53 (-0.08–0.85)	0.63 (0.08–0.89)	0.50 (-0.12–0.84)	Mittel	0.90 (0.64–0.98) **	0.79 (0.31–0.95) *	0.67 (0.07–0.91)
200 m Geschwindigkeit	Männlich	0.28 (-0.26–0.68)	-0.31 (-0.70–0.23)	-0.35 (-0.72–0.18)	Kurz	0.65 (0.25–0.86) *	0.41 (-0.09–0.74)	0.27 (-0.23–0.67)
	Weiblich	0.02 (-0.57–0.60)	0.36 (-0.28–0.78)	0.37 (-0.28–0.78)	Mittel	0.74 (0.21–0.93) *	0.48 (-0.21–0.85)	0.29 (-0.42–0.77)

Abkürzungen: VL_{max} maximale Laktatbildungsrate; CS, Cost of swimming; 1RM, 1-Wiederholungsmaximum; v₀ theoretisch maximale Geschwindigkeit; L₀ theoretisch maximale Last; S_{lv} Steigung der Regressionsgeraden aus Last und Geschwindigkeit

Dabei wurden weder zwischen den Geschlechtern noch zwischen den Disziplinen statistische Unterschiede hinsichtlich der Beiträge gefunden ($p \geq 0.15$). Bei den Frauen wurde ein hoher Zusammenhang zwischen der prozentualen Beteiligung der unteren Extremitäten und der theoretisch maximalen Last im Ganzkörperprofil gefunden ($r = -0.53 [-0.85-0.08]$, $p = 0.15$). Interessanterweise unterschied sich die Summe der v_0 aus den Profilen der unteren und oberen Extremitäten signifikant von dem Wert aus dem Ganzkörperprofil (mittlere Differenz $-0.84 \pm 0.14 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $g = -4.70 [-5.71--3.70]$, $p < 0.001$), während die Summe der L_0 -Werte aus Bein- und Armprofil im Mittel dem Wert aus dem Ganzkörperprofil entsprach ($0.96 \pm 2.94 \text{ kg}$, $g = 0.20 [-0.03-0.44]$, $p = 0.16$). Bei beiden Geschlechtern wurden moderate Zusammenhänge zwischen der v_0 und dem entsprechenden Defizit gefunden, allerdings erreichte lediglich die Korrelation bei den weiblichen Teilnehmenden zwischen der L_0 und dem entsprechenden Defizit (bzw. dem Überschuss) ($\rho = 0.70 [0.19-0.91]$, $p = 0.04$) statistische Signifikanz.

Bei der disziplinspezifischen Analyse wurde lediglich bei der Kurzstreckengruppe eine hohe und statistisch signifikante Korrelation zwischen dem Beitrag der unteren ($\rho = -0.62 [-0.86--0.18]$, $p = 0.03$) bzw. der oberen Extremitäten und der v_0 ($\rho = 0.62 [-0.18--0.86]$, $p = 0.03$) gefunden.

4 Diskussion

Ziel des Serviceprojekts war es, in den höchsten Kadergruppen des DSV erste geschlechts- und disziplinspezifische Erfahrungswerte für das Load-Velocity Profiling im Wasser zu erheben und diese in umfassendem Sinn mit der Kraul-Performance sowie mit Krafttestungen an Land in Zusammenhang zu bringen. Zudem wurden erstmals Load-Velocity Protokolle getrennt für die oberen und unteren Extremitäten entwickelt, um eine ganzheitliche Bewertung des Kraft-Geschwindigkeit Potentials im Wasser sowie der technisch-kordinativen Bewegungszusammensetzung zu ermöglichen.

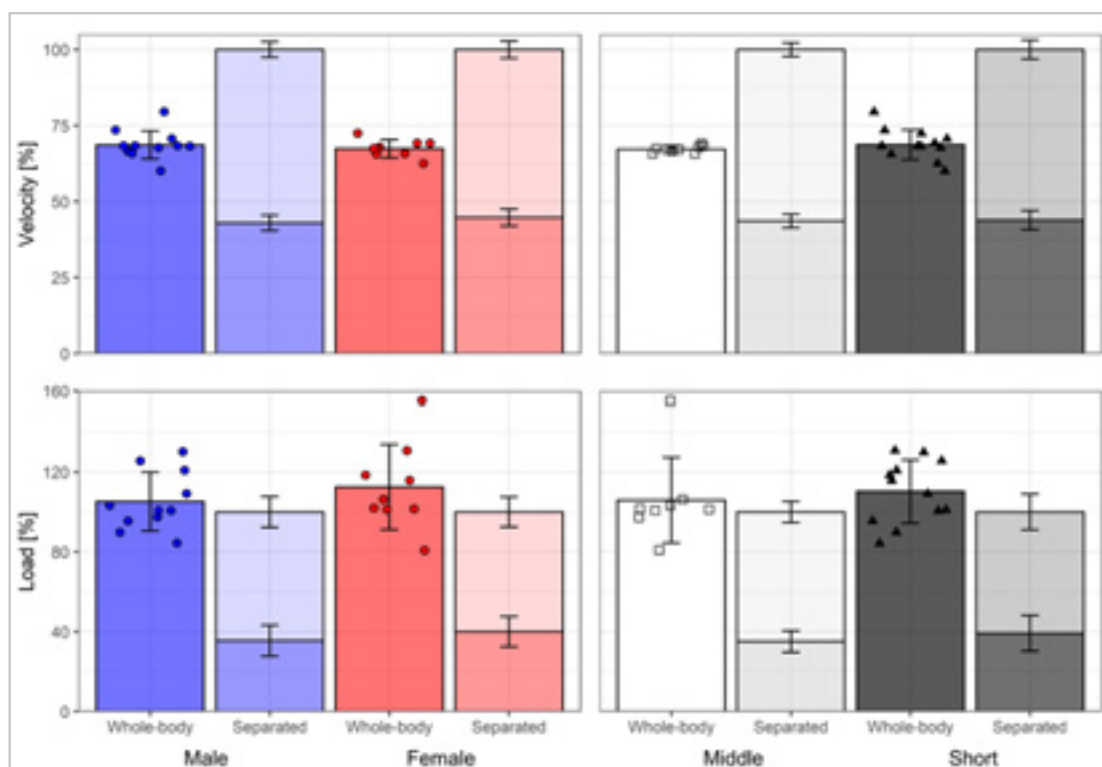


Abb. 5: Relative Beiträge der unteren und oberen Extremitäten zu der theoretisch maximalen Geschwindigkeit (v_0 ; oben) bzw. Last (L_0 ; unten) aus dem Ganzkörperprofil sowie relative Ausschöpfung der Summe aus den Arm- und Bein- durch das Ganzkörperprofil jeweils getrennt nach Geschlecht (Männer blau, Frauen rot; linke Seite) bzw. Disziplin (Mittelstrecke weiße Quadrate, Kurzstrecke schwarze Dreiecke; rechte Seite).

Im Vergleich zu vorangegangenen Studien wurden in der vorliegenden Untersuchung bei beiden Geschlechtern höhere L_0 - und v_0 -Werte für das Ganzkörperprofil im Kraulschwimmen gefunden (Gonjo et al., 2021; Gonjo & Olstad, 2022; Olstad et al., 2020), was das hohe Leistungsniveau der Teilnehmenden unterstreicht. Dies entspricht auch der Zielsetzung des Serviceprojekts, da die untersuchten Testverfahren (vorwiegend das Ganzkörperprofil) ab sofort in der Kaderleistungsdiagnostik (KLD) beim DSV eingesetzt werden und die im Rahmen des Projekts erhobenen Daten hierfür als erste Orientierungsgrundlage dienen sollen. Im Gegensatz zu den aus der gegenwärtigen Literatur erwartbaren großen geschlechtsspezifischen Unterschieden (Gonjo & Olstad, 2022; Olstad et al., 2020) wurden lediglich kleine bis moderate Unterschiede zwischen Kurz- und Mittelstreckenschwimmerinnen und -schwimmern gefunden. Während sich die Kurzstrecken-Profile durch eine signifikant höhere L_0 in den unteren Extremitäten und in der Ganzkörperbewegung auszeichneten, wiesen die Mittelstrecken-Profile nahezu signifikant steilere Load-Velocity Verläufe auf.

Die höheren L_0 -Werte in der Kurzstreckengruppe sind möglicherweise auf ein höheres Kraftniveau zurückzuführen, welches in der Kniebeuge, im Bankdrücken und im Bankziehen mit einer moderaten Effektstärke und bis auf letztere Übung jeweils mit einem signifikanten Unterschied zur Mittelstreckengruppe offensichtlich wurde.

Die hohen, statistisch signifikanten Korrelationen der 1RM-Werte im Bankdrücken und -ziehen mit der L_0 im Ganzkörperprofil in dieser Subgruppe unterstreichen den Zusammenhang zwischen dem höheren Kraftniveau an Land und der höheren schwimmspezifischen Kraft im Wasser. Dies steht im Einklang mit den Ergebnissen vorhergehender Studien, die ebenfalls große Zusammenhänge zwischen Oberkörper Zug- und Druckübungen auf der einen und Kurzstrecken-Schwimmperformance auf der anderen Seite gefunden haben (Morouço et al., 2011; Pérez-Olea et al., 2018).

Der Befund moderat und nahezu signifikant steilerer Load-Velocity Verläufe im Beine- und Ganzkörperprofil in der Mittelstreckengruppe ist deswegen interessant, weil dieser Parameter

bereits in den ersten Studien als Merkmal der Strategie beschrieben wurde, hohe Geschwindigkeiten durch Minimieren des Widerstands im Wasser zu realisieren (Gonjo et al., 2021; Olstad et al., 2020). Da eine steilere S_{iv} somit laut Gonjo et al. (2021) als Indikator technischer Effizienz dienen kann und letztere für Mittelstreckenaufgrund der längeren Belastungsdauer relevanter ist als für Kurzstreckenschwimmerinnen und -schwimmer, kann der vorliegende Befund einer steileren S_{iv} in der Mittelstreckengruppe als weiteres Indiz für diese Interpretation des Parameters dienen. Entgegen unserer Hypothese spiegelte sich der steilere Profilverlauf jedoch nicht in der CS, die als metabolisches Kriterium technischer Effizienz betrachtet werden kann (Zamparo et al., 2020), wider. So wurde weder ein Unterschied in der CS zwischen der Kurz- und Mittelstreckengruppe noch ein Zusammenhang mit der S_{iv} in irgendeiner Subgruppe gefunden. Dies könnte unter anderem darauf zurückzuführen sein, dass die für eine valide Bestimmung der CS notwendigen submaximalen Geschwindigkeiten zu stark abweichende Anforderungen an die technische Bewegungsausführung stellen als die für die Ermittlung der S_{iv} verwendeten maximalen Schwimmgeschwindigkeiten.

Im Gegensatz zur CS wurden durchweg hohe Korrelationen bei beiden Geschlechtern zwischen der v_0 und der VLa_{max} sowohl mit als auch ohne Widerstand gefunden.

Dies unterstreicht die große Bedeutung des glykolytischen Systems hinsichtlich der Energiebereitstellung bei den kurzen all-out Belastungen im Rahmen des Load-Velocity Profiling. Daneben wurden sowohl bei den Frauen als auch bei beiden disziplinspezifischen Subgruppen hohe bis nahezu perfekte Zusammenhänge zwischen der v_0 und der Maximalkraft an Land gefunden, was die Bedeutung von unspezifischem Krafttraining an Land für die Verbesserung der Schnelligkeit im Wasser untermauert (Crowley et al., 2017; Muniz-Pardos et al., 2020). Im Einklang mit Gonjo et al. (2021) wurden dagegen keine Korrelationen zwischen der v_0 und anthropometrischen Merkmalen gefunden. Da letztere – im Widerspruch zu den Ergebnissen von Gonjo et al. (2021) – in der vorliegenden Studie nicht einmal mit der L_0 oder S_{iv} korreliert waren, ist anzunehmen, dass aufgrund des höheren

Leistungslevels der Teilnehmenden durch Training veränderbare neuromuskuläre und metabolische Faktoren bedeutsamer als gegebene anthropometrische Voraussetzungen waren.

Da in den meisten Studien zu den Beiträgen der Extremitäten beim Kraulschwimmen über kurze Strecken (z. B. 25 m) lediglich die Ganzkörperbewegung und die der oberen Extremitäten untersucht und davon die der unteren Extremitäten abgeleitet worden sind (z. B. Deschodt et al., 1999; Gourgoulis et al., 2014; Hollander et al., 1988), sind deren Befunde hinsichtlich des Beitrags der oberen Extremitäten mit 87-96 % nicht mit den Werten der vorliegenden Untersuchung vergleichbar. Tatsächlich wurde nur in der Untersuchung von Morouço et al. (2015) ein ähnlicher Ansatz gewählt und separat die Bewegung der Arme und Beine (deren Summe als 100 %) sowie die Ganzkörperbewegung über eine 30-sekündige all-out Belastung beim fully tethered swimming untersucht. Mit einer Bein- und Armbeteiligung in Bezug auf die durchschnittliche Kraft von 29.7 % und 70.3 % bei Männern sowie 33.4 % und 66.6 % bei Frauen kommen deren Ergebnisse den Beiträgen in der vorliegenden Untersuchung näher. Im Gegensatz zu Morouço et al. (2015), die ein durchschnittliches Kraftdefizit von 15.6 % bei Männern und 13.1 % bei Frauen fanden, wurde jedoch in der vorliegenden Studie im Mittel kein signifikantes Kraftdefizit (L_0 -Defizit) gefunden.

Dieser Befund ist möglicherweise erneut auf das höhere Leistungslevel der eingeschlossenen Testpersonen zurückzuführen, die offensichtlich in der Lage waren, die Kraftpotentiale der unteren und oberen Extremitäten effizienter in die Ganzkörperbewegung zu übertragen. Im Gegensatz zur L_0 wurden dagegen signifikante Defizite hinsichtlich der v_0 gefunden. Dies könnte möglicherweise darauf zurückzuführen sein, dass der sogenannte active drag mit zunehmender Geschwindigkeit überproportional ansteigt (Toussaint et al., 1988) und daher ein einfaches Aufsummieren der beiden Teilgeschwindigkeiten diesem Phänomen nicht gerecht wird.

Auch wenn also das v_0 -Defizit aufgrund der Berechnungsmethode nicht unbedingt als absolute Zahl interpretiert werden kann, erscheint dennoch interessant, dass offensichtlich man-

che Teilnehmende einen größeren Teil des Geschwindigkeitspotentials in die Gesamtbewegung umsetzen konnten als andere. Dies spiegelt sich ebenfalls in den zwar nicht signifikanten, aber dennoch moderaten Korrelationen zwischen dem v_0 -Defizit und der v_0 wider. Diese Zusammenhänge legen nahe, dass zumindest eine Trainingsempfehlung ausgehend von den Load-Velocity Profilen im Wasser lauten könnte, das Ganzkörper v_0 -Defizit zu verringern, um die maximale Geschwindigkeit im Wasser zu steigern.

5 Ausblick und Transfer

Da in der Folge des Serviceprojekts seitens des DSV ein weiteres portables Zugwiderstandssystem (Standort Leipzig) beschafft wurde und in der aktuellen KLD-Phase bereits erstmals ein Load-Velocity Profiling mit den Erfahrungen aus dem Serviceprojekt durchgeführt wird, kann die DSV-/OSP-Seite einerseits von den im Rahmen des Projekts erprobten Testprotokollen und entwickelten Auswertungsroutinen profitieren, und andererseits können weitere Daten von Athletinnen und Athleten der höchsten Leistungslevel generiert werden. Auch wenn anhand der Ergebnisse aus dem Load-Velocity Profiling mögliche Trainingsableitungen formuliert werden können, konnte im Rahmen der vorliegenden Untersuchung aufgrund des Querschnittsdesigns nicht die Wirksamkeit derartiger Trainingsempfehlungen untersucht werden. Dies ist stattdessen in zukünftigen Folgeprojekten zu leisten, welche gezielte Interventionen anhand individueller Load-Velocity Verläufe vornehmen.

6 Fazit

Beim Load-Velocity Profil im Wasser wurden größere Unterschiede zwischen den Geschlechtern als zwischen den Disziplinen Kurz- und Mittelstrecke gefunden. Die über alle Subgruppen hinweg hohen Zusammenhänge zwischen der Maximalkraft an Land und verschiedenen Parametern des Load-Velocity Profils im Ganzkörperschwimmen deuten auf eine wesentliche Bedeutung der unspezifischen Maximalkraft für das Load-Velocity Profil im Wasser hin.

Die separate Analyse der unteren und oberen Extremitäten lieferte deutlich höhere Beiträge der unteren Extremitäten zur Ganzkörper v_0 und L_0 als gemeinhin in der Literatur zum freien Kraulschwimmen zu finden. Während im Mittel das L_0 -Potential (also die Summe aus dem Wert des Arm- und Beinprofils) im Ganzkörperprofil ausgeschöpft wurde, wurde ein erhebliches v_0 -Defizit festgestellt, welches einen möglichen Ansatzpunkt im Training darstellen kann.

7 Literatur

- Chatard, J. C., Lavoie, J. M., & Lacourl, J. R. (1990). Analysis of determinants of swimming economy in front crawl. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 61(1-2), 88-92. <https://doi.org/10.1007/BF00236699>
- Costill, D. L., Reifield, F., Kirwan, J., & Thomas, R. (1986). A computer based system for the measurement of force and power during front crawl swimming. *Journal of Swimming Research*, 2(1), 16-19.
- Crowley, E., Harrison, A. J., & Lyons, M. (2017). The Impact of Resistance Training on Swimming Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 47(11), 2285-2307. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0730-2>
- Deschodt, J. V., Arzac, L. M., & Rouard, A. H. (1999). Relative contribution of arms and legs in humans to propulsion in 25-m sprint front-crawl swimming. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80(3), 192-199. <https://doi.org/10.1007/s004210050581>
- Dominguez-Castells, R., Izquierdo, M., & Arellano, R. (2013). An updated protocol to assess arm swimming power in front crawl. *International Journal of Sports Medicine*, 34(4), 324-329. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1323721>
- Feuerbacher, J. F., Jacobs, M. W., Dragutinovic, B., Goldmann, J.-P., Cheng, S., & Schumann, M. (2022). Validity and Test-Retest Reliability of the Vmaxpro Sensor for Evaluation of Movement Velocity in the Deep Squat. *Journal of Strength and Conditioning Research, Publish Ah(1)*, 4-9. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000004207>
- Gonjo, T., Njøs, N., Eriksrud, O., & Olstad, B. H. (2021). The Relationship Between Selected Load-Velocity Profile Parameters and 50 m Front Crawl Swimming Performance. *Frontiers in Physiology*, 12(February), 165. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.625411>
- Gonjo, T., & Olstad, B. H. (2022). Reliability of the active drag assessment using an isotonic resisted sprint protocol in human swimming. *Scientific Reports*, 1-6. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-17415-5>
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347-352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
- Gourgoulis, V., Boli, A., Aggeloussis, N., Toubekis, A., Antoniou, P., Kasimatis, P., Vezos, N., Michalopoulou, M., Kambas, A., & Mavromatis, G. (2014). The effect of leg kick on sprint front crawl swimming. *Journal of Sports Sciences*, 32(3), 278-289. <https://doi.org/10.1080/02640414.2013.823224>
- Heck, H., Schulz, H., & Bartmus, U. (2003). Diagnostics of anaerobic power and capacity. *European Journal of Sport Science*, 3(3), 1-23. <https://doi.org/10.1080/17461390300073302>
- Hollander, A. P., de Groot, G. van Ingen Sche-
nau, G. J., Kahman, R., & Toussaint, H. M. (1988). Contribution of the legs in front crawl swimming, in V., Ungerechts, B. E., Reischle, K., & Wilke, K. (Eds.) *Swimming Science* (pp. 39-43), Human Kinetics Publishers.
- Hopkins, W. G. (2002). *A scale of magnitudes for effect statistics*. Sports science. <https://www.sportsci.org/resource/stats/effectmag.html>
- Keller, S., Manunzio, C., & Wahl, P. (2022). Comparison of different test protocols to determine maximal lactate steady state intensity in swimming. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 25(8), 696-701. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2022.05.012>

- Magel, J. R. (1970). Propelling force measured during tethered swimming in the four competitive swimming styles. *Research Quarterly of the American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 41(1), 68-74. <https://doi.org/10.1080/10671188.1970.10614948>
- Morin, J. B., & Samozino, P. (2016). Interpreting power-force-velocity profiles for individualized and specific training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 11(2), 267-272. <https://doi.org/10.1123/ijspp.2015-0638>
- Morouço, P. G., Marinho, D. A., Izquierdo, M., Neiva, H., & Marques, M. C. (2015). Relative Contribution of Arms and Legs in 30 s Fully Tethered Front Crawl Swimming. *BioMed Research International*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/563206>
- Morouço, P. G., Neiva, H., González-Badillo, J. J., Garrido, N., Marinho, D. A., & Marques, M. C. (2011). Associations Between Dry Land Strength and Power Measurements with Swimming Performance in Elite Athletes: A Pilot Study. *Journal of Human Kinetics, Special Issue*, 105-112. <https://doi.org/10.2478/v10078-011-0065-2>
- Muniz-Pardos, B., Gomez-Bruton, A., Matute-Llorente, A., Gonzalez-Aguero, A., Gomez-Cabello, A., Gonzalo-Skok, O., Casajus, J. A., & Vicente-Rodriguez, G. (2019). Swim-Specific Resistance Training: A Systematic Review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(10), 2875-2881. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003256>
- Muniz-Pardos, B., Gomez-Bruton, A., Matute-Llorente, A., Gonzalez-Aguero, A., Gomez-Cabello, A., Gonzalo-Skok, O., Casajus, J. A., & Vicente-Rodriguez, G. (2020). Nonspecific Resistance Training and Swimming Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research, Publish Ah*. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003572>
- Olstad, B. H., Gonjo, T., Njøs, N., Abächerli, K., & Eriksrud, O. (2020). Reliability of Load-Velocity Profiling in Front Crawl Swimming. *Frontiers in Physiology*, 11(September), 1-8. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.574306>
- Pérez-Olea, J. I., Valenzuela, P. L., Aponte, C., & Izquierdo, M. (2018). Relationship between dryland strength and swimming performance: Pull-up mechanics as a predictor of swimming speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(6), 1637-1642. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002037>
- Petrakos, G., Morin, J. B., & Egan, B. (2016). Resisted Sled Sprint Training to Improve Sprint Performance: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 46(3), 381-400. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0422-8>
- Pollock, S., Gaoua, N., Johnston, M. J., Cooke, K., Girard, O., & Mileva, K. N. (2019). Training regimes and recovery monitoring practices of Elite British swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(3), 577-585.
- R Core Team. (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>
- Sánchez-Medina, L., Pallarés, J., Pérez, C., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. (2017). Estimation of Relative Load From Bar Velocity in the Full Back Squat Exercise. *Sports Medicine International Open*, 01(02), E80-E88. <https://doi.org/10.1055/s-0043-102933>
- Tan, J. Q. J., Lee, M. J. C., Boey, D., Lum, D., & Barbosa, T. M. (2021). The transfer of dry-land strength & power into thrust in competitive swimming. *Sports Biomechanics, Epub ahead*, 1-12. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1869815>
- Toussaint, H. M., de Groot, G., Savelberg, H. H. C. M., Vervoorn, K., Hollander, A. P., & van Ingen Schenau, G. J. (1988). Active drag related to velocity in male and female swimmers. *Journal of Biomechanics*, 21(5), 435-438. [https://doi.org/10.1016/0021-9290\(88\)90149-2](https://doi.org/10.1016/0021-9290(88)90149-2)
- Toussaint, H. M., & Vervoorn, K. (1990). Effects of specific high resistance training in the water on competitive swimmers. *International Journal of Sports Medicine*, 11(3), 228-233. <https://doi.org/10.1055/s-2007-1024797>

- Toussaint, Huub M., & Beek, P. J. (1992). Bio-mechanics of Competitive Front Crawl Swimming. *Sports Medicine*, 13(1), 8-24. <https://doi.org/10.2165/00007256-199213010-00002>
- Zamparo, P., Cortesi, M., & Gatta, G. (2020). The energy cost of swimming and its determinants. *European Journal of Applied Physiology*, 120(1), 41-66. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04270-y>

Bundesinstitut für Sportwissenschaft
Graurheindorfer Str. 198 · 53117 Bonn
Telefon +49 (0) 228 99 640-0
Telefax +49 (0) 228 99 640-9008
info@bisp.de
www.bisp.de

ISBN: 978-3-96523-086-6