

Bundesinstitut  
für Sportwissenschaft

**BISp-Jahrbuch**  
Forschungsförderung 2010/11

Bonn 2011

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

Herausgeber: Bundesinstitut für Sportwissenschaft  
Graurheindorfer Straße 198, 53117 Bonn

Redaktion: Stanislav Brejcha-Richter,  
Elke Hillenbach

Layout: Elke Hillenbach

Druck: Hausdruckerei des Statistischen  
Bundesamtes, Zweigstelle Bonn

---

## Editorial

Im **BISp-Jahrbuch – Forschungsförderung 2010/11** wird, wie in den vergangenen Jahren, anhand von Kurzberichten über die abgeschlossenen Forschungs- und Betreuungsprojekte des Bundesinstituts für Sportwissenschaft informiert und gleichzeitig das breite Spektrum der sportwissenschaftlichen Forschungsförderung dargestellt. Auch in diesem Band wird auf die Unterscheidung zwischen Forschungs- und Betreuungsprojekten verzichtet,

Die Gliederung der wissenschaftlichen Kurzberichte in „Medizin und Naturwissenschaften“, „Sozial- und Verhaltenswissenschaften“ und „Sportanlagen und Sporttechnologie“ erfolgte stringent nach Aktenzeichen. Diese AZ sind jedem Kurzbericht beigefügt.

Insgesamt werden 50 abgeschlossene Forschungsprojekte vorgestellt - im Kapitel „Medizin und Naturwissenschaften“ sind es 35, im Bereich „Sozial- und Verhaltenswissenschaften“ 11 Projekte und auf dem Gebiet von „Sportanlagen und Sporttechnologie“ werden 4 Vorhaben dargestellt.

Ein wesentliches Anliegen des Bundesinstituts für Sportwissenschaft ist es, die Transparenz in der Forschungsförderung weiterzuentwickeln sowie die sportwissenschaftlichen Erkenntnisse bekannt zu machen und diese in die Spitzensportpraxis zu transferieren. Hierzu einen Beitrag zu leisten ist auch der Hauptzweck dieser Publikation.

Um diese sportwissenschaftlichen Informationen interessierten Kreisen noch aktueller zur Verfügung zu stellen, werden, nachdem nun die erforderliche Struktur dafür geschaffen wurde, künftig die eingesandten Forschungskurzberichte unmittelbar nach ihrem Eingang bearbeitet und sukzessiv auf der Homepage des BISp zeitnah veröffentlicht. Mit diesem Verfahren werden wir dem Anliegen von Sportwissenschaft und -praxis noch besser entsprechen.

An dieser Stelle bedanke ich mich sehr herzlich bei all denen, die uns bei dieser Arbeit geholfen und unterstützt haben.

Für Fragen und Anregungen stehen Ihnen wie immer alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Bundesinstituts für Sportwissenschaft gerne zur Verfügung.

Auf der Homepage des BISp [www.bisp.de](http://www.bisp.de) (Rubrik „Über uns“) finden Sie die Kontaktdaten. In der Rubrik „Publikationen“ finden Sie alle Veröffentlichungen.

Jürgen Fischer

Direktor des Bundesinstituts für Sportwissenschaft





## Inhalt

<b>Medizin und Naturwissenschaften .....</b>	<b>9</b>
Erfassung von Prädiktoren der individuellen Variabilität der Belastungsreaktion in Hypoxie bei Radausdauersportlern und Triathleten .....	11
<i>Andreas Michael Nieß (Projektleiter), Felix Schumann, Yvonne Krömker, Desiree Landrock &amp; Stefanie Thoma</i>	
Zelluläre Akutantwort auf Kraftbeanspruchung .....	17
<i>Sebastian Gehlert, Katrin Gutsche, Angelo Pricci, Thorsten Schiffer &amp; Wilhelm Bloch (Projektleiter)</i>	
Auswirkungen einer schnellen Gewichtsreduktion zum Start in niedrigerer Gewichtsklasse (Gewichtmachen) auf Flüssigkeits-, Elektrolyt- und Vitaminhaushalt bei Boxern .....	23
<i>Dejan Reljic, Kirsten Dickau, Eike Hässler, Joachim Jost &amp; Birgit Friedmann-Bette (Projektleiterin)</i>	
Longitudinale Plastizität des Muskels – Entwicklung von Trainingsmethoden auf der Grundlage exzentrischer Muskelkontraktionen .....	29
<i>Adamantios Arampatzis (Projektleiter), Ali Sharifnezhad &amp; Robert Marzilger</i>	
Einfluss verschiedener Gewichtsreduktionsregimes in Sportarten mit Gewichtsklassen auf Kenngrößen der sportlichen Leistungsfähigkeit .....	35
<i>Anja Carlsohn, Steffen Müller, Josefine Weber, Juliane Müller, Heiner Bauer &amp; Frank Mayer (Projektleiter)</i>	
Kardiale Funktion im Saisonverlauf bei hochtrainierten Ausdauerathleten .....	41
<i>Jürgen Scharhag (Projektleiter) &amp; Frank Mayer</i>	
Evaluation geschlechtsspezifischer Differenzen der Biomechanik des Laufens bei verschiedenen Geschwindigkeiten .....	45
<i>Dominic Gehring &amp; Albert Gollhofer (Projektleiter)</i>	
Einfluss einer in vitro Kreatin- und Guanidinoessigsäure-Behandlung auf verschiedene Genexpressionsmarker.....	51
<i>Martin Schönfelder</i>	
Lehren und Lernen ethischer und moralischer Kompetenzen zur Dopingprävention im Sport .....	59
<i>Marius Schlegel, Anja Berding, Anne-Marie Elbe &amp; Ralf Brand (Projektleiter)</i>	
Entwicklung einer sportart- und behinderungsspezifischen Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung im alpinen Skirennlauf der Behinderten auf der Basis von auftretenden Belastungen und Beanspruchungen im Feld.....	63
<i>Peter Spitzenpfeil (Projektleiter), Maren Goll &amp; Michael Wiedemann</i>	

Vortriebsleistung Sledge-Eishockey .....	69
<i>Uwe Tegtbur (Projektleiter), Senoussi Kaba &amp; Heinz Nowoisky</i>	
Der Einfluss der Kurbelfrequenz auf die Leistungsfähigkeit in der Sportart Handcycling .....	77
<i>Patrick Kromer, Kai Röcker, Anja Hirschmüller, Hans-Hermann Dickhuth &amp; Albert Gollhofer (Projektleiter)</i>	
Auswirkungen nicht zirkulärer Kettenblätter auf physiologische Parameter im Handcyclesport .....	85
<i>Sebastian Zeller &amp; Thomas Abel (Projektleiter)</i>	
Leistungsstrukturanalyse für die Sportart Short Track .....	91
<i>Sven Bruhn (Projektleiter) &amp; Sabine Felser</i>	
Optimierung der Trainingssteuerung im Spitzensport: Anwendung neuronaler Netze zur Modellierung von Trainingswirkungen und im Gesundheitsmonitoring .....	97
<i>Benjamin Haar (Projektleiter), Rolf Brack &amp; Wilfried W. Alt</i>	
Optimales Timing von Höhentrainingsmaßnahmen im Schwimmsport .....	103
<i>Nadine Wachsmuth, Christian Völzke, Jörg Hoffmann &amp; Walter Schmidt (Projektleiter)</i>	
Trainingsmitteluntersuchungen im Schwimmen zur disziplingerichteten Entwicklung der aeroben Kraftausdauer der oberen Extremitäten .....	109
<i>Maren Witt (Projektleiterin), Janina-Kristin Götz &amp; Ronny Kurth</i>	
Multivariate Zeitreihenmodellierung von Trainingswirkungen mit neuronalen Netzen.....	115
<i>Benjamin Haar (Projektleiter) &amp; Wilfried W. Alt</i>	
Integration eines neuen Stemmbretts in die biomechanische Diagnostik im Rennboot zur Leistungs- und Technikansteuerung im Hochleistungs- training (HLT) .....	119
<i>Klaus Mattes</i>	
Biomechanisch gestützte Empfehlungen zur Formierung von Bootsbesatzungen und Feedbacktraining im Rennboot (U 23 und Juniorennationalmannschaften 2010).....	125
<i>Klaus Mattes (Projektleiter) &amp; Nina Schaffert</i>	
Optimierung des Individualstarts auf dem neuen Startblock OSB11.....	131
<i>Sebastian Fischer, Armin Kibele (Projektleiter) &amp; Kristina Biel</i>	

---

Biomechanische Leistungsdiagnostik von leichtathletischen Wurf- und Stoßdisziplinen unter Einsatz eines Inertialmesssystems zum Trainingsmonitoring.....	137
<i>Nico Ganter, Kerstin Witte (Projektleiterin) &amp; Jürgen Edelmann-Nusser (Projektleiter)</i>	
Leistungssteigerung mit Hilfe eines biomechanischen Feedbacksystems im Radsport.....	141
<i>Lorenz Assländer, Florian Jesse, Carolin Lang &amp; Björn Stapelfeldt (Projektleiter),</i>	
Kurzfristige neuronale Anpassungen an Ganzkörpervibration und Evaluation der zugrundeliegenden neuronalen Mechanismen.....	149
<i>Albert Gollhofer (Projektleiter), Ramona Ritzmann &amp; Andreas Kramer</i>	
Evaluation des Talentsichtungskonzepts des Deutschen Handball-Bundes .....	155
<i>Jörg Schorer, Rebecca Rienhoff, Lennart Fischer &amp; Bernd Strauß (Projektleiter)</i> <i>in Kooperation mit Peter Sichelschmidt, Ute Lemmel, Christian Schwarzer, Franz Marschall, Andreas Wilhelm &amp; Dirk Büsch</i>	
Technikspezifisches Training zur Verbesserung der neuromuskulären Leistungsfähigkeit bei Anriss- und Platzwechselbewegungen im Judo .....	161
<i>Sebastian Möller, Julian Bergmann &amp; Markus Gruber (Projektleiter)</i>	
Entwicklung eines energetisch orientierten Anforderungsprofils im Eiskunstlaufen.....	165
<i>Mario Hermsdorf, Sabine Spiegel, Karin Knoll, Andreas Ehrig &amp; Ulrich Hartmann (Projektleiter)</i>	
Wettkampfanalyse im Beachvolleyball mittels Positionsdaten .....	171
<i>Daniel Link (Projektleiter), Thore Haag, Christina Rau &amp; Martin Lames</i>	
Entwicklung eines Messplatzes zur Technikdiagnostik im Volleyball .....	175
<i>Claas H. Kuhlmann (Projektleiter), Falk Zaumseil, Karen Roemer &amp; Thomas L. Milani</i>	
Informationstechnologische Unterstützung für eine optimierte Trainingssteuerung im Gruppentraining von Nachwuchsradsportlern .....	179
<i>Thomas Jaitner (Projektleiter), Thomas Bang &amp; Konstantin Gensow</i>	
Dynamische Analyse der Sitzposition im Radsport .....	183
<i>Andreas Bruch, Lorenz Assländer, Jennifer Schuster, Pablo Merk &amp; Björn Stapelfeldt (Projektleiter)</i>	

Untersuchungen zur weiteren Vervollkommnung der Anschlagetechniken liegend und stehend im Biathlonschießen .....	193
<i>Dirk Siebert (Projektleiter) &amp; Nico Espig</i>	
Objektivierung der Biathlonschießleistung und Weiterentwicklung des Schießmessplatzes .....	199
<i>Dirk Siebert (Projektleiter), Klaus Nitzsche &amp; Michael Koch</i>	
Trainingsbegleitende Diagnostik und Messplatztraining im Biathlon-Laufbereich .....	203
<i>Martina Clauß, Hartmut Herrmann (Projektleiter bis 30.03.2009) &amp; Maren Witt (Projektleiterin)</i>	
Durchführung eines Messplatztrainings zur Verbesserung der taktischen Kompetenzen der weiblichen U17–Jugendnationalmannschaft des Deutschen Handballbundes .....	207
<i>Hilke Zastrow, Markus Raab (Projektleiter) &amp; Nele Schlapkohl</i>	
<b>Sozial- und Verhaltenswissenschaften .....</b>	<b>211</b>
Spitzensport und Beruf .....	213
<i>Carmen Borggrefe &amp; Klaus Cachay (Projektleiter)</i>	
Sportentwicklungsbericht 2009/2010 (3. Welle) .....	219
<i>Christoph Breuer (Projektleiter), Pamela Wicker &amp; Martin Forst</i>	
Ehrenamtliches und freiwilliges Engagement im Sport .....	225
<i>Sebastian Braun</i>	
Entwicklung einer Talentdiagnostik zur Analyse und Bewertung taktischer Kompetenzen im Sportspiel .....	231
<i>Nele Schlapkohl, Markus Raab (Projektleiter), Klaus Gärtner &amp; Hilke Zastrow</i>	
Entwicklung und Effektüberprüfung eines achtsamkeitsbasierten sportpsychologischen Trainings zur Aufmerksamkeits- und Emotionsregulation .....	235
<i>Kathrin Heinz, Thomas Heidenreich &amp; Ralf Brand (Projektleiter)</i>	
Sportpsychologische Betreuung der Eisschnelllauf-Juniorenmannschaft der Deutschen Eisschnelllauf-Gemeinschaft (DESG) 2009 .....	239
<i>Jürgen Beckmann (Projektleiter) &amp; Rita Regös</i>	
Trainerteamentwicklung für den Deutschen Turner-Bund .....	243
<i>Jens Kleinert (Projektleiter) &amp; Nina Schubert</i>	

---

Sportpsychologische Betreuung der Ski-Alpin Herren Nationalmannschaft des Deutschen Skiverbandes (DSV) .....	249
<i>Kai Engbert (Projektleiter), Nils Bühring &amp; Jürgen Beckmann</i>	
Sportpsychologische Eingangsdagnostik und Betreuung des U17- Nationalkaders des Deutschen Judo-Bundes.....	253
<i>Anke Delow &amp; Ralf Brand (Projektleiter)</i>	
Sportpsychologische Betreuung des Paralympic Skiteams Alpin des Deutschen Behindertensportverbandes (DBS) .....	259
<i>Kai Engbert (Projektleiter), Tanja Werts &amp; Jürgen Beckmann</i>	
Sportpsychologische Betreuung von ausgewählten Bundeskadern Pistole .....	265
<i>Jürgen Beckmann (Projektleiter) &amp; Denise Beckmann</i>	
<b>Sportanlagen und Sporttechnologie .....</b>	<b>269</b>
Mobiler Messplatz Skilanglauf .....	271
<i>Martina Clauß, Hartmut Herrmann (Projektleiter bis 30.03.2009) &amp; Maren Witt (Projektleiterin)</i>	
Trainingsbegleitende Diagnostik und Messplatztraining im Biathlon-Laufbereich .....	277
<i>Martina Clauß, Hartmut Herrmann (Projektleiter bis 30.03.2009) &amp; Maren Witt (Projektleiterin)</i>	
Widerstandselement Trockenschwimmtrainer .....	281
<i>Peter Gust (Projektleiter) &amp; Frank Büsener</i>	
Erstellung einer Machbarkeitsstudie zur Nutzung von VR-Technologie im Spitzensport (Analyse und Trainingsmöglichkeiten) .....	287
<i>Nicole Bandow, Kerstin Witte (Projektleiterin) &amp; Jürgen Edelmann-Nusser (Projektleiter)</i>	



## **Medizin und Naturwissenschaften**





# Erfassung von Prädiktoren der individuellen Variabilität der Belastungsreaktion in Hypoxie bei Radausdauersportlern und Triathleten (AZ 070117/07)

Andreas Michael Nieß (Projektleiter), Felix Schumann, Yvonne Krömker,  
Desiree Landrock & Stefanie Thoma

Universitätsklinikum Tübingen, Medizinische Klinik, Abteilung Sportmedizin

## Problem

Das Ansprechen auf Höhenttraining stellt sich in den Ausdauersportarten individuell teils deutlich variabel dar (Chapman et al., 1998; Friedman et al., 2005). Neben einer individuellen Variabilität bei der Neubildung roter Blutzellen unter Höhenexposition (Chapman et al., 1998; Friedman et al., 2005) dürften auch individuelles Ausmaß und Muster der Belastungsreaktion auf die in der Höhe bzw. in Hypoxie gesetzten Trainingsreize eine Bedeutung besitzen, da diese nachfolgende Adaptationsmechanismen determinieren (Flück, 2003). Unsere früheren Arbeiten konnten zeigen, dass die Akutreaktion auf einen Belastungsreiz unter Höhenbedingungen eine höhere individuelle Variabilität aufweist als im Flachland (Niess et al., 2003). Für die individuelle Planung des Höhentrainings wäre es wünschenswert, Prädiktoren zur Hand zu haben, welche eine Aussage über die individuelle Belastungsreaktion in Hypoxie ermöglichen. Ziel des Projektes war es, den prädiktiven Wert leistungsdiagnostischer und physiologischer Charakteristika für die individuelle Belastungsreaktion in Hypoxie in einer Gruppe hochtrainierter Radsportler und Triathleten zu prüfen.

## Methode

In die Studie wurden 16 männliche Radsportler und Triathleten eingeschlossen (Tab. 1). An zwei den Hauptversuchen vorangehenden Untersuchungstagen wurden zunächst die potenziellen Prädiktoren bei den Athleten ermittelt (Abb. 1). Diese umfassten leistungsdiagnostische Variablen wie die Leistung und Herzfrequenz an der individuellen anaeroben Schwelle (IAS), die maximale Leistung, Herzfrequenz, Laktatkonzentration, Ventilation und Sauerstoffaufnahme im Rampentest, das Herzvolumen, die Hämoglobinmasse mittels CO-Rückatmung (Schmidt & Prommer, 2005) und die Vitalkapazität.

Tab. 1. *Anthropometrische und physiologische Charakteristika (Mittelwerte und Standardabweichung) der abschliessend ausgewerteten Probanden (N = 16)*

Alter (Jahre)	24,1 ± 3,4
Gewicht (kg)	74,6 ± 7,1
Größe (cm)	182,8 ± 6,8
Relative Hämoglobinmasse (ml · kg <sup>-1</sup> )	13,4 ± 1,0
Leistung an der individuell anaeroben Schwelle (IAS, Watt · kg <sup>-1</sup> )	3,41 ± 0,43
Maximale Sauerstoffaufnahme (ml · kg <sup>-1</sup> · min <sup>-1</sup> )	63,9 ± 5,7

Anschließend erfolgten zwei 90-minütige fahrradergometrische Dauerbelastungen in Normoxie und Hypoxie mit Ermittlung der kapillären Laktatkonzentrationen und der Herzfrequenz vor, während (30 und 60 min) und am Ende der Belastung (90 min) unter den jeweiligen Bedingungen. Die Belastungsintensität wurde für beide Bedingungen bei 80 % der zuvor in Normoxie bestimmten Leistung an der IAS festgelegt. Die Belastung in Hypoxie wurde in einer Kammer unter normobarer Hypoxie durchgeführt ( $F_{iO_2}$  15,3 %, entsprechend 2400 m über NN). In den folgenden Korrelationsanalysen wurde der Zusammenhang zwischen den potenziellen Prädiktoren und den im 90-minütigen Dauertest ermittelten Zielvariablen der Belastungsreaktion überprüft.

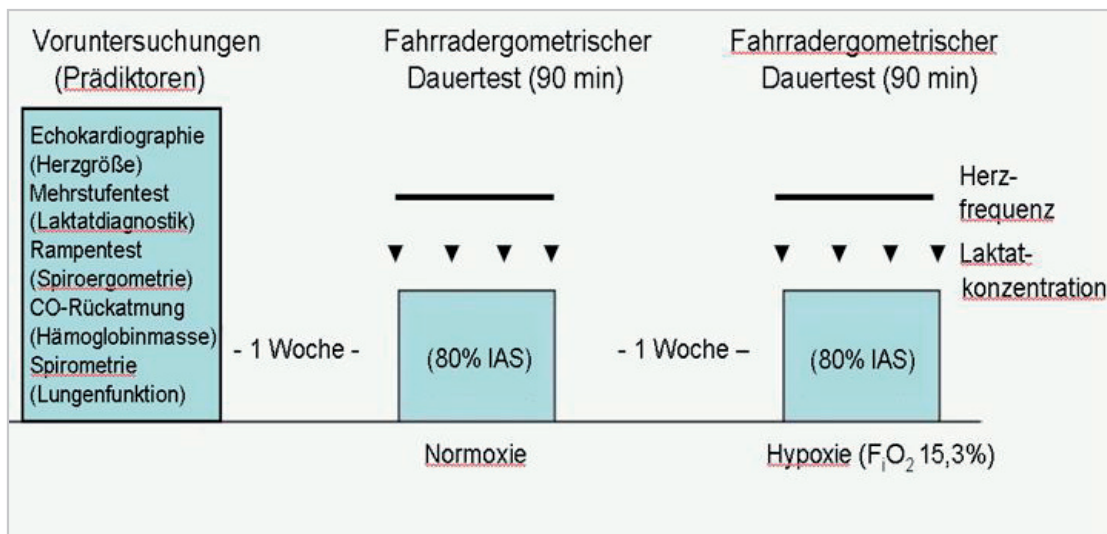


Abb. 1. Studiendesign mit Erfassung möglicher Prädiktoren in Voruntersuchungen und den beiden fahrradergometrischen Dauerbelastungen in Normoxie und Hypoxie.

## Ergebnisse

Wir fanden einen Zusammenhang zwischen der in den Voruntersuchungen bestimmten relativen Hämoglobinmasse und dem Laktatverhalten im 90-minütigen Dauertest unter Hypoxie (Abb. 2a-c und Tab. 2). Dieser Zusammenhang war bei der identischen Belastung unter Normoxie nicht nachweisbar. Der durch Hypoxie bedingte zusätzliche Laktatanstieg ( $\Delta$  Laktat H-N) war bei den Athleten mit einer höheren Hämoglobinmasse geringer ausgeprägt. Dieser individuelle Zusammenhang zwischen der Hämoglobinmasse und dem Laktatverhalten war auch bei einer im Rahmen der Eingangsuntersuchung durchgeführten 15-minütigen ergometrischen Dauerbelastung (75 % IAS) in Hypoxie reproduzierbar (Daten nicht gezeigt). Am Ende der 90-minütigen Dauerbelastung war dieser Zusammenhang weniger deutlich und nicht mehr signifikant. Kein Zusammenhang fand sich zwischen der relativen Hämoglobinmasse und dem Herzfrequenzverhalten im Dauertest (Tab. 2), welches in Prozent der Herzfrequenz an der IAS (relative Herzfrequenz) angegeben wurde.

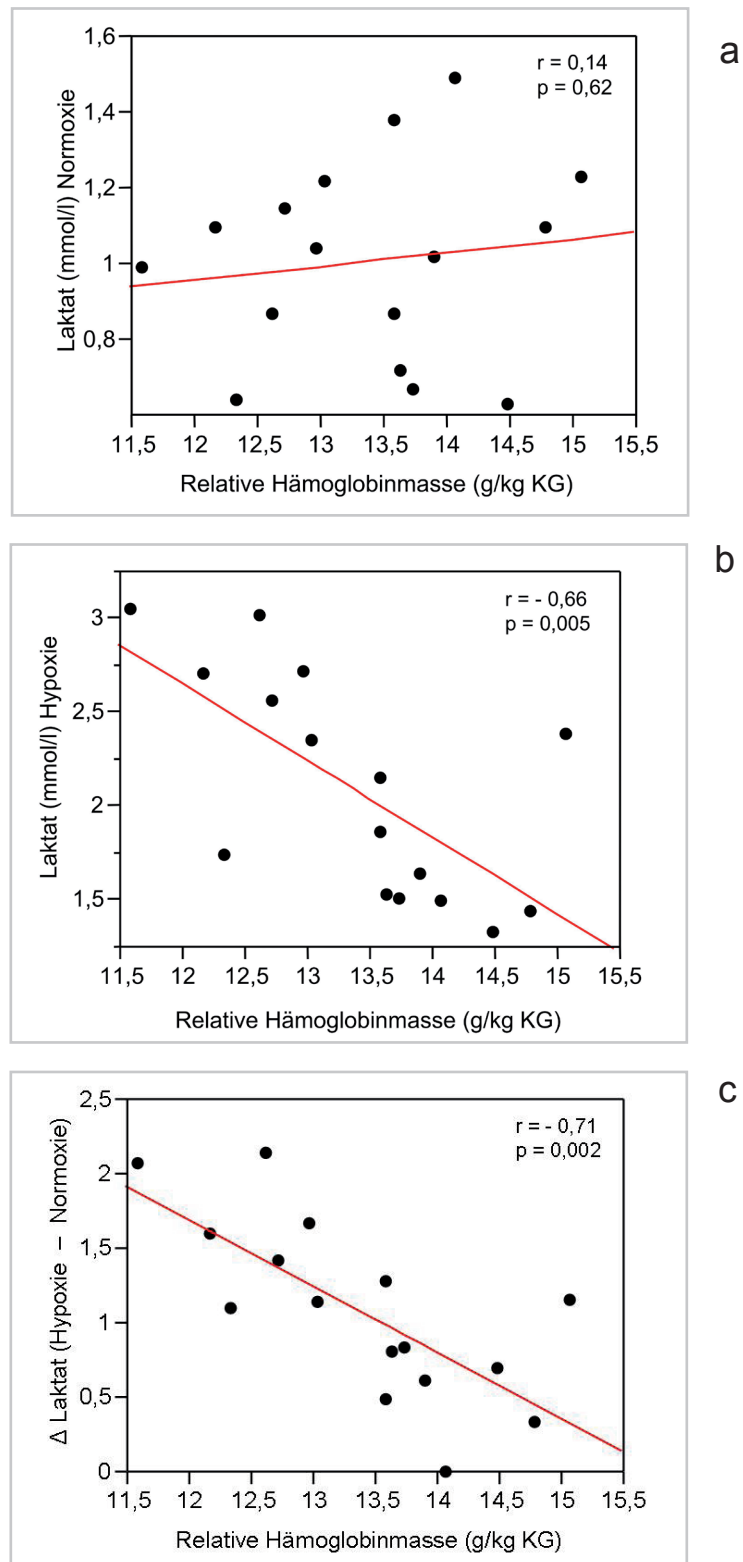


Abb. 2a-c. Zusammenhang zwischen der relativen Hämoglobinmasse und den Laktatwerten während der Dauerbelastung (Werte nach 30 min) in Normoxie und Hypoxie sowie der individuellen Differenz dieser Werte zwischen Normoxie und Hypoxie ( $\Delta$  Laktat).

Tab. 2. *Ergebnisse Korrelationsanalyse (Relative Hämoglobinmasse und Laktat-/Herzfrequenz-verhalten bei Dauerbelastung in Normoxie und Hypoxie)*

		R	P
Relative Hämoglobinmasse (g · kg KG <sup>-1</sup> )	Laktat (Normoxie) 90 min	- 0,03	0,92
	Laktat (Hypoxie) 90 min	- 0,45	0,08
	Δ Laktat (H – N) 90 min	- 0,48	0,06
	Relative HF (Normoxie) 30 min	0,36	0,18
	Relative HF (Hypoxie) 30 min	- 0,17	0,52
	Δ Relative HF (H-N) 30 min	- 0,47	0,07
	Relative HF (Normoxie) 90 min	- 0,30	0,25
	Relative HF (Hypoxie) 90 min	- 0,40	0,12
	Δ Relative HF (H-N) 90 min	- 0,26	0,33

Weiterhin konnte keine Beziehung zwischen den weiteren Eingangsvariablen (relatives Herzvolumen in ml · kg<sup>-1</sup>, relative Vitalkapazität in ml · kg<sup>-1</sup>, relative Leistung in Watt · kg<sup>-1</sup> und Herzfrequenz an der IAS, und den Maximalwerten für Leistung, Herzfrequenz, Laktatkonzentration, Ventilation in l · kg<sup>-1</sup> und Sauerstoffaufnahme in ml · kg · min<sup>-1</sup>) einerseits und der individuellen Belastungsreaktion (Laktat, Herzfrequenz) andererseits gefunden werden.

## Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Wir konnten als einen Prädiktor der individuellen metabolischen Belastungsreaktion in Hypoxie bei nicht höhenangepassten Ausdauersportlern die individuelle Hämoglobinmasse herausarbeiten. So prädisponierte eine geringere Hämoglobinmasse während einer Dauerbelastung in Hypoxie mit einer höheren Laktatkonzentration im Kapillarblut. Wir folgern aus unseren Ergebnissen, dass eine geringere Hämoglobinmasse bei Belastungen in Hypoxie infolge einer damit verbundenen niedrigeren Sauerstofftransportkapazität zu einer stärkeren Beanpruchung des glykolytischen Stoffwechsels führt. Inwieweit unterschiedliche Voraussetzungen im Hinblick auf die Hämoglobinmasse dadurch Art und Ausmaß der Trainingsanpassung während eines Höhentrainings beeinflussen, kann mit der vorliegenden Untersuchung nicht beantwortet werden. Darüber hinaus bleibt es unklar, ob die beschriebenen Zusammenhänge auch nach Anpassung an Hypoxie weiter bestehen bleiben. Gegenüber der Hämoglobinmasse zeigten die üblichen leistungsdiagnostischen und physiologischen Variablen keinen Zusammenhang zum Laktatverhalten bei Belastung in Hypoxie und scheinen keinen prädiktiven Wert hinsichtlich der individuellen Belastungsreaktion in Hypoxie zu besitzen.

## Literatur

- Chapman, R. F., Stray-Gundersen, J. & Levine, B. D. (1998). Individual variation in response to altitude training. *Journal of applied physiology*, 85 (4), 1448-1456.
- Flück, M. (2003). Molekulare Mechanismen der muskulären Anpassung. *Therapeutische Umschau*, 60 (7), 371-381.
- Friedmann, B., Frese, F., Menold, E., Kauper, F., Jost, J. & Bärtsch, P. (2005). Individual variation in the erythropoetic response to altitude training in elite junior swimmers. *British journal of sports medicine*, 39 (3), 148-153.
- Niess, A. M., Fehrenbach, E., Strobel, G., Roecker, K., Schneider, E. M., Buergler, J., Fuss, S., Lehmann, R., Northoff, H. & Dickhuth, H.-H. (2003). Evaluation of stress responses to interval training at low and moderate altitudes. *Medicine and science in sports and exercise*, 35 (2), 263-269.
- Schmidt, W. & Prommer, N. (2005). The optimized CO-rebreathing method: a new tool to determine total haemoglobin mass routinely. *European journal of applied physiology*, 95, 486-495.



---

## Zelluläre Akutantwort auf Kraftbeanspruchung

Analyse initialer Anpassungsprozesse der Muskelzelle durch  
Krafttraining verschiedener Intensitäten und Belastungsdauern  
(AZ 070103/09)

Sebastian Gehlert, Katrin Gutsche, Angelo Pricci, Thorsten Schiffer  
& Wilhelm Bloch (Projektleiter)

Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin,  
Abteilung für molekulare und zelluläre Sportmedizin

### Problematik

Die Aufrechterhaltung und Erhöhung von Muskelmasse ist im Leistungssport von fundamentaler Bedeutung. Ein effizientes Reizmuster durch Krafttraining ist in der Lage, eine substantielle Querschnittsvergrößerung von Muskelfasern zu bewirken und damit metabolische Kapazität sowie die Kraftentwicklung positiv zu beeinflussen. In der angewandten Trainingswissenschaft sind bislang jedoch wenig biologisch begründete Angaben zur Reizgestaltung im Krafttraining zu finden. Dies betrifft sowohl die Gestaltung einer akuten Trainingseinheit, als auch deren langfristig strukturierte Abfolge im Trainingsprozess. Für die Steuerung eines Krafttrainings werden daher immer noch Intensitätsvorgaben aus der klassischen Trainingslehre verwendet, die definierte Wiederholungszahlen mit dem Erreichen eines gewünschten Trainingszieles bspw. Hypertrophie gleichsetzen (Kraemer & Ratamess, 2004). Hierbei wird dem komplexen Vorgang der Muskelhypertrophie, der offensichtlich auch bei höheren und geringeren Lasten sowie verschiedener Kontraktionsform der Muskulatur zu Tage tritt, kaum Rechnung getragen. Einer solch verallgemeinerten Trainingssteuerung ist zwar nicht per se Erfolglosigkeit in der Auslösung gewünschter Trainingseffekte zuzusprechen, doch zeigen in der Trainingspraxis vielfach feststellbare Differenzen zwischen angestrebtem und erzieltem Trainingseffekt, dass ein deutlicher Mangel an Kenntnis bzgl. trainingsbedingter Ursache und definierter Anpassung im Skelettmuskel am Menschen besteht. Da die zelluläre Signaltransduktion im Muskel durch Kraftbeanspruchung mittlerweile umfassend beschrieben ist (Baar, 2006; Coffey & Hawley, 2007), bedarf die Diskrepanz zu einer inhaltlich unzureichend begründeten Trainingspraxis daher einer Verknüpfung zellulärer Adaptation mit praktisch verwertbaren Erkenntnissen zur Trainingsgestaltung. Da myozelluläre Anpassung immer mit einer gesteigerten Translations- bzw. Syntheseleistung für entsprechende Proteine einhergeht, ist für die Bewertung der Effizienz eines Trainingsreizes im Krafttraining zunächst die akute Antwort von in die Translationsinitiation involvierten Signalproteinen zu untersuchen (Blaauw et al., 2009). Die stresssensitiven zentralen Kinasen des MAP Kinase Signalweges ERK1/2 sowie auch AKT nehmen metabolische, mechanische (Martineau & Gardiner, 2001) und wachstumsfaktorabhängige Signale der Skelettmuskulatur auf, fungieren als direkte Einflussfaktoren auf die akut induzierte Gen Expression bzw. leiten Inputsignale



an definierte Signaltransduktionspfade weiter. Diesbezüglich kann AKT maßgeblich die Aktivierung der mTOR Signalkaskade einleiten, welche final auch zu einer Phosphorylierung des ribosomalen Proteins S6 (ABB 1 D.) und damit zur Initiierung der Muskelproteinsynthese führt (Camera et al., 2010; Rennie et al., 2004). ERK 1/2 kann daneben aber auch unter der Umgehung der mTOR Kaskade eine ergänzende Aktivierung von S6 vornehmen und damit Einfluss auf die trainingsinduzierte Proteinsynthese nehmen. Aufgrund mechanisch und metabolisch unterschiedlicher Belastung, ausgelöst durch definierte Kontraktionsmuster verschiedener Krafttrainingsprinzipien, ist auch von unterschiedlichen Mustern akuter Signaltransduktion nach Training auszugehen. Für die Bewertung des myozellulären Impacts einzelner Trainingsprinzipien erschien die Untersuchung initialer Muster der Signaltransduktion daher vielversprechend. Eine nach akuter Krafttrainingsbelastung durchgeführte Untersuchung der Muskelzelle über ein enges Zeitraster sollte Einblick in die belastungsspezifische Kinetik und Dynamik von Aktivierungsprozessen in der Signaltransduktion der Muskelzelle geben.

## Methodik

21 männliche, moderat krafttrainierte Probanden ( $24 \pm 3$  Jahre;  $181 \pm 7$  cm;  $79 \pm 9$  kg) wurden randomisierten Gruppen mit unterschiedlicher Krafttrainingsbelastung zugeordnet. Die akute Reizsetzung durch Krafttraining wurde auf einem isokinetischen Trainingsgerät (Isomed 2000, D&R Ferstl GmbH, Deutschland) umgesetzt. Die Bewegungsausführung wurde über eine einbeinige Beinstreckbewegung bei einem Bewegungsausmaß von 70 Grad definiert. Es wurden 3 verschiedene Krafttrainingsstimuli appliziert:

1. Gruppe SD (N = 7); Standardtraining; 3 Sätze mit 10 Wiederholungen; 75 % dynamisch konzent./exzent. Maximalkraft ; 3 min Satzpause ; 65 Grad pro Sekunde Kontraktionsgeschwindigkeit.
2. Gruppe HIT (N = 7); Hochintensives Training; 1 Satz mit 20 Wiederholungen; 100 % dynamisch konzent./exzent. Maximalkraft; 40 Grad pro Sekunde Kontraktionsgeschwindigkeit.
3. Gruppe EXZ (N = 7); Exzentrisches Training; 3 Sätze mit 8 Wiederholungen; 100 % dynamisch exzent. Maximalkraft ; 25 Grad pro Sekunde Kontraktionsgeschwindigkeit.

Die Maximalkraft wurde gesondert über das veranschlagte Bewegungsausmaß bestimmt. Die ermittelten Kraft-Winkel-Relationen dienten mittels visueller Rückkopplung zur Belastungssteuerung am Testtag. Ruhebiopsien zur Bestimmung der basalen Aktivität von Signalparametern wurden nach 48 stündiger Ruhephase, 1-2 Wochen vor der akuten Trainingsbelastung am m. vastus lateralis entnommen. Im unmittelbaren Zeitverlauf 15, 30, 60, 240 min sowie 24 h nach Training wurden weitere Biopsien vorgenommen. Die Analyse der Biopate erfolgte auf histologischer Ebene mittels Immunhistochemie sowie im Gesamtmuskel via Westernblotting. Die quantitative Analyse erfolgte durch densitometrische Verfahren.



## Ergebnisse

Ausgehend von einem initial ausgelösten Trainingsreiz werden je nach Kontraktionsform, muskulärer Ausbelastung und Höhe der mechanischen Spannung Inputsignale in die relevanten Signalpfade appliziert (Abb. 1 D). AKT als zentrale Upstreamkinase (Abb. 1 D Markierung) zeigte in unserer Untersuchung eine bis 2,5-fache Aufregulation innerhalb der ersten 60 min nach Krafttraining (Abb. 1 C). Die Dynamik der Phosphorylierung zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen, jedoch deutlich zeitliche Unterschiede in den Maxima der AKT Phosphorylierung. Während phosphoryliertes AKT bei STD und EXZ innerhalb 24 h auf den basalen Level abfiel konnte ein deutlich erhöhtes Niveau bei HIT bis zu 24 h nach einem einzelnen, hochintensiven Trainingssatz bemerkt werden (Abb. 1 C). Im sarkoplasmatischen Teil der Muskelfasern (Daten nicht gezeigt) konnte ebenfalls bei HIT im Vergleich zu STD und EXZ eine signifikante stärkere Aufregulation von phospho AKT beobachtet werden. EXZ zeigte nur eine geringfügige Steigerung der sarkoplasmatischen AKT Phosphorylierung, STD einen moderaten Anstieg bis zu 60 min nach Trainingsende. Insgesamt konnten keine signifikanten Unterschiede in der AKT Aktivierung zwischen Typ I und Typ II Fasern verzeichnet werden.

ERK 1/2 (Daten nicht gezeigt) zeigte im Westernblot keine signifikanten Unterschiede im Phosphorylierungsstatus zwischen den Gruppen, dennoch eine deutliche Aufregulation nach Trainingsbelastung. Wie auch bei AKT zeigten HIT und EXZ einen tendenziell stärkeren Respons bei der ERK 1/2 Phosphorylierung als STD bis zu 24 h nach Belastungsende. Der Verlauf der Phosphorylierung erschien darüber hinaus biphasisch moduliert zu sein mit einer akuten Aufregulation bis 15 min nach Training, einem darauf folgenden Abfall und erneuten Anstiegen ab 240 min nach Trainingsende. Auf histologischer Ebene konnte zu einzelnen Zeitpunkten eine signifikant höhere ERK 1/2 Phosphorylierung bei Typ I als bei Typ II Fasern festgestellt werden. Insgesamt konnten HIT und EXZ tendenziell stärkere ERK 1/2 Aktivierungen zeigen als STD. In der immunhistochemischen Färbung konnte für ERK 1/2, in schwächerem Ausmaß aber auch für AKT eine betonte Lokalisation in nukleären und perinukleären Regionen der Muskelfaser nachgewiesen werden. Die Phosphorylierung des ribosomalen Proteins S6 zeigte signifikante Anstiege von 30 bis 240 min nach Trainingsbelastung (Abb. 1 A und B). Es zeigten sich sowohl signifikante Unterschiede in der Dynamik der Aktivierung zwischen den Gruppen als auch den Fasertypen. Typ I Fasern zeigten bei STD signifikant stärkere S6 Phosphorylierungslevel bis 60 min nach Belastungsende als bei HIT und EXZ (Abb. 1 A). Demgegenüber zeigten Typ II Fasern (Abb. 1 B) bei HIT und EXZ signifikant stärkere Aktivierungen des rpS6 als bei STD. Insbesondere in der EXZ Gruppe zeigten sich von 15-240 min deutlich erhöhte Level von aktiviertem S6 als bei STD jedoch auch als HIT.

## Diskussion

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen eine deutliche Aufregulation von Signaltransduktionskinasen als Folge geringvolumiger und einmaliger Krafttrainingsreize. Ähnliche Ergebnisse wurden bislang als Folge höhervolumiger Belastungsreize dargestellt (Terzis et al., 2010), jedoch nicht im Vergleich verschiedener Krafttrainingsmethoden die sich in Intensität und Kontraktionsmuster unterscheiden. Hauptbefunde dieser Untersuchung sind:

1. Unterschiede bzgl. der Aktivierung von AKT und ERK zwischen Trainingsmethoden zeigen sich weniger in der Stärke der Aktivierung als im zeitlichen Verlauf nach Trainingsbelastung.
2. AKT und ERK zeigen keine Übereinstimmung in der Stärke der Aktivierung mit downstream lokalisierten Effektorproteinen wie des ribosomalen Proteins S6.
3. Es bestehen bei den applizierten Trainingsmustern teilweise unterschiedliche Aktivierungsmuster von Signalproteinen zwischen Typ I und Typ II Fasern.

Für die Trainingspraxis können hieraus wichtige Informationen abgeleitet werden. Es sollte berücksichtigt werden, dass – je nach Trainingsform – akute zelluläre Anpassungsprozesse über einen längerfristigen Zeitraum ablaufen können. Dies kann einerseits Hinweise auf einen fundamentalen verlaufenden Anpassungsprozess nach Training geben, andererseits auch induzierte Signale anderweitiger Trainingsformen über diesen Verlauf beeinflussen. Diesbezüglich muss im Verlauf weiterer Untersuchungen gezeigt werden, inwieweit sich dies positiv verstärkend oder potentiell hemmend auf die Anpassung von Folgeereignissen auswirkt. Die fehlende Übereinstimmung von Upstream und Downstream Signalproteinen könnte dadurch bedingt sein, dass es zu einer Konvergenz von mechanischen, metabolischen und wachstumsfaktorabhängigen Signalen verschiedener Einflussgrößen kommt, die auf die Aktivierung dieser Komponenten bzw. auch der Proteinsynthese Einfluss haben. Es wurde diesbezüglich gezeigt, dass mechanische Reize auch unter Umgehung von bekannten Signalkaskaden direkt die Proteinsynthese aufregulieren können (Klossner et al., 2009). Die Aktivierung von AKT und ERK kann jedoch auch eine verstärkte Genexpression sowie eine erhöhte mitochondriale Anpassung zur Folge haben. Dies zeigt, dass die akute Wirkung verschiedener Trainingsmethoden im Krafttraining unterschiedlich betonte Initialreaktionen in der Muskelzelle hervorrufen kann und damit langfristig auch strukturell verschiedene Anpassungen erzeugen könnte. Dies kann die Notwendigkeit trainingsmethodisch modulierter und periodisierter Trainingszeiträume begründen. Es ist anzunehmen, dass die unterschiedliche Aktivierung von Signalproteinen innerhalb der Fasertypen I und II direkt auf die Rekrutierung der unterschiedlichen Fasertypen während des Kontraktionsprozesses zurückzuführen ist. Es ist bekannt, dass maximal kräftige und exzentrische Kontraktionsmuster im Vergleich zu submaximalen Kontraktionen eine verstärkte Rekrutierung von schnellen Fasertypen bewirkt (Beltman et al., 2004). Somit besteht die Möglichkeit, über die Modulation von bestimmten Krafttrainingsmethoden die Involvierung eines Großteils der Muskelfasern in den Anpassungsprozess von Metabolismus und Hypertrophie mit einzubeziehen. Es muss jedoch im Verlaufe weiterer Untersuchungen gezeigt werden, wie sich die langfristige Gestaltung von

Trainingsprozessen unter Kopplung verschiedener Methodiken auch strukturell auf die myozelluläre Anpassung auswirkt. Die dargestellte Untersuchung zeigt eine zellulär wirksame Aufregulation der dargestellten Kinasen bei allen hier untersuchten Trainingsstimuli. Die nachgewiesene erhöhte Aktivierung der untersuchten Parameter weist einem hochintensiven oder exzentrischen Training mit hoher muskulärer Auslastung bedingt Vorteile gegenüber einem herkömmlichen Trainingsmuster (STD) zu.

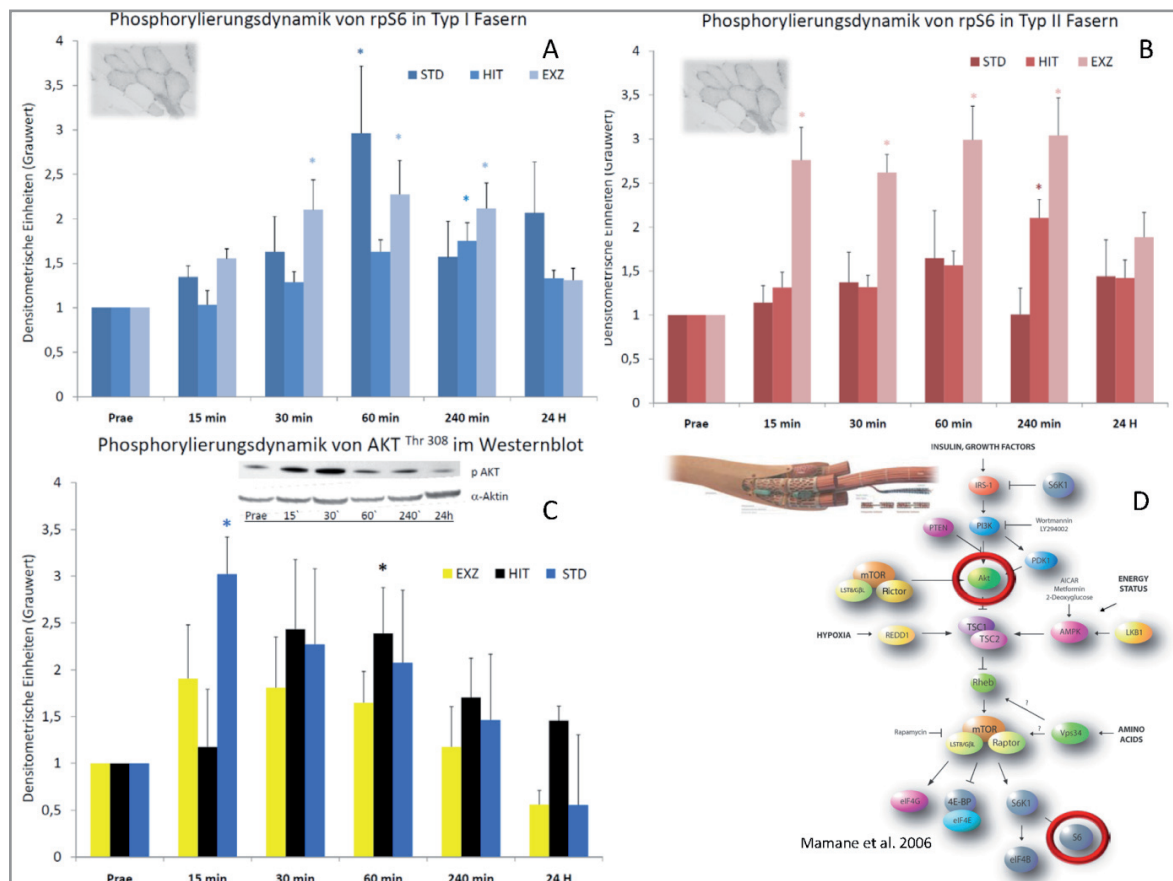


Abb. 1. (A) Dynamik und Zeitverlauf der Phosphorylierung von rpS6 in Typ I und (B) in Typ II Fasern innerhalb der Trainingsgruppen; (C) AKT<sup>Thr 308</sup> Phosphorylierung im Westernblot; (D) grafische Darstellung des AKT-mTOR-S6 Signalweges im Skelettmuskel (Abb. entnommen aus Mamane et al., 2006).

## Literatur

- Baar, K. (2006). Training for endurance and strength: lessons from cell signaling. *Medicine and science in sports and exercise*, 38 (11), 1939-1944.
- Beltman, J. G. M., de Haan, A., Haan, H., Gerrits, H. L., van Mechelen, W. & Sargeant, A. J. (2004). Metabolically assessed muscle fibre recruitment in brief isometric contractions at different intensities. *European journal of applied physiology*, 92 (4-5), 485-492.
- Blaauw, B., Canato, M., Agatea, L., Toniolo, L., Mammucari, C., Masiero, E., Abraham, R., Sandri, M., Schiaffino, S. & Reggiani, C. (2009). Inducible activation of Akt increases skeletal muscle mass and force without satellite cell activation. *The FASEB journal* (official publication of the Federation of American Societies for Experimental Biology), 23 (11), 3896-3905.
- Camera, D. M., Edge, J., Short, M. J., Hawley, J. A. & Coffey, V. G. (2010). Early Time Course of Akt Phosphorylation after Endurance and Resistance Exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 42 (10), 1843-1852.
- Coffey, V. G. & Hawley, J. A. (2007). The molecular bases of training adaptation. *Sports medicine*, 37 (9), 737-763.
- Klossner, S., Durieux, A. C., Freyssenet, D. & Flueck, M. (2009). Mechano-transduction to muscle protein synthesis is modulated by FAK. *European journal of applied physiology*, 106 (3), 389-398.
- Kraemer, W. J. & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Medicine and science in sports and exercise*, 36 (4), 674-688.
- Mamane, Y., Petroulakis, E., LeBacquer, O. & Sonenberg, N. (2006). mTOR, translation initiation and cancer. *Oncogene* 25 (48), 6416-6422.
- Martineau, L. C. & Gardiner, P. F. (2001). Insight into skeletal muscle mechanotransduction: MAPK activation is quantitatively related to tension. *Journal of applied physiology*, 91 (2), 693-702.
- Rennie, M. J., Wackerhage, H., Spangenburg, E. E. & Booth, F. W. (2004). Control of the size of the human muscle mass. *Annual review of physiology*, 66, 799-828.
- Terzis, G., Spengos, K., Mascher, H., Georgiadis, G., Manta, P. & Blomstrand, E. (2010). The degree of p70(S6k) and S6 phosphorylation in human skeletal muscle in response to resistance exercise depends on the training volume. *European journal of applied physiology*, 110 (4), 835-843.

---

## **Auswirkungen einer schnellen Gewichtsreduktion zum Start in niedrigerer Gewichtsklasse (Gewichtmachen) auf Flüssigkeits-, Elektrolyt- und Vitaminhaushalt bei Boxern** (AZ 070118/09)

Dejan Reljic<sup>1,2</sup>, Kirsten Dickau<sup>2</sup>, Eike Hässler<sup>1</sup>, Joachim Jost<sup>2</sup>  
& Birgit Friedmann-Bette<sup>1</sup> (Projektleiterin)

<sup>1</sup>Medizinische Universitätsklinik Heidelberg, Abteilung Innere Medizin VII:  
Sportmedizin

<sup>2</sup>Olympiastützpunkt Rhein-Neckar, Heidelberg

### **Problem**

Die Wettkämpfe im Boxen erfolgen, wie in Kampfsportarten (z. B. Judo und Ringen), in unterschiedlichen Gewichtsklassen. In der Annahme, die fettfreie Körpermasse, Körpergröße, Reichweite, etc. in einer niedrigeren Gewichtsklasse besser einsetzen zu können, starten Boxer häufig in einer Gewichtsklasse, die 5-10 % unter ihrem Normalgewicht liegt. Die Gewichtsreduktion ist international und national weit verbreitet, stellt somit eine Notwendigkeit zur Vermeidung von Nachteilen dar und kommt bereits im Nachwuchsbereich zum Einsatz. Um sich für die entsprechende Gewichtsklasse zu qualifizieren, reduzieren viele Boxer ihr Körpergewicht oft radikal innerhalb weniger (meist 5-7) Tage. Diese schnelle Gewichtsreduktion (Gewichtmachen) erfolgt üblicherweise über eine extreme Flüssigkeits- und Nahrungsrestriktion, kombiniert mit der Induktion großer Schweißverluste [z. B. Dauerläufe in Winter- und/oder Regenkleidung, wiederholte Saunagänge (Braumann & Urhausen, 2002; Oppliger et al., 1996)].

Ziel dieser Studie war es, die Auswirkungen des Gewichtmachens auf den Flüssigkeits-, Elektrolyt- und Vitaminhaushalt bei Boxern der deutschen Spitzenklasse unter authentischen Bedingungen zu untersuchen.

### **Methode**

Siebzehn Boxer des Landes- und Nationalkaders nahmen an der Untersuchung teil. Zehn Boxer ( $19.7 \pm 3.2$  Jahre;  $175.5 \pm 7.0$  cm;  $67.4 \pm 9.4$  kg;  $VO_2\text{max}$   $63.3 \pm 3.1$  ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>) reduzierten seit mindestens 1 Jahr regelmäßig ihr Gewicht um  $\geq 5$  % für Wettkämpfe (Gewichtsreduktionsgruppe, GRG). Sieben Boxer ( $18.4 \pm 2.2$  Jahre;  $174.6 \pm 7.4$  cm;  $64.8 \pm 8.9$  kg;  $VO_2\text{max}$   $59.9 \pm 4.4$  ml·min<sup>-1</sup>·kg<sup>-1</sup>), die ebenfalls regelmäßig Wettkämpfe bestritten, ihr Gewicht aber nicht reduzierten, bildeten die Kontrollgruppe (KG).

Während einer normalen Trainingsphase in der Vorbereitungsperiode (t-1), nach 5-6 Tagen des Gewichtmachens (t-2) und 7 Tage nach Ende des Gewichtmachens (t-3) wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Bestimmung des Gesamtkörperwassers (GKW), des Extra- (EZW) und Intrazellulärwassers (IZW) mittels Bioelektrischer Impedanzanalyse (BIA) (Sun et al., 2003);
- Bestimmung des Plasmavolumens (PV) mit Hilfe der optimierten CO-Rückatmungsmethode nach Schmidt und Prommer (2005);
- Venöse Blutentnahmen zur Messung der Serum-/Plasmaspiegel verschiedener Elektrolyte und Vitamine;
- Protokollierung der Nährstoffzufuhr mittels standardisierter Ernährungsprotokolle über 7 Tage während t-1, während des Gewichtmachens bis zum Wettkampf (t-2) sowie unmittelbar nach dem Kampf (t-3) und Auswertung mit dem Nährwertberechnungsprogramm DGE PC (Version 4.0).

Die statistische Auswertung erfolgte mittels einfaktorieller Varianzanalyse und Student's t-Test

## Ergebnisse

**Flüssigkeitshaushalt:** In der GRG nahm das Körpergewicht zwischen t-1 und t-2 signifikant ( $p < 0.001$ ) um  $5.6 \pm 1.7$  % ab. Gleichzeitig kam es zu einer signifikanten ( $p < 0.001$ ) Reduktion des GKW um  $6.0 \pm 0.9$  % von  $41.9 \pm 5.1$  auf  $39.4 \pm 4.7$  Liter (l), des EZW um  $12.4 \pm 7.6$  % von  $17.5 \pm 2.4$  auf  $15.5 \pm 2.6$  l und des PV um  $8.6 \pm 3.9$  % von  $4.2 \pm 0.7$  auf  $3.8 \pm 0.7$  l. Das IZW änderte sich nicht signifikant. An t-3 waren Körpergewicht sowie GKW, EZW und PV wieder signifikant angestiegen und erreichten nahezu den Ausgangswert. In der KG wurden keine signifikanten Änderungen dieser Parameter beobachtet.

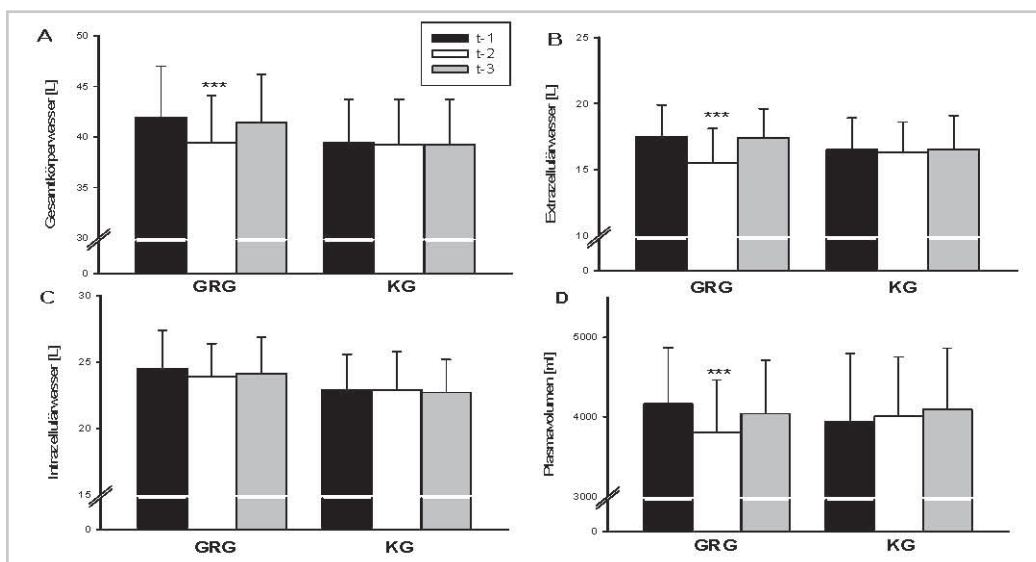


Abb. 1. Gesamtkörperwasser (A), Extra- (B) und Intrazellulärwasser (C) und Plasmavolumen (D) während einer normalen Trainingsphase (t-1), 2 Tage vor einem Wettkampf (nach 5 Tagen Gewichtmachen) (t-2) und 7 Tage nach dem Wettkampf (t-3) in der Gewichtsreduktionsgruppe (GRG) und der Kontrollgruppe (KG). \*\*\*:  $p < 0.001$  t-2 vs. t-1 und t-3.



**Energie-, Makronährstoff- und Wasserzufuhr:** Während des Gewichtmachens (t-2) war die Kalorienzufuhr mit  $18 \pm 7$  kcal/kg gegenüber t-1 ( $32 \pm 8$  kcal/kg) und t-3 ( $35 \pm 10$  kcal/kg) signifikant ( $p < 0.001$ ) reduziert. Gleichzeitig wurden eine signifikante Reduktion der Zufuhr von Kohlenhydraten (KH) mit  $2.2 \pm 0.8$  g/kg gegenüber  $3.8 \pm 1.1$  g/kg (t-1) und  $3.9 \pm 1.0$  g/kg (t-3), von Eiweiß mit  $0.8 \pm 0.4$  g/kg gegenüber  $1.5 \pm 0.4$  (t-1) und  $1.6 \pm 0.5$  g/kg (t-3) sowie von Fett mit  $0.6 \pm 0.3$  g/kg gegenüber  $1.3 \pm 0.3$  (t-1) und  $1.4 \pm 0.5$  g/kg (t-3) beobachtet. Die Wasserzufuhr war während des Gewichtmachens mit  $23 \pm 7$  ml/kg gegenüber  $34 \pm 10$  (t-1) und  $36 \pm 10$  ml/kg (t-3) signifikant ( $p < 0.001$ ) vermindert. In der Kontrollgruppe betrug die Energiezufuhr im Mittel  $32 \pm 7$  kcal/kg und änderte sich, wie die Zufuhr der Makronährstoffe ( $3.5 \pm 1.2$  g/kg KH,  $1.5 \pm 0.4$  g/kg Eiweiß,  $1.1 \pm 0.3$  g/kg Fett) und Wasser ( $31 \pm 12$  ml/kg), nicht signifikant.

**Elektrolyt- und Vitaminzufuhr:** Während des Gewichtmachens (t-2) wurden im Vergleich zu t-1 und t-3 signifikant weniger Elektrolyte und Vitamine zugeführt. In der Kontrollgruppe (KG) änderte sich die Zufuhr in den 3 Untersuchungsphasen nicht signifikant.

Tab. 1. *Elektrolyt- und Vitaminzufuhr während einer normalen Trainingsphase (t-1), 2 Tage vor einem Wettkampf (nach 5 Tagen Gewichtmachen) (t-2) und 7 Tage nach dem Wettkampf (t-3) in der Gewichtsreduktionsgruppe (GRG) und der Kontrollgruppe (KG)*

	GRG			KG		
	t-1	t-2	t-3	t-1	t-2	t-3
Natrium [mg/kg]	$36 \pm 9$	$20 \pm 8$ ***	$38 \pm 14$	$36 \pm 10$	$26 \pm 9$	$33 \pm 10$
Kalium [mg/kg]	$40 \pm 13$	$24 \pm 8$ ***	$45 \pm 15$	$44 \pm 9$	$35 \pm 10$	$41 \pm 13$
Calcium [mg/kg]	$15 \pm 5$	$9 \pm 4$ ***	$15 \pm 7$	$14 \pm 4$	$12 \pm 5$	$13 \pm 5$
Magnesium [mg/kg]	$6 \pm 2$	$4 \pm 1$ **	$6 \pm 2$	$6 \pm 1$	$5 \pm 1$	$5 \pm 2$
Eisen [ $\mu$ g/kg]	$166 \pm 43$	$102 \pm 33$ ***; +	$194 \pm 55$	$186 \pm 39$	$145 \pm 45$	$166 \pm 56$
Zink [ $\mu$ g/kg]	$173 \pm 50$	$105 \pm 45$ ***	$199 \pm 62$	$179 \pm 48$	$152 \pm 48$	$172 \pm 60$
Vit A [ $\mu$ g/kg]	$5.3 \pm 1.8$	$3.6 \pm 2.8$ **	$6.1 \pm 2.6$	$5.0 \pm 2.4$	$4.8 \pm 2.5$	$4.8 \pm 1.6$
Vit D [ng/kg]	$29 \pm 14$	$14 \pm 8$ **	$30 \pm 14$	$28 \pm 17$	$24 \pm 12$	$22 \pm 11$
Vit E [ $\mu$ g/kg]	$169 \pm 41$	$93 \pm 24$ ***	$157 \pm 53$	$167 \pm 61$	$140 \pm 63$	$141 \pm 72$
Vit B1 [ $\mu$ g/kg]	$20 \pm 7$	$11 \pm 5$ ***; +	$28 \pm 8$	$23 \pm 6$	$20 \pm 7$	$24 \pm 8$
Vit B6 [ $\mu$ g/kg]	$25 \pm 8$	$16 \pm 8$ ##; †††	$30 \pm 9$	$30 \pm 6$	$24 \pm 6$ *	$30 \pm 8$
Vit B12 [ng/kg]	$95 \pm 35$	$56 \pm 32$ ##; †††	$102 \pm 46$	$95 \pm 25$	$85 \pm 25$	$88 \pm 39$
Vit C [mg/kg]	$1.3 \pm 0.5$	$0.9 \pm 0.4$ ††	$1.8 \pm 1.3$	$1.6 \pm 0.6$	$1.1 \pm 0.5$	$1.4 \pm 0.5$
Folsäure [ $\mu$ g/kg]	$2.7 \pm 0.8$	$1.5 \pm 0.5$ ***	$3.1 \pm 1.2$	$2.7 \pm 0.9$	$2.3 \pm 1.0$	$2.5 \pm 1.1$

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ , \*\*\*:  $p < 0.001$ : t-2 vs. t-1 und t-3; ##:  $p < 0.01$ , ###:  $p < 0.001$ : t-2 vs. t-1; ††:  $p < 0.01$ , †††:  $p < 0.001$ : t-2 vs. t-3; +:  $p < 0.05$ : t-1 vs. t-3.

**Elektrolyt- und Vitaminkonzentrationen im Serum/Plasma:** Die übrigen Mineralstoff- und Vitaminkonzentrationen im Serum/Plasma blieben in beiden Gruppen während des Untersuchungszeitraums unverändert.

## Diskussion

Eine innerhalb von 5 Tagen erzielte Reduktion um ~6 % des in einer normalen Trainingsphase bestehenden Gewichts zum Start in einer niedrigeren Gewichtsklasse ist im Wesentlichen die Folge einer Dehydratation mit signifikanter Reduktion des Extrazellulärwassers um im Mittel 12 % (2 Liter) und des Plasmavolumens um im Mittel 9 % (ca. 400 ml). Der Verlust des Gesamtkörperwassers wird zum Teil durch eine drastische Reduktion der Wasserzufuhr bedingt. Beeinträchtigungen der Leistungsfähigkeit können bereits auftreten, wenn die Gewichtsabnahme durch Flüssigkeitsverluste mehr als 2 % des Körpergewichts betragen. Eine Objektivierung der Leistungsfähigkeit durch standardisierte Tests war in der vorliegenden, unter authentischen Bedingungen durchgeführten Untersuchung nicht möglich, da dies die Vorbereitung auf die Kämpfe zu sehr beeinträchtigt hätte.

Die Energie-, KH-, und Wasserzufuhr war generell in beiden Probandengruppen erstaunlich niedrig, mit im Mittel 32 kcal/kg, 3.5-3.9 g/kg (KH) und 31-36 ml/kg (Wasser) z. T. deutlich unter der in der Literatur empfohlenen Minimalzufuhr von 38 kcal/kg, 5 g/kg (KH) und 37 ml/kg (Wasser) (Macedonio & Dunford, 2009) und wurde während des Gewichtmachens signifikant reduziert. Die gleichzeitig verminderte Zufuhr von Mineralstoffen und Vitaminen führte zu keiner signifikanten Veränderung der Serum-/Plasmaspiegel.

Da das Gewichtmachen international praktiziert wird und deshalb kaum völlig vermieden werden kann, muss in jedem Fall eine ärztliche und ernährungswissenschaftliche Begleitung bzw. Kontrolle gefordert werden. Auch wenn sich keine unmittelbaren Veränderungen der Serum- und Plasmaspiegel ausgewählter Mineralstoffe und Vitamine zeigten, so kann der Einsatz von Nahrungsergänzungsmitteln zum Ausgleich mangelhaft zugeführter Mikronährstoffe in der Phase des Gewichtmachens sinnvoll sein, sollte aber individuell und unter sportmedizinischer und ernährungswissenschaftlicher Kontrolle erfolgen.



## Literatur

- Braumann, M. & Urhausen, A. (2002). Gewichtmachen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 53, 254-255.
- Macedonio, M. A. & Dunford M. (2009). *The Athlete`s Guide to making weight* (1. Aufl.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Oppliger, R. A., Case, H. S., Horswill, C. A., Landry, G. L. & Shelter, A. C. (1996). American College of Sports Medicine position stand. Weight loss in wrestlers. *Medicine and science in sports and exercise*, 28 (10), ix–xii.
- Schmidt, W. & Prommer, N. (2005). The optimised CO-rebreathing method: a new tool to determine total haemoglobin mass routinely. *European journal of applied physiology*, 95, 486-495.
- Sun, S. S., Chumlea W. C., Heymsfield S. B., Lukaski H. C., Schoeller D., Friedl K., Kuczmarski, R. J., Flegal K. M., Johnson C. L. & Hubbard V. S. (2003). Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *The American journal of clinical nutrition*, 77 (2), 331-340.



---

## **Longitudinale Plastizität des Muskels – Entwicklung von Trainingsmethoden auf der Grundlage exzentrischer Muskelkontraktionen**

(AZ 070124/09-10)

Adamantios Arampatzis (Projektleiter), Ali Sharifnezhad & Robert Marzilger

Humboldt-Universität zu Berlin  
Abteilung Trainings- und Bewegungswissenschaften

### **Problem**

Der Erwerb von Kenntnissen über Mechanismen, die die Adaptation des Muskels regeln, ist seit langem Bestandteil von zahlreichen Forschungsgruppen in der internationalen Literatur. Die meisten von diesen Projekten orientieren sich an der radialen Plastizität (Hypertrophie) des Muskels, so dass kaum Informationen über die longitudinale Muskeladaptation (Muskelfaserlänge) existieren. Eine trainingsinduzierte longitudinale Adaptation des Muskels kann die maximale Verkürzungsgeschwindigkeit und die maximale mechanische Leistung des Muskels erhöhen. Die longitudinale Adaptation des Muskels ist aus diesem Grund ein zusätzlicher Mechanismus, um die maximale mechanische Leistung des Muskels zu erhöhen ohne eine notwendige radiale Hypertrophie im Muskel. Allerdings kommen die wenigen existierenden Informationen fast ausschließlich aus Tierexperimenten, womit ihre sportartspezifische Übertragbarkeit auf Athletinnen bzw. Athleten limitiert ist.

In der Literatur ist allgemein akzeptiert, dass Muskeln drei Strategien verfolgen, um sich an eine veränderte Anforderung anzupassen (longitudinale Veränderung, radiale Veränderung und spezifische kontraktile Kapazität, Goldspink, 1985). Die longitudinale Veränderung des Muskels resultiert aus der Modulation der Anzahl der Sarkomere der Muskelfaser in Serie. Die radiale Veränderung resultiert aus der Modulation der Anzahl der parallel geschalteten Sarkomere des Muskels. Die spezifische kontraktile Kapazität des Muskels wird durch die spezifische Kraft (N/cm<sup>2</sup>) charakterisiert und erfolgt durch eine Modifikation der kontraktile Proteinen (z. B. myosin heavy chain). Eine trainingsinduzierte radiale Hypertrophie (Zunahme des physiologischen Querschnitts) des Muskels durch funktionelle Belastung wurde sowohl am Menschen (MacDougall et al., 1979; Sale et al., 1990) als auch im Tierexperiment (Timson et al., 1985; Watt et al., 1982) festgestellt und in einer Vielzahl von Studien untersucht. Im Gegenteil dazu wurde die Möglichkeit, die in Serie geschalteten Sarkomere eines Muskels durch geeignete Trainingsstimuli zu beeinflussen, kaum untersucht, obwohl deutliche Hinweise über die longitudinale Plastizität der Muskelfaser existieren (Lynn & Morgan, 1994).

Lynn und Morgan (1994) waren die ersten, die über eine erhöhte Anzahl von Sarkomeren in Serie im Muskel Vastus intermedius von Ratten als Folge von exzentrischer Belastung berichteten. Die zu Grunde liegenden Mechanismen für die Erhöhung der Anzahl von Sarkomeren in Serie eines Muskels durch exzentrische Kontrak-

tionen bleiben bis heute unklar. In der internationalen Literatur ist akzeptiert, dass exzentrische Kontraktionen insbesondere im absteigenden Teil der Kraft-Längen-Relation des Muskels, Schädigungen in den Sarkomeren hervorrufen (Asmussen, 1956; Armstrong, 1984; Lieber & Friden, 2002). Des Weiteren wird angenommen, dass diese strukturelle Schädigung des Muskels aufgrund der exzentrischen Kontraktionen zu einer Erhöhung der Anzahl der Sarkomere in Serie führt, damit der Muskel vor weiteren Verletzungen geschützt wird (Lynn & Morgan, 1994; Proske & Morgan, 2001). Die logische Konsequenz einer erhöhten Anzahl von Sarkomeren in Serie ist, dass die Sarkomere bei gleicher Amplitude der Muskeldehnung in einer kürzeren Länge arbeiten (geringere Dehnung der Sarkomere), so dass das Verletzungsrisiko aufgrund der Instabilität der Sarkomere reduziert wird. Aber fast alle Informationen über den Einfluss der exzentrischen Belastung und der zu Grunde liegenden Mechanismen der longitudinalen Adaptation des Muskels stammen aus Tierexperimenten, wodurch ihre Übertragbarkeit auf Menschen limitiert ist.

Das Ziel der Arbeit war, Kenntnisse über die Kette exzentrischer Trainingsreize und longitudinaler Anpassungserscheinungen im menschlichen Skelettmuskel in Abhängigkeit von der Reizmagnitude und Reizfrequenz zu gewinnen. Es wird die Hypothese aufgestellt, dass bei gleich bleibendem Reizvolumen, aber einer höheren Magnitude und Frequenz des exzentrischen Reizes ein höherer Einfluss auf die longitudinale Adaptation des Muskels erzeugt wird.

## Methoden

Es wurden vier Trainingsinterventionen mit exzentrischer Belastung durchgeführt, wobei gezielt die Magnitude des Reizes (Muskelkraft) und Reizfrequenz während einer Trainingsperiode von 10 Wochen modifiziert wurden. Darüber hinaus gab es eine Kontrollgruppe (kein spezifisches Training) mit 11 weiteren Personen (Alter:  $29 \pm 3$  J, Körper Masse:  $78.3 \pm 10.4$  kg, Körper Größe:  $177.8 \pm 7.2$  cm). Alle vier Interventionen wurden für die Knieextensoren (hauptsächlich auf die eingelenkigen Vastii) absolviert. In Rahmen dieses Berichtes werden die Ergebnisse von zwei Interventionen (Modifikation der Magnitude des Reizes) und der Kontrollgruppe dargestellt.

Von zehn Probanden (Alter:  $25 \pm 4$  J, Körper Masse:  $77.1 \pm 7.5$  kg, Körper Größe:  $183.5 \pm 7.3$  cm) wurden wiederholte isokinetische exzentrische Kontraktionen im Kniegelenk ( $90^\circ/s$ , 10 Wochen, 3-mal pro Woche, 5 Sätze pro Trainingstag) absolviert. Ein Bein wurde mit einer geringen Magnitude der Muskelkraft (65 % der maximalen willkürlichen Kontraktion (MVC)) und das andere Bein mit einer hohen Muskelkraftmagnitude (100 % der MVC) trainiert. Das Training wurde in beiden Trainingsinterventionen bei einer Winkelamplitude zwischen  $10^\circ$  und  $90^\circ$  (d. h. in der gesamten Beugung des Kniegelenkes) durchgeführt, damit die größte Muskelfaserdehnung des Vastus Lateralis erreicht wird. Die Muskelfaserdehnung des Vastus Lateralis war in beiden Interventionen gleich (Abb. 1). Das gesamte Trainingsvolumen (Integral des Kniegelenkmomentes über die Zeit) war auch in beiden Interventionen gleich. Deswegen realisierten bei der Intervention von 100 % der MVC die Probanden 6 Wiederholungen und bei der Intervention von 65 % 10 Wiederholungen.

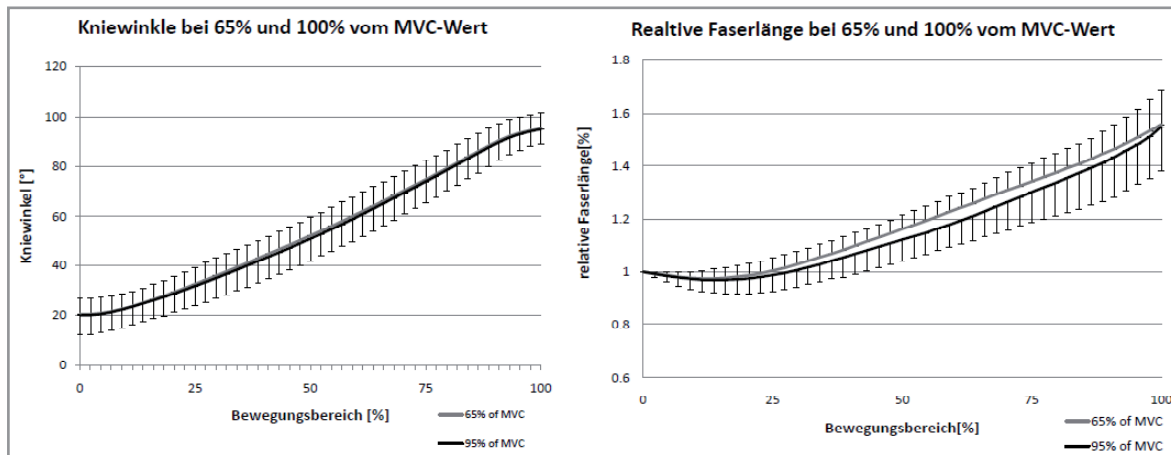


Abb. 1. Kniewinkelbereich (links) und relative Faserlängenänderung des Vastus Lateralis (rechts) während der exzentrischen Trainingskontraktionen bei 65% und 100% der MVC. Die x-Achse ist normalisiert auf einer Kniewinkelamplitude von 10° bis 90° (0° Knie gestreckt).

Die Faserlänge des M. Vastus Lateralis wurde vor und nach der 10-wöchigen Trainingsintervention mit einer linearen Ultraschallsonde (7.5 MHz, 10 cm Breite, ESA-OTE MyLab 60) gemessen. Die Auswertung der Ultraschallbilder im Hinblick auf die Muskelfaserlänge erfolgt mit Hilfe eines halbautomatischen Tracking-Algorithmus, der in MATLAB (Version R2009b, The Mathworks) implementiert wurde. Hierbei wurden zunächst die Aponeurosen manuell identifiziert und die Faserorientierung in einem sehr gut identifizierbaren Bild der Ultraschallsequenz festgelegt. Im zweiten Schritt wurde davon ausgehend die Veränderung der Faserorientierung von Bild zu Bild automatisch verfolgt. Hierzu wurde die proximale bzw. distale Verschiebung von Strukturen auf vielen diskreten Niveaulinien zwischen den Aponeurosen durch ein nicht-lineares Least-Squares-Fitting der Helligkeitsprofile bestimmt. Die Messung wurde beim inaktiven Muskel und bei einem Kniewinkel von 35° bis 85° (0° Knie gestreckt) realisiert (Abb. 2). Für die statistische Auswertung wurde der Mittelwert der Muskelfaserlänge in diesem Winkelbereich betrachtet.

Die mechanische Konsequenz einer Erhöhung der Anzahl von Sarkomeren in Serie, zum Beispiel im Muskel Quadrizeps femoris, ist eine Verschiebung der Moment-Winkelrelation in Richtung größeren Kniewinkel (mehr Beugung im Kniegelenk bei konstant gehaltenem Hüftwinkel). Für die Bestimmung der Moment-Winkelrelation wurden die maximal willkürlich erzeugten Kniegelenkmomente im Bereich von 25° bis 70° des Kniewinkels alle 5° gemessen. Die Probanden absolvieren jeweils eine maximal willkürliche (MVC) isometrische Knieextension an einem Dynamometer (Biodex System 3) mit einem Hüftwinkel von 90°. Durch die Kombination des Dynamometers und des Bewegungsanalysesystems (VICON) wurde das resultierende Gelenkmoment über die inverse Dynamik berechnet (Arampatzis et al., 2004).

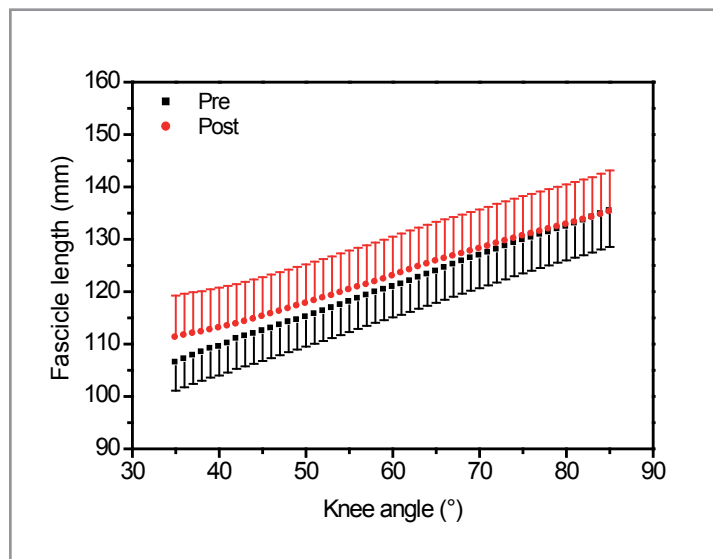


Abb. 2. Faserlänge des inaktiven M. Vastus Lateralis vor (Pre) und nach (Post) der exzentrischen Trainingsintervention bei 100 % der MVC in Abhängigkeit des Kniegelenkwinkels (N = 10).

## Ergebnisse

Nach dem 10-wöchigen Training wurden nur in beiden Trainingsinterventionen (Tab. 1) die maximalen resultierenden Kniegelenkmomente signifikant ( $p > 0.05$ ) größer. Im Mittelwert war die Zunahme des maximalen Kniegelenkmomentes beim Training von 65 % der MVC ca. 14 % und beim Training von 100 % der MVC ca. 20 %. Die Zunahme war signifikant höher ( $p > 0.05$ ) im Vergleich zu der Kontrollgruppe sowohl beim 65 % als auch beim 100 % MVC-Training, zeigte aber keine Unterschiede ( $p > 0.05$ ) zwischen den zwei Interventionen.

Tab. 1. *Mittelwert und Standardabweichung der Faserlänge des M. Vastus Lateralis (Faserlänge), des maximalen Kniegelenkmomentes (Knie  $M_{max}$ ) und Kniewinkel beim Knie  $M_{max}$  (Knie  $\theta_{Mmax}$ ) vor (Pre) und nach (Post) der Intervention*

	Intervention 1 (N = 10) (65 % MVC)		Intervention 2 (N = 10) (100 % MVC)		Kontrollgruppe (N = 11)	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Faserlänge (mm)	124.6 ± 20.1	124.6 ± 21.4	117.9 ± 14.6	117.0 ± 13.7	134.0 ± 28.3	133.5 ± 22.9
Knie $M_{max}$ (N)	308.9 ± 50.6	350.7 ± 51.8 *	295.0 ± 46.5	355.2 ± 60.7 *	336.3 ± 40.6	335.5 ± 43.6
Knie $\theta_{Mmax}$ (°)	50.0 ± 5.8	45.5 ± 4.9	49.0 ± 6.6	46.0 ± 5.1	50.0 ± 5.4	49.1 ± 4.9

Der Kniewinkel, in dem das maximale resultierende Kniegelenkmoment erreicht wurde, zeigte eine Tendenz zum kleineren Winkel nach dem Training in beiden Interventionen (Tab. 1), was auf eine Verschiebung der Moment-Winkelrelation in Richtung kleineren Kniewinkel (weniger Beugung im Kniegelenk) hindeutet. Aber diese Verschiebung war nicht signifikant unterschiedlich ( $p > 0.05$ ) im Vergleich zur Kontrollgruppe. Darüber hinaus zeigte die Faserlänge des M. Vastus Lateralis bei keiner der untersuchten Gruppen (Tab. 1) signifikante Unterschiede ( $p > 0.05$ ) vor und nach der 10-wöchigen Periode.

## Diskussion

Nach der 10-wöchigen Trainingsintervention mit exzentrischen Kontraktionen auf die Muskeln der Knie-Extensoren bei 65 % und bei 100 % der MVC und mit einer Winkelgeschwindigkeit von  $90^\circ/s$  waren wir nicht in der Lage, eine Zunahme der Faserlänge des M. Vastus Lateralis und eine Verschiebung der Moment-Winkelrelation in Richtung größeren Kniewinkel zu messen. Das bedeutet, dass durch die zwei angewandten Interventionen eine longitudinale Adaptation auszuschließen ist.

Die maximale Muskelkraft der Knie-Extensoren wurde verbessert (15-20 %) und diese Änderung war signifikant unterschiedlich im Vergleich zur Kontrollgruppe. Dieses Ergebnis zeigt, dass die Effektivität des Trainings gegeben ist und dass morphologische Anpassungserscheinungen stattgefunden haben. Darüber hinaus konnten wir durch unsere Trainingsprotokolle den M. Vastus Lateralis exzentrisch belasten. Die Dehnung des Muskels bei beiden Interventionen war ca. 60 % (Abb. 1) und ein Teil der Dehnung passierte im absteigenden Teil der Kraft-Längen-Relation des Muskels. Deswegen ist es schwierig zu erklären, warum durch die angewandten exzentrischen Trainingsreize keine longitudinalen Anpassungserscheinungen aufgetreten sind.

In Abbildung 1 sieht man, dass in den ersten 25 % der Bewegungsamplitude, trotz einer Beugung im Kniegelenk die Muskelfasern des Vastus Lateralis sich verkürzen (d. h. sie kontrahieren konzentrisch). Das ist ein Resultat der Sehnen-Elastizität. Aufgrund der Dehnbarkeit der Sehne, obwohl sich die Muskelsehnen-Einheit des Vastus Lateralis dehnt, kontrahieren die Muskelfaser in diesen ersten 25 % der Bewegungsamplitude konzentrisch. Diese anfänglich konzentrische Kontraktion könnte eventuell ein Grund für die nicht gefundene longitudinale Adaptation sein. Eine Steigerung der Dehnungsfrequenz (d. h. höhere Winkelgeschwindigkeit beim Training) könnte diese Phase minimieren und so ein geeigneter Trainingsreiz für die longitudinale Anpassung sein.



## Literatur

- Arampatzis, A., Karamanidis, K., De Monte, G., Stafilidis, S., Morey-Klapsing, G. & Brüggemann, G.-P. (2004). Differences between measured and resultant joint moments during voluntary and artificially elicited isometric knee extension contractions. *Clinical biomechanics*, 19 (3), 277-283.
- Armstrong, R. B. (1984). Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Medicine and science in sports and exercise*, 16 (6), 529-538.
- Asmussen, E. (1956). Observations on experimental muscular soreness. *Acta rheumatologica Scandinavia*, 2 (2), 109-1016.
- Goldspink, G. (1985). Malleability of the motor system: a comparative approach. *Journal of experimental biology*, 115, 375-391.
- Lieber, R. L. & Fridén, J. (2002). Mechanisms of muscle injury gleaned from animal models. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 81 (11), S. 70-79.
- Lynn, R. & Morgan, D. L. (1994). Decline running produces more sarcomeres in rat vastus intermedius muscle fibers than does incline running. *Journal of applied physiology*, 77 (3), 1439-1444.
- MacDougall, J. D., Sale, D. G., Moroz, J. R., Elder, G. C., Sutton, J. R. & Howald, H. (1979). Mitochondrial volume density in human skeletal muscle following heavy resistance training. *Medicine and science in sports*, 11 (2), 164-166.
- Proske, U. & Morgan, D. L. (2001). Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *Journal of physiology*, 537 (Pt 2), 333-345.
- Sale, D. G., MacDougall, J. D., Jacobs, I. & Garner, S. (1990). Interaction between concurrent strength and endurance training. *Journal of applied physiology*, 68 (1), 260-270.
- Timson, B. F., Bowlin, B. K., Dudenhoeffer, G. A. & George, J. B. (1985). Fiber number, area and composition of mouse soleus muscle following enlargement. *Journal of applied physiology*, 58 (2), 619-624.
- Watt, P. W., Kelly, F. J., Goldspink, D. F. & Goldspink, G. (1982). Exercise-induced morphological and biochemical changes in skeletal muscles of the rat. *Journal of applied physiology*, 53, 1144-1151.



---

# **Einfluss verschiedener Gewichtsreduktionsregimes in Sportarten mit Gewichtsklassen auf Kenngrößen der sportlichen Leistungsfähigkeit**

Analyse von habituellem versus evidenzbasiertem  
Gewichtsmanagement zum Erreichen des Wettkampfgewichts  
(AZ 070109/10)

Anja Carlsohn, Steffen Müller, Josefine Weber, Juliane Müller,  
Heiner Bauer & Frank Mayer (Projektleiter)

Universität Potsdam, Hochschulambulanz,  
Zentrum für Sportmedizin, Freizeit-, Gesundheits- und Leistungssport

## **Problem und Fragestellung**

In Sportarten mit Gewichtsklassen weisen Athletinnen bzw. Athleten häufig ein deutlich niedrigeres Wettkampfgewicht auf als ihr Körpergewicht im Training (Fogelholm, 1993). Studien zeigen, dass das Wettkampfgewicht oftmals durch Anwendung potenziell gesundheitsgefährdender Maßnahmen erreicht wird. Hierbei erfolgt die Gewichtsreduktion vorrangig in der Vorwettkampfwache durch Restriktion von Nahrungs- und Flüssigkeitszufuhr, Erhöhung des Trainingsumfangs sowie Dehydratation induzierende Maßnahmen (Steen & Brownell, 1990; Alderman, 2004). Neben gesundheitlichen Risiken des akuten „Gewichtmachens“ sind nachteilige Effekte auf die sportliche Leistungsfähigkeit belegt (Oppliger, 1996). Die Leistungseinbußen infolge einer raschen Gewichtsreduktion werden auf eine Dehydratation und/oder auf eine muskuläre Glykogenepletion zurückgeführt (Koral & Dosseville, 2009). Jedoch scheinen durch ein forciertes, individualisiertes Rehydratations- und Glykogenrepletionsregime in der Zeit zwischen offiziellem Wiegen und Wettkampf nachteilige Effekte auf die sportliche Leistung abgeschwächt werden zu können (Slater, 2006).

Ungeklärt ist bisher, ob Gewichtsklassensportlerinnen bzw. -sportler ihr Wettkampfgewicht auch ohne Dehydratation und mit definiert hoher Kohlenhydrat-Zufuhr, die eine Erhaltung der Glykogenreserven gewährleistet, erreichen können. Unklar ist auch, ob eine derartige, moderate Gewichtsreduktion die sportliche Leistungsfähigkeit ähnlich beeinflusst wie das bisher gewohnte „Gewichtmachen“. Ziel der Studie war es demnach zu prüfen, ob

- (1) Athletinnen bzw. Athleten aus Gewichtsklassensportarten ihr Wettkampfgewicht mit einer 3-wöchigen, standardisierten Ernährungsintervention mit moderat hoher Kohlenhydratzufuhr und uneingeschränkter Flüssigkeitsaufnahme erreichen,
- (2) sich Parameter der sportlichen Leistungsfähigkeit (Kraftleistungsfähigkeit von Rumpf und unterer Extremität, Sprungkraft) nach einer standardisierten Gewichtsreduktion mit moderat hoher Kohlenhydratzufuhr und uneinge

schränkter Flüssigkeitsaufnahme von denen nach einem gewohnten „Gewicht machen“ unterscheiden.

## Methoden

Sechs Boxer und Judoka (4 männlich/2 weiblich;  $22 \pm 2$  Jahre;  $176 \pm 7$  cm,  $75 \pm 8$  kg Trainingsgewicht) absolvierten in randomisierter Reihenfolge jeweils zwei 3-wöchige Gewichtsreduktionen (GWR) zu einem definierten Zeitpunkt (simulierter Wiegetermin). Die GWR erfolgte entweder anhand des gewohnten, selbst gewählten Gewichtsmanagements ( $GWR_{\text{Gew}}$ , häufig verbunden mit Flüssigkeits- und Kohlenhydratrestriktion) oder anhand eines standardisierten Ernährungsplans mit  $\geq 5$  g KH/kg/d und uneingeschränkter Wasserzufuhr ( $GWR_{\text{EP}}$ ). Zur Entwicklung des standardisierten, individualisierten Ernährungsplans wurde der Energiebedarf anhand des Ruheumsatzes nach Cunningham (Cunningham, 1980) und einer Trainingsanamnese zur Abschätzung des Aktivitätslevels (physical activity factor, PAL) bestimmt. Die notwendige Energierestriktion wurde basierend auf folgender Annahme berechnet: die Oxidation von einem Kilogramm Fettgewebe entspricht einem kalorischen Äquivalent von 32 MJ (ca. 7800 kcal). Für jede Testperson wurde eine individuell energiereduzierte, vitamin- und mineralstoffreiche Kost mit einer Kohlenhydratzufuhr von mind. 5 g/kg/d und Flüssigkeitszufuhr *ad libitum* erstellt (Rodriguez, 2009). Ein Kohlenhydratzufuhr von  $\geq 5$  g KH/kg/d ist notwendig, um bei moderater Trainingsbelastung eine muskuläre Glykogenverarmung zu vermeiden (Burke, 2001). Ein Nachweis von Ketonkörpern im Urin diente als Indikator einer ausgeprägten Glykogendepletion (Combiscreen® 10 SL Plus, Analyticon Biotechnologies AG, Lichtenfels, Deutschland).

Vor und nach den GWR wurden anthropometrische Kenngrößen (Körpergewicht, Körperfettanteil mittels Calipermetrie, fettfreie Masse sowie der Hydratationsstatus (spezifische Urindichte,  $U_{\text{SD}}$ ; Combiscreen® 10 SL Plus, Analyticon Biotechnologies AG, Lichtenfels, Deutschland) erfasst (Bartok, 2004). Als Parameter der Kraftleistungsfähigkeit wurden die isokinetische Maximalkraft der Rumpfflexoren und Rumpfflexoren (konzentrisch/exzentrisch;  $30^\circ/\text{s}$ , Con-Trex TP, CMV AG Dübendorf, Schweiz) und der unteren Extremität (Extension; alternierend; konz./exz.;  $0,5$  m/s; Con-Trex LP, CMV AG Dübendorf, Schweiz) vor und am Ende der Gewichtsreduktionen gemessen. Die Berechnung der Maximalkraft erfolgte jeweils als Mittelwert aus den drei höchsten Kraftwerten von 5 Wiederholungen. Zudem wurden der maximale Kraftstoß ( $F_{\text{max}}$ ), die Dauer der Flugphase ( $F_{\text{D}}$ ) sowie die Bodenreaktionszeit ( $K_{\text{t}}$ ) als Indikatoren der Sprungkraft im Counter Movement Jump (CMJ) und Drop Jump (DJ) auf einer Kraftmessplatte (AMTI-Kraftmessplatte OR6-6, AMTI Force and Motion, Watertown, USA) vor und nach jeder GWR erfasst (deskriptive Datenanalyse,  $MW \pm SD$ ). Alle Testmessungen (Kraftleistungsfähigkeit von Rumpf und unterer Extremität, Sprünge) wurden angelehnt an die internationale Wettkampfpaxis in einem definierten Zeitraum nach dem simulierten Wiegetermin durchgeführt, um praxisrelevante Effekte einer in diesem Zeitraum erfolgenden (partiellen) Rehydratation und Glykogenresynthese zu berücksichtigen (Fogelholm, 1993; Walberg Rankin, 2006).

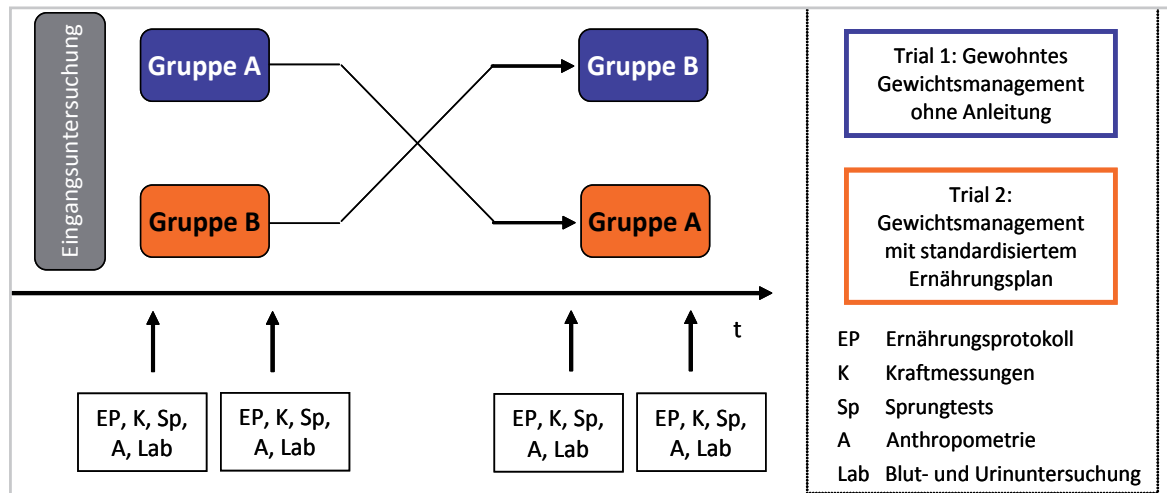
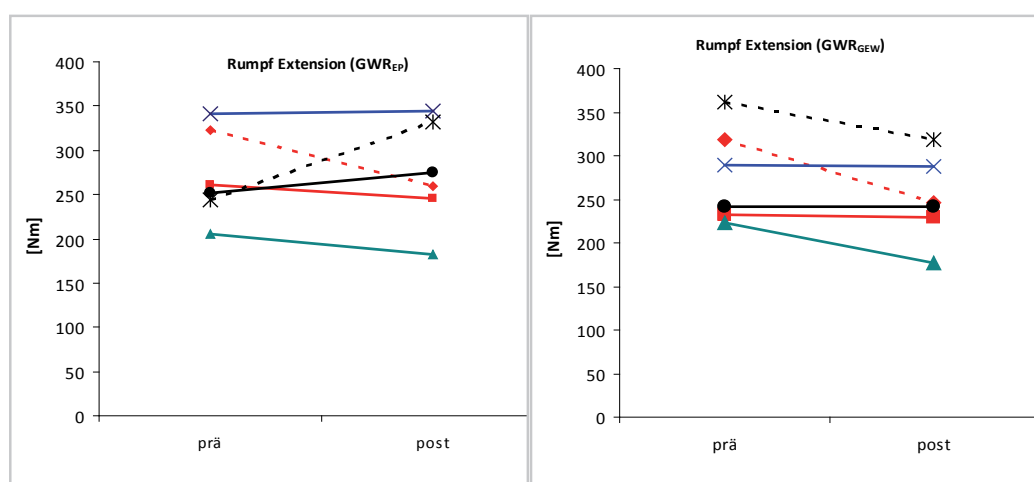


Abb. 1. Study-flow Chart der Untersuchung

## Ergebnisse

Die Reduktion von Körpergewicht ( $GWR_{Gew}$ :  $2,9 \pm 1,4$  kg bzw.  $3,8 \pm 1,7$  % der Körpermasse;  $GWR_{EP}$ :  $3,0 \pm 2,4$  kg bzw.  $3,8 \pm 2,7$  % der Körpermasse,  $p = 0,316$ ) und fettfreier Körpermasse ( $GWR_{Gew}$ :  $1,6 \pm 1,4$  kg;  $GWR_{EP}$ :  $1,1 \pm 1,7$  kg,  $p = 0,763$ ) unterschied sich nicht zwischen den beiden Gewichtsreduktions-Methoden. In beiden Gewichtsreduktionstrials erreichte jeweils ein Sportler/eine Sportlerin das Wettkampfgewicht nicht ( $GWR_{EP}$ :  $+0,6$  kg;  $GWR_{EP}$ :  $+0,1$  kg). Am Ende von  $GWR_{Gew}$  wiesen alle sechs Testpersonen eine  $U_{SD} \geq 1,020$  [a. u.] und somit eine Dehydratation auf, nach  $GWR_{EP}$  betraf dies zwei von sechs Personen. Ketonkörper im Urin ließen sich bei einem Sportler am Ende der gewohnten Gewichtsreduktion nachweisen.

Die Veränderung der Kraftleistungsfähigkeit einer Gewichtsreduktion *per se* sowie der jeweils angewandten Reduktionsmethode unterschied sich inter-individuell (Abb. 2).

Abb. 2. Veränderungen der Maximalkraft in der Rumpfextension während  $GWR_{Gew}$  und  $GWR_{EP}$

Im Mittel zeigten beide Gewichtsreduktions-Methoden im prä-/post-Vergleich nur geringe Auswirkungen auf die Sprungkraft (in  $GWR_{Gew}$ :  $-2,0 \pm 14$  %; in  $GWR_{EP}$ :  $2,0 \pm 17$  %, Tab. 1). Bei  $GWR_{EP}$  veränderten sich zwei ( $F_{max}$  des CMJ und  $F_D$  des DJ) von vier Parametern negativ, zwei Parameter ( $F_{max}$  und  $K_t$  beim DJ) positiv. Nach der gewohnten Gewichtsreduktion ohne Ernährungsanleitung veränderten sich alle Messparameter der Sprungkraft um 1 bis 3 % negativ. Die mittlere Veränderung der Kraftleistungsfähigkeit von Rumpf und unterer Extremität im prä/post-Vergleich war in beiden Gewichtsreduktionstrials gering ( $GWR_{Gew}$ :  $-3,2 \pm 23$  %;  $GWR_{EP}$ :  $0,3 \pm 25$  %, Tab. 1).

Tab. 1. *Kraftleistungsfähigkeit von Rumpf, unterer Extremität und Sprungkraft im prä-/post-Vergleich beider Gewichtsreduktions-Methoden*

Messgrößen	Prä $GWR_{Gew}$	Post $GWR_{Gew}$	Prä-Post $GWR_{Gew}$ [%]	Prä $GWR_{EP}$	Post $GWR_{EP}$	Prä-Post $GWR_{EP}$ [%]
Rumpf konz./Extension [Nm]	278 ± 55	250 ± 49	-10 ± 18	271 ± 51	273 ± 60	1 ± 22
Rumpf konz./Flexion [Nm]	169 ± 36	158 ± 32	-7 ± 19	177 ± 24	167 ± 36	-6 ± 20
Rumpf exz./Extension [Nm]	292 ± 50	292 ± 64	0 ± 22	290 ± 57	312 ± 70	8 ± 24
Rumpf exz./Flexion [Nm]	156 ± 36	155 ± 38	-1 ± 24	166 ± 30	158 ± 37	-5 ± 22
untere Extremität (konz., li/re [N])	1247 ± 233	1196 ± 208	-4 ± 17	1125 ± 298	1169 ± 348	4 ± 39
untere Extremität (exz., li/re [N])	1595 ± 613	1628 ± 613	2 ± 38	1538 ± 439	1541 ± 451	0 ± 29
CMJ, $F_{max}$ [N]	1594 ± 205	1556 ± 252	-3 ± 6	1570 ± 200	1556 ± 249	-1 ± 6
DJ, $F_{max}$ [N]	3301 ± 961	3166 ± 712	-1 ± 21	3114 ± 864	3160 ± 721	5 ± 25
DJ, $F_D$ [ms]	504 ± 78	483 ± 57	-3 ± 8	502 ± 53	496 ± 70	-2 ± 6
DJ, $K_T$ [ms]	267 ± 101	258 ± 70	1 ± 20	303 ± 94	269 ± 89	-7 ± 29

## Diskussion und Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigen, dass Athletinnen und Athleten aus Gewichtsklassensportarten ihr Wettkampfgewicht innerhalb von 3 Wochen auch mit bedarfsdeckender Kohlenhydrat- und Wasserzufuhr erreichen können, wenn die erforderliche Gewichtsreduktion ca. 4 % der Körpermasse beträgt. Die Effekte des Gewichtsverlustes auf die Kraftleistungsfähigkeit und Sprungkraft sind bei beiden Gewichtsreduktions-Methoden gering und liegen im Rahmen der Messungenauigkeit. Im Einzelfall zeigen sich jedoch stärkere, potenziell nachteilige und wettkampfrelevante Effekte auf die Kraftleistungsfähigkeit bei einer Gewichtsreduktion mit Dehydratation und Kohlenhydratdefizit. Athletinnen und Athleten aus Gewichtsklassensportarten ist daher zu empfehlen, während trainingsbegleitender Gewichtsreduktionen auf eine ausreichende Kohlenhydrat- und Wasserzufuhr zu achten.

## Literatur

- Alderman, B. L., Landers, D. M., Carlson, J. & Scott, J.R. (2004). Factors related to rapid weight loss practices among international-style wrestlers. *Medicine and science in sports and exercise*, 36 (2), 249-252.
- Bartok, C., Schoeller, D.A., Sullivan, J. C., Clark, R. R. & Landry, G.L. (2004). Hydration testing in collegiate wrestlers undergoing hypertonic dehydration. *Medicine and science in sports and exercise*, 36 (3), 510-517.
- Burke, L. M., Cox, G. R., Culmings, N. K. & Desbrow, B. (2001). Guidelines for daily carbohydrate intake: do athletes achieve them? *Sports medicine*, 31 (4), 267-299.
- Cunningham, J. J. (1980). A reanalysis of the factors influencing basal metabolic rate in normal adults. *The American journal of clinical nutrition*, 33 (11), 2372-2374.
- Fogelholm, G. M., Koskinen, R., Laakso, J., Rankinen, T. & Ruokonen, I. (1993). Gradual and rapid weight loss: effects on nutrition and performance in male athletes. *Medicine and science in sports and exercise*, 25 (3), 371-377.
- Koral, J. & Dosseville, F. (2009). Combination of gradual and rapid weight loss: effects on physical performance and psychological state of elite judo athletes. *Journal of sports sciences*, 27 (2), 115-120.
- Oppliger, R. A., Case, H. S., Horswill, C. A., Landry, G. L. & Shelter, A. C. (1996). American College of Sports Medicine position stand. Weight loss in wrestlers. *Medicine and science in sports and exercise*, 28 (6), ix-xii.
- Rodriguez, N. R., DiMarco, N. M. & Langley, S. (2009). Position of the American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and athletic performance. *Journal of the American Dietetic Association*, 109 (3), 509-527.
- Slater, G., Rice, A. J., Tanner, R., Sharpe, K., Gore, C. J., Jenkins, D. G. & Hahn, A. G. (2006). Acute weight loss followed by an aggressive nutritional recovery strategy has little impact on on-water rowing performance. *British journal of sports medicine*, 40 (1), 55-59.
- Steen, S. N. & Brownell, K. D. (1990). Patterns of weight loss and regain in wrestlers: has the tradition changed? *Medicine and science in sports and exercise*, 22 (6), 762-768.
- Walberg Rankin, J. (2006). Making Weight In Sports. In L. Burke and V. Deakin (Eds.), *Clinical Sports Nutrition* (pp. 175-199). Sydney, McGraw-Hill Australia.



---

## **Kardiale Funktion im Saisonverlauf bei hochtrainierten Ausdauerathleten** (AZ 070110/10)

Jürgen Scharhag (Projektleiter) & Frank Mayer

Universität Potsdam, Hochschulambulanz, Zentrum für Sportmedizin, Freizeit-,  
Gesundheits- und Leistungssport

### **Problem**

Über eine kardiale Funktionsabnahme nach Ausdauerbelastungen wurde in den letzten Jahren immer wieder berichtet und dies als „kardiale Ermüdung“ bezeichnet (Shave et al., 2008). Als erste beschrieben Saltin und Stenberg (1964) eine Abnahme des linksventrikulären Schlagvolumens nach einer dreistündigen Belastung. Meist wird jedoch über eine globale Abnahme der diastolischen Funktion in der konventionellen Doppler-Echokardiographie unmittelbar nach (Ultra-)Ausdauerbelastungen berichtet und dies von einigen Autoren als Ausdruck einer möglichen belastungsbedingten myokardialen Schädigung angesehen (Shave et al., 2008). Aber auch mittels neuer echokardiographischer Untersuchungstechniken (regionale Kontraktionsanalysen des Herzmuskels mittels Gewebe-Doppler oder Speckle Tracking) wurden belastungsinduzierte linksventrikuläre Funktionseinschränkungen der diastolischen (und zum Teil auch der systolischen) Funktion innerhalb der ersten Stunden nach Ausdauerbelastungen beschrieben. La Gerche et al. (2008) berichteten außerdem über eine insbesondere den rechten Ventrikel betreffende schädigungsbedingte Funktionsabnahme nach einem Ultra-Triathlon, die sich innerhalb einer Woche normalisierte, im Einzelfall jedoch auch länger anhielt.

Des Weiteren wird gelegentlich auch eine chronische myokardiale Schädigung durch wiederkehrende erschöpfende Ausdauerbelastungen vermutet, wie sie beispielsweise in Trainingslagern oder Wettkämpfen üblich sind. Teilweise werden über diese Annahmen auch pathologische Veränderungen am Herzen wie beispielsweise Vergrößerungen des rechten Ventrikels mit einer erhöhten Inzidenz ventrikulärer Tachykardien, die Arrhythmogene Rechtsventrikuläre Kardiomyopathie und andere Kardiomyopathien sowie kernspintomographisch oder autoptisch gesicherte myokardiale Nekrosen bzw. Fibrosen erklärt.

Aufgrund fehlender systematischer Längsschnittuntersuchungen ist die klinische Bedeutung dieser Befunde und Vermutungen jedoch unklar. Allen bisherigen Studien ist gemein, dass die auf belastungsbedingte kardiale Funktionsänderungen untersuchten Sportlerinnen und Sportler überwiegend aus dem ambitionierten Hobbysport bzw. regionalen Spitzensport kamen und meist zufällig vor Ausdauerwettbewerben akquiriert wurden. Darüber hinaus wurden die echokardiographischen Untersuchungen üblicherweise unmittelbar vor und nach einem Wettkampf oder einer Ausdauerbelastung durchgeführt. Eine systematische Untersuchung der kardialen Funktion bei Hochleistungsausdauersportlerinnen und -sportlern im Längsschnitt über eine Saison ist bisher noch nicht erfolgt.



## Ziel der Untersuchung

Es war das Ziel der Studie, die kardiale Funktion von hochausdauertrainierten Sportlerinnen und Sportlern der internationalen Spitzenklasse über eine Wettkampfsaison im Längsschnitt mit den neuesten echokardiographischen Verfahren (Gewebe-Doppler und Speckle Tracking) zu untersuchen. Die Untersuchungen sollten bei hochausdauertrainierten Spitzensportlerinnen und -sportlern sowohl in zwei Trainingslagern als auch bei drei internationalen Wettkämpfen (Weltcups) erfolgen.

## Methode

Während eines Vorbereitungstrainingslagers (TL1) wurden nach einer initialen medizinischen und echokardiographischen Eingangsuntersuchung über zwei Wochen 11 männliche und 6 weibliche Kaderathleten (Männer: Alter  $26 \pm 5$  Jahre; Herzvolumen:  $16,3 \pm 1,2$  ml/kg; Frauen: Alter  $23 \pm 3$  Jahre; Herzvolumen:  $14,9 \pm 1,4$  ml/kg) der Deutschen Triathlon Nationalmannschaft echokardiographisch untersucht (GE Vivid q; transmitrales Flussprofil; Gewebe-Doppler-Parameter: E' und A' Interventrikuläres Septum [IVS], Linksventrikuläre Lateralewand, Rechtsventrikuläre freie Wand [RV]; Speckle Tracking-Parameter: Linksventrikulärer Globaler Longitudinaler Strain [GLS]) zwischen 6 und 8 Uhr vor sowie zwischen 18 und 22 Uhr nach den Trainingseinheiten. Analog dazu erfolgten Untersuchungen bei 5 Athleten in einem dreiwöchigen Höhentrainingslager (TL2) in der Saisonmitte. Bei drei Rennen der ITU-Weltmeisterschaftsserie (WM 1 - 3) wurden 10, 5 und 12 Kaderathleten innerhalb 24 h vor sowie innerhalb 4 h nach den Wettkämpfen echokardiographisch untersucht.

## Ergebnisse

Tab.1 zeigt Herzfrequenzen und echokardiographische Parameter zur Beurteilung der systolischen und diastolischen Funktion vor und nach einem Trainingstag zu Beginn, in der Mitte und am Ende zweier Trainingslager (TL 1, TL 2) sowie vor und nach drei Rennen der Triathlon-Weltmeisterschaftsserie (WM 1-WM 3). HF vor: Ruhe-Herzfrequenz während der Echokardiographie vor Trainingsbeginn. HF post: Ruhe-Herzfrequenz während der Echokardiographie nach mind. 1 h nach Trainingsende. GLS: maximale systolische globale longitudinale Myokardkontraktion (Strain) im Speckle Tracking vor und nach Training. E'/A': Verhältnis von früh- (E) und spätdiastolischer (A) myokardialer Relaxationsgeschwindigkeit des basalen Septums (IVS) sowie der rechtsventrikulären freien Wand knapp oberhalb des Trikuspidalklappenansatzes (RV).



Tab. 1.

	TL 1 Beginn	TL 1 Mitte	TL 1 Ende	WM 1	TL 2 Beginn	TL 2 Mitte	TL 2 Ende	WM 2	WM 3
N	17	17	17	10	5	5	5	6	12
HF vor [/min]	49 ± 8	50 ± 9	50 ± 10	51 ± 5	45 ± 5	43 ± 3	47 ± 7	48 ± 3	54 ± 7
GLS vor [%]	-20 ± 2	-21 ± 2	-20 ± 1	-21 ± 2	-19 ± 1	-20 ± 2	-19 ± 2	-22 ± 2	-21 ± 2
E'/A' IVS vor	2,3 ± 0,6	2,2 ± 0,7	2,2 ± 0,7	1,8 ± 0,3	2,2 ± 0,3	2,2 ± 0,4	2,4 ± 0,3	2,2 ± 0,4	2,1 ± 0,5
E'/A' RV vor	2,0 ± 0,7	1,7 ± 0,5	1,9 ± 0,5	1,6 ± 0,3	1,9 ± 0,2	1,8 ± 0,6	2,0 ± 0,2	1,7 ± 0,3	1,6 ± 0,4
HF vor [/min]	57 ± 12	54 ± 12	55 ± 9	66 ± 7	52 ± 5	59 ± 8	54 ± 8	64 ± 4	64 ± 11
GLS vor [%]	-20 ± 1	-21 ± 2	-20 ± 5	-20 ± 1	-21 ± 3	-21 ± 1	-20 ± 2	-20 ± 1	-22 ± 2
E'/A' IVS vor	1,9 ± 0,4	1,9 ± 0,4	2,2 ± 0,5	1,7 ± 0,3	1,6 ± 0,3	1,9 ± 0,3	1,7 ± 0,2	1,5 ± 0,1	1,8 ± 0,2
E'/A' RV vor	1,8 ± 0,5	1,7 ± 0,4	1,8 ± 0,5	1,5 ± 0,4	1,7 ± 0,3	1,8 ± 0,3	1,6 ± 0,1	1,5 ± 0,4	1,4 ± 0,5

## Diskussion

Anhand der vorliegenden Untersuchungsdaten gibt es keinen Anhaltspunkt für eine akute oder chronische Schädigung des Herzens nach erschöpfenden Ausdauerbelastungen oder im Saisonverlauf bei Triathletinnen bzw. Triathleten der internationalen und nationalen Spitzenklasse. Zwar sind analog zu früheren Studien an überwiegend ambitionierten Breitensportlerinnen bzw. -sportlern oder Sportlerinnen bzw. Sportlern der regionalen Spitzenklasse in der vorliegenden Studie ebenfalls teilweise signifikant geringere Werte einzelner diastolischer Funktionsparameter nachweisbar, doch liegen die Werte sowohl nach Trainings- als auch Wettkampfbelastungen weiterhin deutlich im oberen Normbereich. Im Vergleich zu eindeutig pathologischen myokardialen Funktionsänderungen bei Patientinnen bzw. Patienten mit akuten oder chronischen Herzerkrankungen sind die Funktionsänderungen der vorliegenden Untersuchung als äußerst gering und klinisch irrelevant anzusehen. Zusätzlich liegen die vor Trainingsbeginn (noch belastungsunbeeinflussten) ermittelten diastolischen und systolischen Funktionswerte über die gesamte Saison stabil im oberen Normbereich und bleiben nahezu unverändert, so dass hiermit auch eine schleichende chronische myokardiale Schädigung durch erschöpfende extensive und intensive Ausdauerbelastungen bei Hochleistungsausdauersportlerinnen bzw. -sportlern ausgeschlossen werden kann. Des Weiteren fanden sich auch bei Betrachtung der Einzelfälle keine pathologischen Befunde.

## Schlussfolgerung

1. Die in verschiedenen Studien unmittelbar nach Ausdauerbelastungen nachgewiesene leichte Reduktion der kardialen Funktion ist auch bei Spitzensportlerinnen und -sportlern unmittelbar nach erschöpfenden Ausdauerbelastungen im Training oder nach Wettkämpfen sowohl mit konventionellen als auch mit neueren echokardiographischen Verfahren nachweisbar, ohne dass hierbei akute pathologische Veränderungen vorliegen und diese somit als physiologische Belastungsreaktionen anzusehen sind.
  2. Eine systematische Abnahme der kardialen diastolischen oder systolischen Funktion tritt während eines längeren Trainingslagers oder im Saisonverlauf nicht ein, so dass dies ebenfalls gegen eine Schädigung des Herzens gesunder Hochleistungsausdauersportlerinnen bzw. -sportler spricht.
  3. Hinweise auf belastungsinduzierte Langzeitschäden des linken oder rechten Herzens finden sich mit den neuesten echokardiographischen Methoden bei hochausdauertrainierten Spitzensportlerinnen bzw. -sportlern nicht, was somit früheren kernspintomographischen Untersuchungen (Scharhag et al., 2002) entspricht.
- Schlussfolgernd ist bei gesunden Hochleistungsausdauersportlerinnen bzw. -sportlern keine trainings- oder wettkampfbedingte Schädigung des Herzens zu befürchten.

## Literatur

- La Gerche, A., Connelly, K. A., Mooney, D. J., Macisaac, A. I. & Prior, D. L. (2008). Biochemical and functional abnormalities of left and right ventricular function following ultra-endurance exercise. *Heart*, 94, 860-866.
- Saltin, B. & Stenborg, J. (1964). Circulatory response to prolonged severe exercise. *Journal of applied physiology*, 19, 833-838.
- Scharhag, J. (2009). *Akute und chronische Effekte von Ausdauerbelastungen auf das Herz bei Sportlern, gesunden Normalpersonen und Patienten*. Habilitationsschrift. Universität des Saarlandes, Saarbrücken & Homburg/Saar.
- Scharhag, J., Schneider, G., Urhausen, A., Rochette, V., Kramann, B. & Kindermann, W. (2002). Athlete's heart: right and left ventricular mass and function in male endurance athletes and untrained control subjects determined by magnetic resonance imaging. *Journal of the American College of Cardiology*, 40 (10), 1856-1863.
- Shave, R., George, K., Whyte, G., Hart, E. & Middleton, N. (2008). Post-exercise changes in left ventricular function: the evidence so far. *Medicine and science in sports and exercise*, 40, 1393-1399.

---

# Evaluation geschlechtsspezifischer Differenzen der Biomechanik des Laufens bei verschiedenen Geschwindigkeiten (AZ 070122/10)

Dominic Gehring & Albert Gollhofer (Projektleiter)

Universität Freiburg, Institut für Sport und Sportwissenschaft

## Problem

Innerhalb eines Jahres leiden 37–56 % aller Läuferinnen und Läufer an Überlastungsschäden, welche zu einer Einschränkung oder Einstellung des Trainings führen (Nigg, 2001). Interessanterweise wird die am häufigsten diagnostizierte laufinduzierte Knieverletzung, das Patellofemorale Schmerzsyndrom (PFSS), verstärkt bei Frauen beobachtet (Taunton et al., 2002). Betrachtet man die Gesamtschau aller möglichen in der wissenschaftlichen Literatur diskutierten Risikofaktoren des Patellofemorales Schmerzsyndroms, so lassen sich anatomische, biomechanische sowie trainingsbedingte Faktoren identifizieren (Hreljac et al., 2000).

Bezüglich der Lauf-Biomechanik lassen Ergebnisse einer sowohl retrospektiv als auch prospektiv angelegten Studie den Schluss zu, dass die Kniegelenksbelastung der Frontalebene während des Laufens als Prädiktor des PFSS gewertet werden kann (Stefanyshyn et al., 2006). In jener Untersuchung konnte festgestellt werden, dass es einen Zusammenhang zwischen Kniegelenksimpuls (Integration des Gelenkmoments während des Bodenkontaktes) in der Frontalebene und dem Auftreten des PFSS gibt. Diejenigen Athletinnen und Athleten, welche PFSS hatten bzw. entwickelten, wiesen einen signifikant erhöhten externen Adduktionsimpuls im Vergleich zu asymptomatischen Läuferinnen bzw. Läufern auf. Eine spezifische Unterscheidung zwischen den Geschlechtern wurde jedoch nicht vorgenommen. In einer weiteren biomechanischen Studie verglichen Ferber et al. (2003) zwar die Gelenkskinematik und -kinetik der unteren Extremitäten zwischen Männern und Frauen, gingen jedoch nicht speziell auf die Gelenkimpulsgestaltung in der Frontalebene ein. Demzufolge liegen bis zum heutigen Zeitpunkt keine Untersuchungen vor, welche diesen Parameter als Prädiktor des PFSS zwischen männlichen und weiblichen Läufern untersuchten. Zu vermuten wäre, dass eine bei Frauen verstärkte Hüftadduktion und Knieabduktion während des Bodenkontaktes (Ferber et al., 2003; Chumanov et al., 2008) in Zusammenhang mit einer erhöhten Kniegelenksbelastung der Frontalebene stehen könnte (Stefanyshyn et al., 2006).

Somit besteht ein eindeutiges Forschungsdefizit bezüglich der Evaluation geschlechts- und geschwindigkeitstypischer Laufmuster, welche die Mechanik von Hüft- und Kniegelenk berücksichtigt. Ziel der Studie war es somit, in einem komplexen bewegungsanalytischen Ansatz die Gelenkkinematik und Gelenkkinetik von Hüft- und Kniegelenk in der Frontalebene zwischen Frauen und Männern bei verschiedenen Laufgeschwindigkeiten zu vergleichen.

## **Methode**

An der Studie nahmen 16 männliche und 16 weibliche Probanden teil, die als erfahrene Läufer mit einem Laufpensum von mind. 50 km/Woche eingestuft werden konnten. Orthopädische oder neurologische Pathologien durften bei Studienteilnahme nicht vorliegen. Die Probandinnen und Probanden führten jeweils 10 gültige Versuche bei einer durch eine Lichtschranke kontrollierten Geschwindigkeit von 3, 4 bzw. 5 m/s durch. Hierbei wurde mittels eines bewegungsanalytischen Ansatzes die Gelenkinematik und -kinetik des rechten Beines während des Bodenkontaktes mit einer Kraftmessplatte (AMTI, Waterton, USA) bestimmt. Hierzu wurden retroreflektierende Hautoberflächenmarker ( $\varnothing$  14mm) auf Rückfuß, Unterschenkel, Oberschenkel und Hüfte aufgebracht und hiermit die Gelenkskinematik berechnet (MX-Kameras; Vicon Motion Systems; 200 Hz). Über einen invers-dynamischen Ansatz wurden ferner die Gelenkmomente von Knie- und Hüftgelenk bestimmt (Bodybuilder, Vicon Motion Systems). Für die statistische Datenauswertung wurden die maximalen Gelenkmomente der Frontalebene sowie der Impuls (Integration des Gelenkmomentes über die Zeit) extrahiert. Zur statistischen Analyse der Zielparameter wurde eine Varianzanalyse mit dem Zwischensubjektfaktor Geschlecht (männlich, weiblich) und dem Innersubjektfaktor Geschwindigkeit (3, 4, 5 m/s) verwendet. Hierbei wurde ein Signifikanzniveau von 5 % festgesetzt.

## **Ergebnisse**

### **Kinematik**

Die Hüftadduktion sowohl zu Beginn des Bodenkontaktes als auch in ihrer maximalen Ausprägung während der Standphase war bei Läuferinnen signifikant ausgeprägter als bei Läufern ( $p < 0,003$ ; siehe Abb. 1). Am Kniegelenk zeigte sich ein gegenläufiges Bild. Schon zu Beginn des Bodenkontaktes wiesen die Frauen eine weniger adduzierte Positionierung auf ( $p = 0,001$ ), welche sich auch in der maximalen Adduktionsstellung widerspiegelte ( $p = 0,001$ ; siehe Abb. 1). Eine Interaktion von Geschlecht x Geschwindigkeit konnte nicht festgestellt werden.

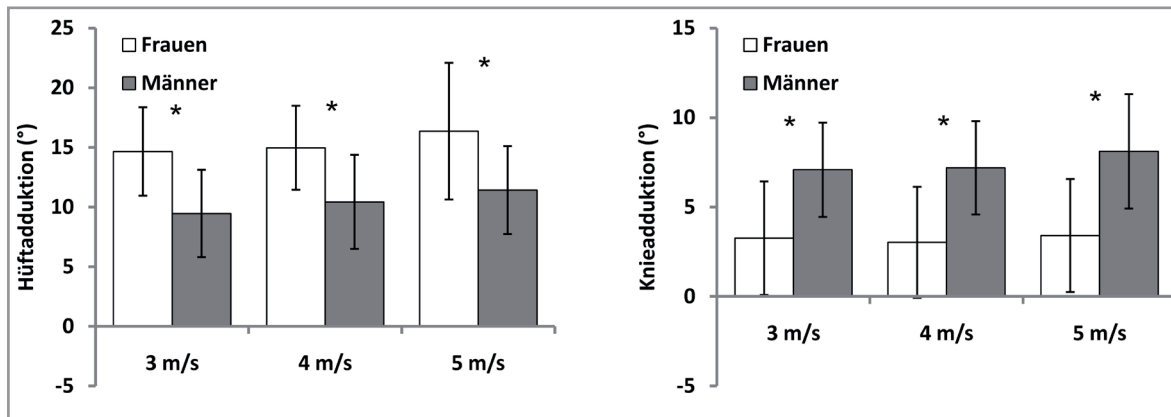


Abb. 1. Darstellung der signifikant unterschiedlichen maximalen Hüftadduktion (links) und Knieadduktion (rechts) während des Bodenkontaktes zwischen den Geschlechtern bei den verschiedenen Laufgeschwindigkeiten. Positive Werte entsprechen einer Adduktion, negative Werte einer Abduktion.

## Gelenkmomente

Das maximale Hüftadduktionsmoment war bei den Läuferinnen im Vergleich zu Läufern signifikant erhöht ( $p = 0,003$ ; Abb. 2). Hierbei zeigt sich auch ein Geschlecht  $\times$  Geschwindigkeits-Interaktionseffekt: Während die Erhöhung des Gelenkmoments der Frauen bei der niedrigsten Geschwindigkeit lediglich +55 % betrug, so stieg die Differenz auf +69 % bei der mittleren und +82 % bei der hohen Geschwindigkeit an ( $p = 0,015$ ). Andererseits war der Gesamtimpuls der Hüftkinetik in der Frontalebene bei den Frauen lediglich bei der niedrigen Geschwindigkeit (+20 %) erhöht (Geschlecht  $\times$  Geschwindigkeits-Interaktion:  $p = 0,034$ ).

Bezüglich des Kniegelenks zeigte sich eine Tendenz zu erhöhten maximalen initialen Adduktionsmomenten bei Frauen ( $p = 0,070$ ; Abb. 2).

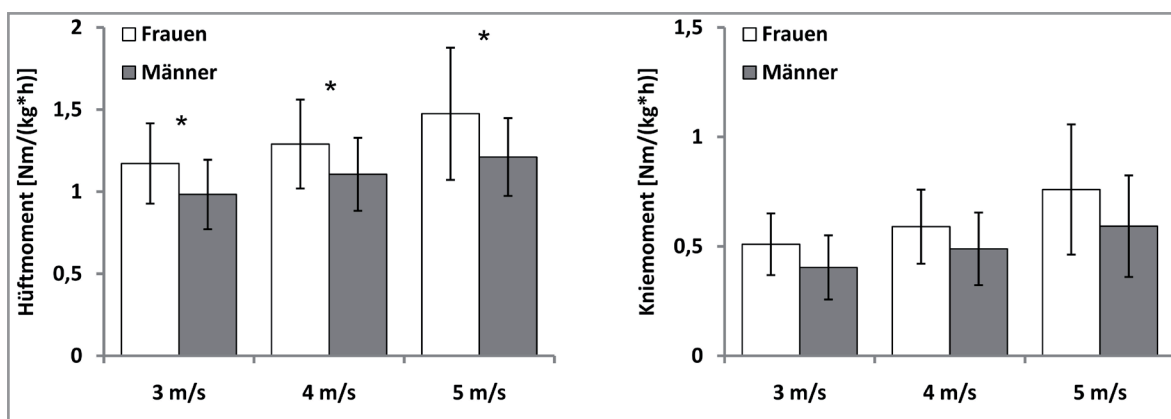


Abb. 2. Darstellung der signifikant unterschiedlichen maximalen Hüftadduktionsmomente (links) sowie der tendenziell unterschiedlichen ersten Moment-Spitze der Knieadduktion (rechts) zwischen Männern und Frauen.

Nahezu unabhängig von der Laufgeschwindigkeit war diese Moment-Spitze bei den Frauen um ca. 25 % erhöht. Der Gesamtimpuls der Knieadduktion war nicht unterschiedlich zwischen den weiblichen und männlichen Athleten.

## Diskussion

Ziel der vorliegenden Studie war es, die Laufcharakteristik zwischen weiblichen und männlichen Läufern zu evaluieren. Aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung geht klar und eindeutig hervor, dass Männer und Frauen unterschiedliche Winkelstellungen in Hüft- und Kniegelenk während der Phase des Bodenkontaktes einnehmen. Diese Diskriminierung der beiden Gruppen zeigte sich nicht nur in der maximalen Ausprägung der Gelenkwinkelstellung in der mittleren Standphase, sondern bereits zu Beginn des Bodenkontaktes. Aus den vorliegenden Daten ist aber auch abzuleiten, dass die geschlechtsspezifischen Differenzen unabhängig von der gewählten Laufgeschwindigkeit sind. Somit erweitert dies die Ergebnisse von Chumanov et al. (2008) und Ferber et al. (2003): In jenen Arbeiten konnte beim Gehen und bei geringeren Laufgeschwindigkeiten (bis 3,6 m/s) gezeigt werden, dass sich geschlechtsspezifische Bewegungsmuster unabhängig von der Belastung manifestieren. Es erscheint wahrscheinlich, dass anatomische Unterschiede zwischen den Geschlechtern diese Ergebnisse beider Studien erklären (Merchant et al. 2008), jedoch bedarf es hierzu weiterer grundlegender Untersuchungen welche auch die aktive neuromuskuläre Gelenkkontrolle mit berücksichtigen.

Bei der Betrachtung der Kniegelenkskinetik fällt auf, dass der Adduktionsimpuls (Integral unter der Moment-Zeit-Kurve) bei Frauen zwar nicht generell jedoch bei reduzierter Geschwindigkeit erhöht war. Bei der langsamen Laufgeschwindigkeit von 3 m/s hatten die weiblichen Athleten einen im Durchschnitt um 13 % erhöhten Gelenksimpuls. Mit zunehmender Belastung (Belli et al., 2002) wurde der Impuls – vor allem aufgrund einer bei Frauen verstärkten Verkürzung der Bodenkontaktzeit – der männlichen Gruppe angeglichen. Die mittlere Amplitude des Adduktionsmomentes war bei Frauen somit gleichermaßen erhöht wie die passiven Moment-Spitzen, die kurz nach Beginn des Bodenkontaktes auftreten. Somit scheint der in Zusammenhang mit Verletzungen diskutierte rasante Anstieg der Gelenkmomente zu Beginn der Bodenkontaktphase (Noehren et al., 2007) bei Frauen deutlicher als bei Männern ausgeprägt zu sein.

Noch deutlicher als beim Kniegelenk zeigten sich die Adduktionsmomente der Hüfte bei den Frauen vergrößert. Zieht man die zusätzlich schon stärker adduzierte Hüftgelenksposition hinzu, so ergibt sich eine zwischen Männern und Frauen vollkommen unterschiedliche mechanische Situation der Hüft-Belastung.

Inwieweit diese phänomenologischen Ergebnisse auf eine in klinischem Maße relevante unterschiedliche Gelenksbelastung zwischen Frauen und Männern schließen lassen, muss vor dem Hintergrund der vorliegenden Studie reflektiert werden. So wurden in dieser Studie gesunde Läuferinnen und Läufer verglichen, welche als erfahrene Sportlerinnen/Sportler mit hohem Trainingsumfang charakterisiert werden können. Es kann folglich nicht ausgeschlossen werden, dass das hier beobachtete für Frauen typische Laufmuster im Rahmen der geschlechtsspezifisch

physiologisch tolerierbaren Grenzen liegt. Nichtsdestotrotz, nimmt man die männlichen Läufer als Referenz, so passen die Abweichungen der weiblichen Athleten in die gängigen Erklärungsmodelle zur Entstehung von Überlastungsverletzungen im Laufsport (Powers, 2003; Noehren et al., 2007; Stefanyshyn et al., 2006). Weiterführende Studien zur Klärung von Verletzungsmechanismen und Risikofaktoren von Überlastungsverletzungen im Laufsport unter besonderer Berücksichtigung des Faktors Geschlecht sind daher anzuraten.

Die aktuelle Studie konnte zeigen, dass die Biomechanik des Laufens auch bei Lauferfahrenen geschlechtsspezifische Charakteristika aufweist. Frauen hatten eine stärker adduzierte Hüftstellung, eine reduzierte Knieadduktion sowie teilweise erhöhte Gelenkmomente bei verschiedenen Laufgeschwindigkeiten. Diese Untersuchung deckt somit geschlechtsspezifische Bewegungsmuster beim Laufen auf, welche in zukünftigen Studien unter dem Gesichtspunkt der Verletzungsprävention von Laufverletzungen bei Männern und Frauen berücksichtigt werden sollten.



## Literatur

- Belli, A., Kyröläinen, H. & Komi, P. V. (2002). Moment and power of lower limb joints in running. *International journal of sports medicine*, 23 (2), 136-141.
- Chumanov, E. S., Wall-Scheffler, C. & Heiderscheit, B. C. (2008). Gender differences in walking and running on level and inclined surfaces. *Clinical biomechanics (Bristol., Avon.)*, 23 (10), 1260-1268.
- Ferber, R., Davis, I. M. & Williams, D. S., III (2003). Gender differences in lower extremity mechanics during running. *Clinical biomechanics (Bristol., Avon.)*, 18 (4), 350-357.
- Hreljac, A., Marshall, R. N. & Hume, P. A. (2000). Evaluation of lower extremity overuse injury potential in runners. *Medicine and science in sports and exercise*, 32 (9), 1635-1641.
- Merchant, A. C., Arendt, E. A., Dye, S. F., Fredericson, M., Grelsamer R. P., Leadbetter, W. B., Post, W. R. & Teitge, R. A. (2008). The female knee: anatomic variations and the female-specific total knee design. *Clinical orthopaedics and related research*, 466 (12), 3059-3065.
- Nigg, B. M. (2001). The role of impact forces and foot pronation: a new paradigm. *Clinical journal of sport medicine*, 11 (1), 2-9.
- Noehren, B., Davis, I. & Hamill, J. (2007). ASB clinical biomechanics award winner 2006 – Prospective study of the biomechanical factors associated with iliotibial band syndrome. *Clinical biomechanics (Bristol., Avon.)*, 22 (9), 951-956.
- Powers, C. M. (2003). The influence of altered lower-extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 33 (11), 639-646.
- Stefanyshyn, D. J., Stergiou, P., Lun, V. M., Meeuwisse, W. H. & Worobets, J. T. (2006). Knee angular impulse as a predictor of patellofemoral pain in runners. *The American journal of sports medicine*, 34 (11), 1844-1851.
- Taunton, J. E., Ryan, M. B., Clement, D. B., McKenzie, D. C., Lloyd-Smith, D. R. & Zumbo, B. D. (2002). A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *British journal of sports medicine*, 36 (2), 95-101.



---

# **Einfluss einer in vitro Kreatin- und Guanidinoessigsäure-Behandlung auf verschiedene Genexpressionsmarker**

(AZ 070306/08)

Martin Schönfelder

Technische Universität München, Lehrstuhl für Sport und Gesundheitsförderung

## **Problem**

### **Einleitung**

Das Nahrungsergänzungsmittel Kreatin erfreut sich in dem letzten Jahrzehnt zunehmender Popularität sowohl im Freizeit- als auch im Leistungssport. Dies liegt darin begründet, dass dieser Substanz ein potentiell „ergogener“ Effekt zugeschrieben wird. Zwar sind viele dieser Effekte in den vergangenen Jahren ansatzweise untersucht worden, aber durch die derzeit zunehmende und unübersichtliche Anzahl von Einzel- und Kombinationspräparaten sind die positiven Effekte nicht immer eindeutig zu erklären. Die chemische Darreichungsform von Kreatin ist einerseits in reiner Form, aber auch als Kreatin-Monohydrat und Kreatin-Citrat möglich. Diese Substanzen sind hinreichend erforscht und haben gezeigt, dass sie, besonders in Kraftsportarten, positive Effekte erwarten lassen. Wobei zu erwähnen ist, dass die Supplementierung teilweise mit einer unerwünschten Gewichtszunahme verbunden sein kann und somit für gewichtsrelevante Sportarten ungeeignet erscheint. Aufgrund der chemischen Instabilität von Kreatin in Lösung gehen die Bestrebungen in der Nahrungsmittelindustrie dahin, auch Vorstufen von Kreatin auf ihre potentielle Wirksamkeit zu untersuchen. Hierzu zählt auch die Substanz Guanidinoessigsäure (GAA), die in vivo als unmittelbare Vorstufe durch das Enzym GAA-Methyltransferase in Kreatin umgewandelt wird. GAA hat den Vorteil, in löslicher Form stabiler zu sein, birgt aber auch die Gefahr, dass in dem körpereigenen Syntheseprozess von GAA nach Kreatin hohe Homocystein-Mengen anfallen können. Homocystein stellt seinerseits einen kardiovaskulären Risikofaktor dar. Die natürliche Elimination von Homocystein erfolgt enzymatisch über die Bildung von Methionin oder Cystein, wobei der Umbau zu Methionin einen Methylierungsdonator wie Cholin oder Betain erfordert.

### **Zielstellung der Studie**

Aufgrund der oralen Aufnahme von Kreatin und möglichen Vorstufen ist von einer systemischen Wirkung auszugehen. Aus diesem Grund war zunächst das Ziel der vorliegenden Studie, den Effekt von Kreatin und GAA auf das Wachstum und verschiedene Genexpressionsmarker unterschiedlicher am Kreatinmetabolismus beteiligter Zelltypen zu untersuchen. Aus physiologischer Sicht ist es angebracht, möglichst die verschiedenen Kreatin-sensitiven Zellen in die Analyse einzubeziehen. Aus diesem Grund kamen die folgenden Zelltypen in Betracht: Darmzellen (möglicher Aufnahmeort), Nierenzellen (Hauptsyntheseort der GAA-Produktion), Leberzellen (Hauptsyntheseort für Kreatin) und Muskelzellen (Hauptzielorgan mit der höchsten Kreatin-Speicherkapazität).

## Methode

### Zellkulturen

Für die vorliegende Studie kamen die folgenden Zellkulturen zum Einsatz: CACO-2 (humane Colonkarzinom-Zellen, DSMZ: ACC 169); HEK293 (humane embryonale Nierenzellen, DSMZ: ACC 305), WRL-68 (Leberzellkazinom, ACCT, lot: 89121403) und humane Herzmuskelzellen (Primärkultur einer 18-jährigen Kaukasierin, Promo-Cell, lot: 9012802.7). Sämtliche Zellkulturen wurden bis zur Behandlung mit Kreatin, GAA, Cholin und GAA+Cholin gemäß den Herstellerangaben kultiviert. Alle Zellkulturen wurden für 0, 6, 12 und 24 Stunden unter Zugabe von verschiedenen Konzentrationen (0µM, 100µM und 250µM) an Kreatin, GAA, Cholin (als Methylierungsdonor) und einem Gemisch aus GAA und Cholin im jeweiligen Standardmedium steroidhormonfrei inkubiert.

### Zellproliferation und Zellvitalität

Zur Prüfung der Zellproliferation und der Zellvitalität kamen der Kristall-Violett-Assay bzw. der Tetrazoliumsalz-Assay (WST-1, Roche) zum Einsatz. Hierbei stellt der Kristall-Violett-Assay eine Quantifizierung der DNA-Menge in den Zellkulturen dar. Eine Erhöhung der DNA-Menge ist somit gleichzusetzen mit einer vermehrten Anzahl der Zellen in den Zellkulturen. Der WST-1 bestimmt die enzymatische Aktivität der Atmungskette in den Mitochondrien und ist somit ein Maß für die Vitalität bzw. den Metabolismus der Zellen dar.

### Genexpressionsanalyse

Die RNA-Isolation der Zellkulturen erfolgte mittels Trifast™ (Peqlab) und anschließender photometrischer Quantifizierung (Nanodrop; Peqlab). Alle RNA-Proben (10 ng/Probe) wurden am Roto Gene 6000 (Corbett Life Science, Sydney, Australia) durch real-time RT-PCR (SuperScript III Platinum SYBR Green One-Step qPCR Kit; Invitrogen) quantifiziert. Die genspezifischen Primer zur Erfassung der relevanten Gene im Kreatinmetabolismus und der Housekeepinggene sind in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1. *Genspezifische Primer der relevanten Gene des Kreatin-Metabolismus. (HK = Housekeeping Gen)*

Gen	Sequenz Forward-Primer	Sequenz Reverse-Primer
Glycine amidinotransferase (L-arginine:glycine amidinotransferase)	AGAAAACGCCTGTGTTCCAC	TTGTGGGCTTAGGAGCTGTT
S-Adenosyl-Homocystein-Hydrolase	TCAATGACTCCGTCACCAAG	TCGTTGAGCCACTTGACATC
Beta Actin (HK)	CCAAGGCCAACCGTGAGAAGAT	CCACGTTCCGTGAGGATCTTCA
Beta-2-Mikrotubulin (HK)	ATGAGTATGCCTGCCGTGTGA	GGCATCTTCAAACCTCCATG
Cystathionine-beta-Synthase	TCGTGATGCCAGAGAAGATG	GTTGTCTGCTCCGTCTGGTT
Creatine Kinase B	CATATCAAGCTGCCAACCT	TCTACCAAGGGTGACGGAAG
Creatine Kinase A	ATGTGGAACCAGCACCTGGGCTA	CAGACGCAGGCGGGTGAGGAT
Creatine Transporter	CAAAGTCTTGAGGCTGTCTGG	TGTTGAAGCGGTTGTAGCTG
Cystathione gamma-Lyase/Hydrolase	CTCTGCAATCGAGGTCTGAA	CTCAGCAAGGCTTTTCAATC
Guanidinoacetate N-methyltransferase	TTGGATCATCGAGTGCAATG	CTGTGGGAAGGCGTAGTAGC
Glycerinaldehyd-Dehydrogenase (HK)	TGGTATCGTGGAAGGACTCATGAC	ATGCCAGTGAGCTTCCCGTTCAGC
Methionin-Synthase	GATGATCCTCAAGGAAATACAACC	CCATCTCAGAGGGACCAGG
5,10-methylenetetrahydrofolate reductase	CTGGGCCTGAAGAACATCAT	CTTGATCTCCTGTGGCACCT
S-Adenosyl-Methionin-(SAM)-Synthase	TGGACTTCTGGGGTAAGTGG	TCAGAGGTCCAGGCTAAGGA

## Datenanalyse und statistische Auswertung

Als interner Standard für die PCR kamen drei klassische Housekeeping-Gene, beta Actin, beta-2 Mikrotubulin und Glycerinaldehyd-Dehydrogenase, zur Anwendung. Die Normalisierung der Geneexpressionsdaten erfolgte gewebespezifisch mittels der delta-delta Ct-(Threshold Cycle)Methode. Im Falle der Herzmuskelzellen wurde beta-2 Mikrotubulin herangezogen und für alle übrigen Zellkulturen Glycerinaldehyd-Dehydrogenase. Die statistische Auswertung erfolgte unter Verwendung der Software SigmaStat 3.5 (SPSS Inc). Um gruppen- sowie zeitabhängige Effekte (PCR, Kristall-Violett- und WST1-Assay) zu untersuchen, wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse (two way ANOVA) mit Hilfe des Holm-Sidak-Tests für multiple Vergleiche durchgeführt.

## Ergebnisse

In Bezug auf die Zellproliferation als auch die Vitalität zeigte sich bei allen Zellkulturen ein deutlicher zunehmender Trend bezogen auf die Kultivierungsdauer aber auch ein möglicher Effekt der applizierten Substanzen (vgl. Leberzellen als Beispiel in Abb. 1). Ungeachtet der applizierten Mengen an Kreatin und GAA ist eine Erhöhung der Zellzahl in den Kulturen zu erkennen, was auf eine intakte Proliferation der Zellen hindeutet (Abb. 1). Es ist hierbei ein Trend zu erkennen, dass die Zellkulturen mit GAA im Wachstum leicht hinter den Behandlungen mit Kreatin, Cholin oder der Kontrolle zurückbleiben. Diese Effekte waren aber nicht signifikant. Der WST-1 Assay (Abb. 2) zeigt analog zu dem Zellwachstum ebenfalls eine deutliche Zunahme der Zellaktivität. Auch hierbei zeigte die GAA-Behandlung einen leichten repressiven Trend. Aufgrund toxischer Effekte oberhalb Konzentrationen von 250µM wurden diese im Rahmen der Studie nicht weiter verfolgt. Zudem liegen die Konzentration von 250µM oberhalb gemessener Serumwerte von Kreatin bei einer in vivo Substitution.

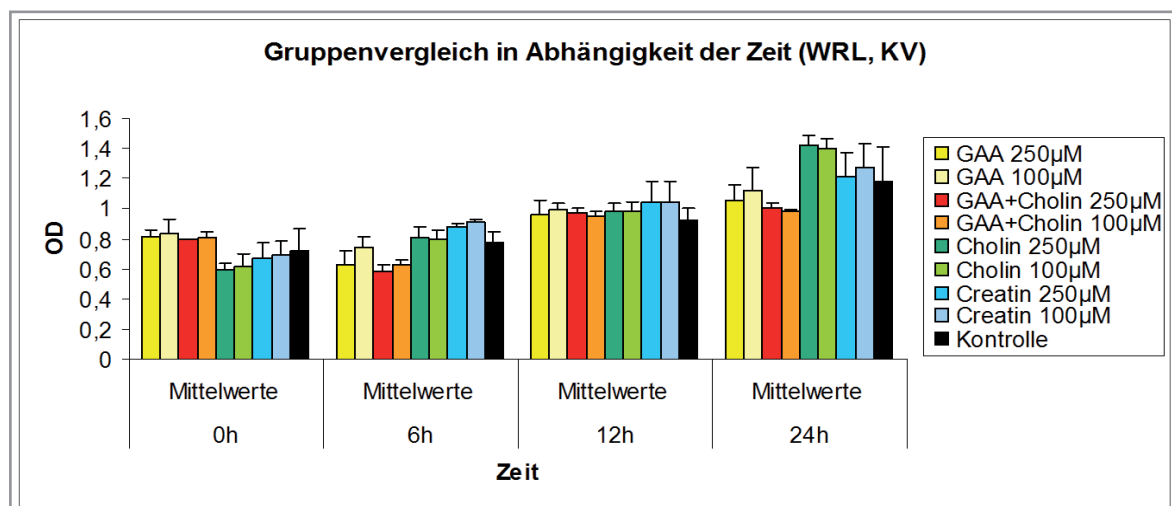


Abb. 1. Zellproliferation (Kristallviolett-Assay, KV) in Abhängigkeit von Kreatin, GAA und Cholin am Beispiel der Leberzellen (WRL)

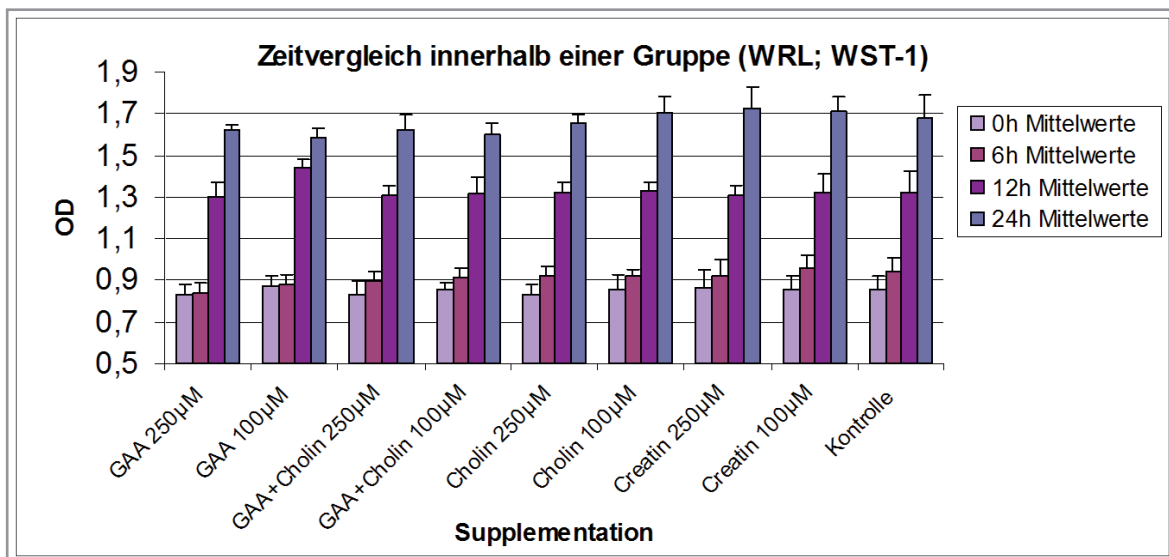


Abb. 2. Zellvitalität (Tetrazoliumsalz-Assay, WST-1) in Abhängigkeit von Kreatin, GAA und Cholin am Beispiel der Leberzellen (WRL)

In allen getesteten Zelllinien spielt die Konzentration der applizierten Substanzen bzgl. der Genexpression in dem gemessenen Zeitraum keine signifikante Rolle. Hingegen lassen sich aber verschiedenen Modulationen der Genexpression in Abhängigkeit der verschiedenen Substanzen erkennen.

Tab. 2. *Haupteffekte durch Kreatin und GAA auf die Genexpression a) in Leberzellen, b) in Nierenzellen, c) in Darmzellen und d) in Herzmuskelzellen. (↑=Up-Regulation; ↓=Down-Regulation)*

a) Leberzellen (WRL-68)	Kreatin Effekt	GAA-Effekt
Glycine amidinotransferase (L-arginine:glycine amidinotransferase)	n.e.	↑ (p<0,001)
S-Adenosyl-Homocystein-Hydrolase	n.e.	↓ (p<0,001)
Creatine Kinase A	n.e.	↑ (p<0,001)
Creatine Transporter	↓ (p<0,01)	↓ (p<0,001)
Cystathione gamma-Lyase/Hydrolase	↓ (p<0,001)	n.e.
Methionin-Synthase	n.e.	↓ (p<0,001)
S-Adenosyl-Methionin-(SAM)-Synthase	n.e.	↑ (p<0,001)

b) Nierenzellen (HEK293)	Kreatin Effekt	GAA-Effekt
Glycine amidinotransferase (L-arginine:glycine amidinotransferase)	↓ (p<0,001)	n.e.
Creatine Kinase A	n.e.	↑ (p<0,001)

c) Darmzellen (CACO-2)	Kreatin Effekt	GAA-Effekt
Glycine amidinotransferase (L-arginine:glycine amidinotransferase)	n.e.	↓ (p<0,001)
Cystathione-beta-Synthase	↑ (p<0,001)	n.e.
Creatine Kinase B	n.e.	↓ (p<0,001)
Creatine Transporter	n.e.	↓ (p<0,001)

In den Zellkulturen der primären Herzmuskelzellen zeigt sich neben den Behandlungseffekten eine starke Überlagerung mit zeitgebundenen Effekten. Die GAMT (Glycine-Amidino-transferase) zeigt über alle Proben hinweg nach einem initialen Abfall zwischen 6 h und 12 h um das 1,8- bzw. 1,7-fache, gefolgt mit einem Anstieg nach 24 h, was nahezu dem Ausgangsniveau entspricht. Einen vergleichbaren Verlauf zeigt auch die CK-B, wenngleich die Reduktion um das 0,5-/0,6-fache zwischen 6 h/12 h gegenüber 24 h nicht so ausgeprägt ist.

Betrachtet man die Genexpression der CK-M, so erfährt diese in der Summe eine signifikante Down-Regulation innerhalb der 24 h Kulturdauer in nahezu den meisten Proben. Der CrT zeigte sowohl durch die Behandlung mit 250µM GAA (nach 6 h) als auch mit 250µM GAA+Cholin (nach 12 h) signifikant niedrigere Werte (2,1-/2,3-fach) als nach 24 h.

## Diskussion und Schlussfolgerung

Die vorliegende Zellkulturstudie hat gezeigt, dass die Supplementierung mit Kreatin als auch mit seiner Vorstufe GAA mögliche Effekte auch den Kreatinmetabolismus hat. Betrachtet man die physiologischen Effekte, so kann man feststellen, dass GAA isoliert als auch in Kombination mit Cholin einen leichten repressiven Effekt auf das Zellwachstum und die Zellvitalität aufweist, welcher in der vorliegenden Studie aber noch keine Signifikanz zeigt. Tendenziell zeigt Kreatin einen leichten proliferativen Effekt, der möglicherweise bedingt ist durch eine erhöhte Energieverfügbarkeit. Das hier beschriebene erhöhte Wachstum von Krebszelllinien (vgl. Ohira et al., 1991 und 1995) ist unter anderem auch der Grund, aus welchem die France's Food Safety Agency (AFSSA) aus Sicherheitsgründen 2001 den Konsum von Kreatin aufgrund des potentiellen kanzerogenen Effektes verboten hatte. Dem gegenüber stehen aber auch unter anderem aktuellere Ergebnisse von Derave et al. (2006) und Ghosh et al. (2006), die eher einen protektiven Effekt von Kreatin gegenüber kanzerogenen Effekten postulieren. Deshalb hat die AFSSA im Jahre 2007 das Verbot revidiert (AFSSA-Reg.-Nr. 2007-SA-0231) und einen Konsum von 3 Gramm Kreatinmonohydrate pro Tag als „risikolos“ eingestuft.

Tendenziell zeigten Kreatin als auch GAA eine Tendenz den Kreatintransporter (CrT) temporär gegenüber den Kontrollkulturen zu reprimieren, was sich in den Leberzellen, den Darmzellen als auch in den Herzmuskelzellen nachweisen lies. Inwieweit sich eine Langzeitsupplementierung mit Kreatin oder GAA auf eine mögliche gestörte Genexpression des CrT auswirken kann, konnte im Rahmen dieser Studie nicht geklärt werden, da Langzeitversuche in Zellkulturen meist mit einer Zell(de)differenzierung einhergehen. Einen ähnlichen repressiven Effekt konnten Guerrero-Ontiveros und Wallimann (1998) bei einer in vivo Supplementierung in Ratten nachweisen. Im Humanversuch aber konnte die beschriebene Downregulation des Rezeptors durch Kreatin weder für jüngere noch ältere Menschen im Muskel gezeigt werden (Tarnopolsky et al., 2003).

Im Kontext einer erhöhten Homozysteinbelastung durch eine vermehrte Umwandlung von GAA nach Kreatin kann man im Rahmen der vorliegenden Studie nur spekulieren. Zwar zeigte die GAA Behandlung der Leberzellen eine Erhöhung der

SAMS Expression, dennoch kann man hier nur durch Messung der SAMS-Enzymaktivität oder einer Homocysteinquantifizierung eindeutige Rückschlüsse ziehen. Darüber hinaus deutet die Verminderung der Methioninsynthase (MS) eher auf eine Reduktion der Methionresynthese hin, was gegen erhöhte Homocysteineliminationsrate spricht.

In der Summe betrachtet, waren die Effekte in den verschiedenen Zellkulturen, mit Ausnahme des CrT, sehr uneinheitlich und starken Zeiteffekten überlagert. Hinzu kommt, dass die Zellkultursysteme sehr isolierte Systeme darstellen und möglicherweise auch nicht immer in ausreichendem Maße alle metabolischen Enzyme in Proteinform vorliegen, was auch auf den natürlichen Kreatinsyntheseweg zwischen Niere und Leber hinweisen könnte. Ergänzend ist zu erwähnen, dass die Zellen – bedingt durch die optimalen Kulturbedingungen – vermutlich nicht zwingend auf den Kreatinsyntheseweg angewiesen sind. Vermutlich müsste man vergleichbar zu in vivo Studien einen Energiebedarf bzw. eine mechanische Arbeit induzieren. Dangott et al. (2000) haben in diesem Zusammenhang gezeigt, dass neben einer Supplementierung auch die mechanische Beanspruchung der Muskulatur einen entscheidenden Faktor der Kreatinwirksamkeit darstellt.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass isolierte Zellkultursysteme vermutlich nur bedingt geeignet sind, die Effektivität von Kreatin und GAA zu überprüfen. Aufgrund der komplexen Zusammenhänge zwischen Ernährung, körperlicher Aktivität und Supplementierung sind in diesem Fall in vivo Studien erforderlich. Im Falle von GAA sollte aber aufgrund einer möglichen Homocysteinerhöhung eine strenge Kontrolle der Blutplasmakonzentrationen erfolgen.



## Literatur

- Dangott, B., Schultz, E. & Mozdziak, P. E. (2000). Dietary creatine monohydrate supplementation increases satellite cell mitotic activity during compensatory hypertrophy. *International journal of sports medicine*, 21 (1), 13-16.
- Derave, W., Vanden Eede, E., Hespel, P., Carmella, S. G. & Hecht, S. S. (2006). Oral creatine supplementation in humans does not elevate urinary excretion of the carcinogen N-nitrososarcosine. *Nutrition*, 22 (2), 332-333.
- Ghosh, M., Talukdar, D., Ghosh, S., Bhattacharyya, N., Ray, M. & Ray, S. (2006). In vivo assessment of toxicity and pharmacokinetics of methylglyoxal. Augmentation of the curative effect of methylglyoxal on cancer-bearing mice by ascorbic acid and creatine. *Toxicology and applied pharmacology*, 212 (1), 45-58.
- Guerrero-Ontiveros, M. L. & Wallimann, T. (1998). Creatine supplementation in health and disease. Effects of chronic creatine ingestion in vivo: down-regulation of the expression of creatine transporter isoforms in skeletal muscle. *Molecular and cellular biochemistry*, 184 (1-2), 427-437.
- Ohira, Y. & Inoue, N. (1995). Effects of creatine and beta-guanidinopropionic acid on the growth of Ehrlich ascites tumor cells: i.p. injection and culture study. *Biochimica et biophysica acta*, 1243 (3), 367-372.
- Ohira, Y., Ishine, S., Inoue, N. & Yunoki, K. (1991). Reduced growth of Ehrlich ascites tumor cells in creatine depleted mice fed beta-guanidinopropionic acid. *Biochimica et biophysica acta*, 1097 (2), 117-122.
- Tarnopolsky, M., Parise, G., Fu, M. H., Brose, A., Parshad, A., Speer, O. & Wallimann, T. (2003). Acute and moderate-term creatine monohydrate supplementation does not affect creatine transporter mRNA or protein content in either young or elderly humans. *Molecular and cellular biochemistry*, 244 (1-2), 159-166.





---

## Lehren und Lernen ethischer und moralischer Kompetenzen zur Dopingprävention im Sport (AZ 080306/09-10)

Marius Schlegel<sup>1</sup>, Anja Berding<sup>1</sup>, Anne-Marie Elbe<sup>2</sup>  
& Ralf Brand<sup>1</sup> (Projektleiter)

<sup>1</sup>Universität Potsdam, <sup>2</sup>Universität Kopenhagen

Doping ist ein aktuelles Problem des Sports. In seiner modernen Form ist es in den 1950er Jahren entstanden. Öffentliche Aufmerksamkeit erfuhr das Problem beispielsweise 1988 im Skandal um den Sprinter Ben Johnson und 1998 im Skandal um das Rad-Team Festina. Kurze Zeit später, 1999, wurde die Welt Anti Doping Agentur (WADA) gegründet. Spätestens seitdem ist Doping ein erklärtes Ziel weltweit organisierter Gegeninitiative. Zum Schutze des Sports, vor allem aber auch der Athletinnen und Athleten, sind nicht nur schärfere Sanktionen (IOC Anti-Doping Rules, 2008), sondern auch präventive Maßnahmen notwendig (Nationaler Dopingpräventionsplan, 2009), wie z. B. die Aufklärungsarbeit an Sportschulen der Nationalen Anti-Doping Agentur (NADA). Patrick Laure, ein französischer Experte für Dopingprävention, hat einen Dopingbegriff in die wissenschaftliche Literatur eingebracht, der sich für die Entwicklung von Präventionsmaßnahmen als nützlich herausgestellt hat: Laure (2000) spricht von *Dopingverhalten*, wenn Menschen eine „leistungssteigernde Substanz einnehmen, die dabei hilft, ein tatsächliches oder auch nur nach Meinung des Umfeldes bestehendes Hindernis anzugehen oder es zu überwinden“ (ebd., S. 28; eigene Übersetzung). Dopingverhalten umfasst insbesondere auch psychologische Antezedenzen (z. B. Bewertungen, Einstellungen, Entscheidungen), die in Präventionsmaßnahmen zu berücksichtigen, bzw. die entsprechend zielgerichtet zu adressieren sind (Melzer, Elbe & Brand, 2010).

Idealerweise sollten sich Athletinnen und Athleten dem Problem Doping ethisch gegenüberstellen und ein optimales Leistungsvermögen mit fairen Mitteln und fairem Verhalten anstreben. Die Realität zeigt jedoch, dass dies nicht immer leicht ist. Überführte Doping-„Täter“ berichten zum Beispiel, dass sie den Griff zur Dopingsubstanz als letzten Ausweg wahrnahmen, als sie eigene Leistungsgrenzen erreichten und der Überzeugung waren, es ginge nur so noch weiter.

Dies sind Momente, auf die wir Sportlerinnen und Sportler mit dem im Projekt entwickelten Training zum ethischen Entscheiden vorbereiten wollen. Das Training soll helfen, Jugendlichen ethisches Verständnis und ethische Kompetenz zu lehren, und zwar nicht nur durch bloße Instruktion, sondern durch einen angeleiteten ethisch-didaktischen Diskurs. Das übergeordnete Ziel des Trainings besteht darin, dass jugendliche Sportlerinnen und Sportler angeleitet werden, eine persönliche und begründete Haltung gegenüber Doping zu entwickeln.

## Methode und Ergebnisse

Grundlage des Trainings ist die Konstanzer Methode der Dilemma Diskussion (Lind, 2009). Sie dient der Schulung des individuellen Vermögens, Entscheidungen und Urteile zu treffen, die auf inneren Prinzipien beruhen, und in Übereinstimmung mit diesen Prinzipien zu handeln (Lind, 2009). Lernenden werden ethische Dilemmata vorgestellt, konkret solche Situationen, in denen eine „Zwickmühle“ zwischen mehreren eigenen moralischen Prinzipien entsteht. Zu solchen Dilemmata müssen Pro- und Kontra-Argumente gefunden und abgewogen werden, um anschließend eine begründete Entscheidung zu treffen. Die Wirksamkeit von Dilemmadiskussionen konnte in Feldern abseits des Sports empirisch hinreichend belegt werden (z. B. Schläfli, Rest & Thoma, 1985; Lerkiatbundit, Utaipan, Laohawiriyanon, & Teo, 2006; Lind, 2009).

Unser ethisches Entscheidungstraining zur Dopingprävention liegt in Form eines 139-seitigen Unterrichtsmanuals „*Dopen – soll ich oder soll ich nicht? Ein Ethik-Training für Trainerinnen, Trainer und Sportreibende*“ (Berding, Schlegel, Elbe & Brand, 2011) vor. Im Einzelnen enthält es sechs Einheiten eines *Gruppentrainings* und vier Einheiten eines *Einzeltrainings*. Ein Training im Umfang von vier Einheiten zur Vorbereitung von Lehrpersonen (*Trainer-Training*) ist zusätzlich enthalten, genauso wie eine an die Inhalte der NADA-Broschüre „HighFive“ angelehnte Einheit zum ergänzenden Erwerb von Faktenwissen.

Kernpunkt jeder Einheit ist die Bearbeitung eines frei erfundenen Dilemmas, in der sich ein Sportler oder eine Sportlerin befindet. Beschrieben wird eine Situation, in der eine Person guten Grund hätte zu Dopingmitteln zu greifen, sie aber ebenso guten Grund hätte, es sein zu lassen. Kasten 1 zeigt eine solche Situationsbeschreibung beispielhaft.

### **Kasten 1.** Semi-reale Situationsbeschreibung aus dem ethischen Entscheidungstraining

Christoph ist seit seiner Kindheit leidenschaftlicher Radsportler. Doch im letzten Jahr stürzte er schwer und verpasste die Teilnahme an der Deutschen Meisterschaft.

In diesem Jahr will er unbedingt teilnehmen, aber er hat ab und zu mit den Folgen des Unfalls zu kämpfen. Ein guter Teamkamerad, der ähnliche Probleme hatte, rät ihm zur Einnahme eines Medikaments zur schnellen Genesung. Christoph lehnt zwar Doping ab, aber vertraut darauf, dass alles legal ist. Da sein Trainer sowieso der Meinung ist, dass es noch zu früh für ihn sei wieder zu trainieren, berät sich Christoph nicht mit ihm. Um sich zu informieren, nutzt er das Internet, allerdings sind die Informationen dort widersprüchlich. In zwei Wochen finden die Deutschen Meisterschaften statt. Christoph findet eine Möglichkeit, das Medikament im Internet zu kaufen.

Ganz wie in der o. g. Methode von Georg Lind, spielen die Lernenden anhand dieses Dilemmas eine Entscheidung durch und begründen diese dann anhand von Pro- und Kontra-Argumenten. So sollen die Jugendlichen eine eigene Haltung gegenüber Doping entwickeln und lernen, durchdachte und begründete Entscheidungen zu treffen.

Das Training sieht weiterhin so aus, dass das Schwierigkeitsniveau der Übungen innerhalb jeder Einheit sowie zwischen den Einheiten sukzessive ansteigt und abwechselnd in Stillarbeit und kooperativen Lernszenarien gearbeitet wird. Im Kern lernen die Sportlerinnen und Sportler durch das Umgehen mit Pro- und Kontra-Argumenten (die mal sortiert, mal bewertet und mal in Argumentationsketten verbunden werden müssen), sich mit ethisch schwierigen Situationen zielführend auseinanderzusetzen.

Zu allen Trainingseinheiten wird differenziert beschrieben, wie die Trainierenden vorgehen sollen, wie Lehrende instruieren können, welche Zeitdauer eingeplant werden sollte und welche Materialien zur Durchführung benötigt werden.

## Fazit

Aus unserer Sicht bietet das vorgelegte Manual sehr gute Voraussetzungen zur Effektevaluation. Die optimale Struktur einer solchen Studie böte sicherlich ein Prä-Post-Test Design mit drei Gruppen (Ethik-Training, konventionelle Wissensvermittlung und Kontrollgruppe ohne Intervention). Als abhängige Messgrößen sollten insbesondere der MUT (Moralisches-Urteil-Test) von Lind (2009) oder Tests zur Messung von Doping Einstellungen herangezogen werden.

## Literatur

- Berding, A., Schlegel, M., Elbe, A., & Brand, R. (2011). *Dopen – soll ich oder soll ich nicht? Ein Ethik-Training für Trainerinnen, Trainer und Sporttreibende*. Potsdam: Universität Potsdam, Professur für Sportpsychologie.
- Laure, P. (Hrsg.) (2000). *Dopage et société*. Paris: Ellipses.
- Lerkiatbundit, S., Utaipan, P., Laohawiriyanon, C. & Teo, A. (2006). Randomized controlled study of the impact of the Konstanz method of dilemma discussion on moral judgment. *Journal of allied health*, 35 (2), 101-108.
- Lind, G. (2009). *Moral ist lehrbar. Handbuch zur Theorie und Praxis moralischer und demokratischer Bildung*. München: Oldenbourg.
- Melzer, M., Elbe, A.-M. & Brand, R. (2010). Moral and ethical decision-making: A chance for doping prevention in sports? *Nordic journal of applied ethics*, 4 (1), 69-85.
- Schläfli, A., Rest, J. R. & Thoma, S. J. (1985). Does moral education improve moral judgment? A meta-analysis of intervention studies using the Defining Issues Test. *Review of educational research*, 55, 319-352.



---

## **Entwicklung einer sportart- und behinderungsspezifischen Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung im alpinen Skirennlauf der Behinderten auf der Basis von auftretenden Belastungen und Beanspruchungen im Feld (AZ 070403/08)**

Peter Spitzenfeil (Projektleiter), Maren Goll & Michael Wiedemann

TU München, Fakultät für Sport und Gesundheitswissenschaft

### **Problem**

Im Bereich der Wettkampfklassen der behinderten stehenden und sehbehinderten Athletinnen und Athleten kann auf eine Vielzahl an Forschungsarbeiten aus der internationalen Literatur zum Skirennsport der Nichtbehinderten zurückgegriffen werden, mit deren Hilfe das Anforderungsprofil der Sportart Ski alpin definiert wurde.

Für den großen Bereich der paraplegischen Skirennläuferinnen bzw. -läufer fehlt ein Anforderungsprofil jedoch gänzlich.

Vor diesem Hintergrund bestand der Hauptinhalt der Forschungstätigkeit in der Identifikation der leistungsrelevanten Parameter, um ein Anforderungsprofil auch für die Gruppe der paraplegischen Sportlerinnen und Sportler erstellen zu können und damit die Basis für die Erstellung einer komplexen Leistungsdiagnostik zu schaffen.

In der vergangenen Forschungsperiode wurde der Schwerpunkt auf die auftretenden physiologischen bzw. metabolischen Vorgänge im alpinen Skirennlauf der Paraplegiker gelegt. Hierzu erfolgten Messungen im Labor sowie im Feld, um die real auftretenden Belastungen und Beanspruchungen zu erfassen und daraus die relevanten Bereiche für eine Leistungsdiagnostik zu erstellen.

### **Methoden**

Die Datenerhebung erfolgte in der Gruppe der paraplegischen Athletinnen und Athleten der Nationalmannschaft Ski alpin im Ergometrie-Labor der TU München, Fakultät für Sportwissenschaft, bei standardisierten Fahrten in der Skihalle (Landgraaf, Niederlande) und einem Trainingslehrgang (Mt.Hutt, Neuseeland).

Zur Bestimmung der physiologischen Parameter wurde ein Laborstufentest (Handbike auf Großlaufband) mit standardisiertem Protokoll durchgeführt (Startgeschwindigkeit 10 und 16 km/h, 5 Minuten Stufen, 30 Sekunden Laktatabnahmepause, 1,5 % Steigung des Laufbands). Im Einzelnen wurden so die pulmonalen Parameter (Spirometrie ZAN 600 CPX, Austria) erhoben, ebenso wie die Herzfrequenz (Polar S625, Finnland), die Blutlaktatkonzentration (Biosen S Lab+, EKF Diagnostics, Deutschland) und die RPE-Werte (Rate of Perceived Exhaustion) 1-20 der jeweiligen Stufe (Borg 1982) zur Erfassung der subjektiven Beanspruchung. Der Stufentest wurde bis zur maximalen willentlichen Anstrengung durchgeführt.

Alle Testpersonen erreichten ein Plateau in der Sauerstoffaufnahme und einen RER (Respiratory Exchange Ratio = Verhältnis von CO<sub>2</sub>-Abgabe und O<sub>2</sub>-Aufnahme) > 1.10 in der letzten Stufe, was als Maximalleistung definiert wurde, da Laktat und maximale Herzfrequenz aufgrund der Oberkörperarbeit und möglicher Beeinflussung der Herzfrequenzregulation durch die Läsionshöhe nicht als Ausbelastungskriterien verwendet werden konnten. Die VO<sub>2max</sub> wurde durch das höchste 30-Sekunden Mittelwertsintervall definiert.

Unter Labor-ähnlichen Bedingungen wurden in der Skihalle (Snowworld Landgraaf, NL) in einem ca. 30 Sekunden und 26 Tore langen Slalomlauf dieselben Parameter erhoben wie im Labor, realisiert durch den Einsatz einer mobilen Spirometrieinheit (Cosmed K4b, Cosmed, Italien) und einem mobilen Laktatmessgerät (LactateScout, EKF diagnostics, Deutschland). Die Breath-by-breath Daten der Spirometrie wurden auf Fehlerstellen überprüft und anschließend ein rollierender 5-Sekunden-Mittelwert gebildet.

Die Datenerhebung während eines Trainingslehrgangs (Mt.Hutt, Canterbury, NZ, max. Seehöhe 1982 üNN) erfolgte in gleicher Weise und wurde unter Rennlauf-ähnlichen Bedingungen für die Disziplinen Riesenslalom (Laufzeit ca. 40 Sekunden), Super-G (Laufzeit ca. 75 Sekunden) und einer freien Abfahrt, die einen überlangen und intensiven Riesenslalom simulierte (Dauer ca. 100 Sekunden), durchgeführt.

## Ergebnisse

Die Stufentestmessung lieferte für die Athletengruppe (N = 5) folgende Werte (MW ± SD für alle aufgeführten Werte, es sei denn anders vermerkt): VO<sub>2max</sub> = 33.7 ± 5.2 ml·kg<sup>-1</sup> min<sup>-1</sup> oder 2.3 ± 0.5 L·min<sup>-1</sup>, HF<sub>max</sub> = 195 ± 10 Schläge·min<sup>-1</sup>, maximales Laktat [La<sup>-</sup>] = 11.8 ± 2.0 mmol·L<sup>-1</sup>.

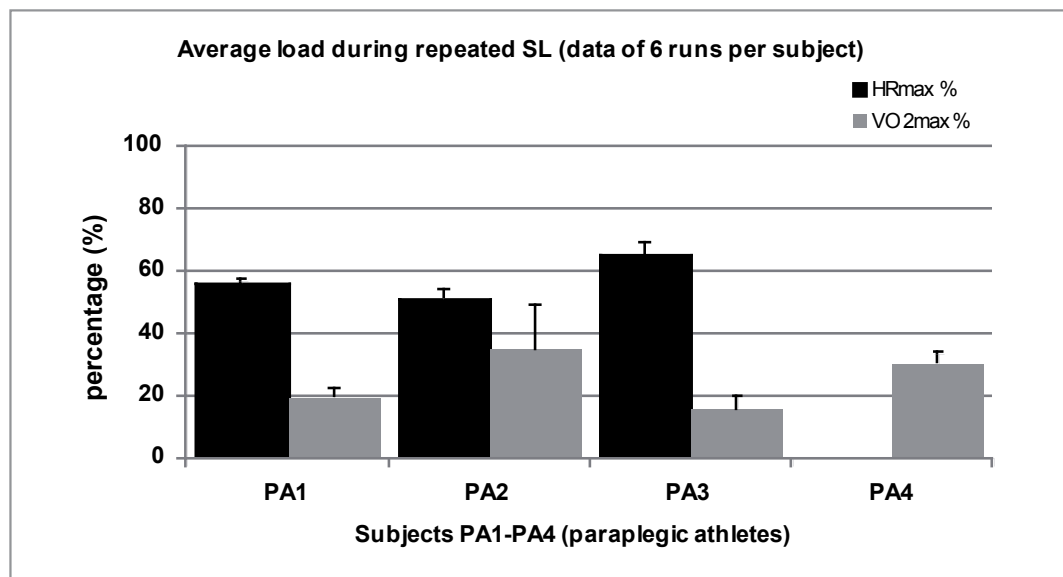


Abb. 1. Mittelwert (MW ± SD) von sechs Läufen pro Person (paraplegic athlete, PA) in Prozent der maximalen Herzfrequenz (HR<sub>max</sub>, schwarze Balken) und maximalen Sauerstoffaufnahme (VO<sub>2max</sub>, graue Balken) während eines 26-Tore Slalomlaufs mit einer Laufzeit von ca. 30 Sekunden.

Abb. 1 zeigt die Messungen über sechs Fahrten unter standardisierten Skihallenbedingungen, ausgedrückt als Prozentsatz der maximalen Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2\max}$ ) und der maximalen Herzfrequenz ( $HR_{\max}$ ).

Die Laktatwerte blieben bei allen Testpersonen während allen Läufen nahezu an den Laktatgrundwerten bzw. dem jeweiligen Ruhelaktat.

Im Feldtest zeigten sich in der Disziplin Riesenslalom Werte von  $71 \pm 8 \% HF_{\max}$  und  $38 \pm 9 \% VO_{2\max}$ , die Maximalwerte lagen mit  $78 \pm 10 \% HF_{\max}$  und  $58 \pm 11 \% VO_{2\max}$  nur geringfügig höher.

In der Disziplin Super-G lagen die Werte mit  $77 \pm 9 \% HF_{\max}$  und  $50 \pm 7 \% VO_{2\max}$  etwas höher als im Riesenslalom, hier wurden Maximalwerte von  $83 \pm 8 \% HF_{\max}$  und  $71 \pm 11 \% VO_{2\max}$  wurden erreicht.

Laktatwerte vor und nach der Belastung sowie die Angaben der RPE-Werte zeigt Tab. 1.

Tab. 1. *Laktatverlauf und RPE (Borg) Angaben von drei paraplegischen Athleten während Riesenslalom (GS) und Super-G (SG) Läufen im Feldtest*

Athlet	Disziplin	[LA] Start	[LA] Ziel	[LA] post 3	RPE (Borg)
PA1	GS	1.8	1.5	1.8	8
PA1	GS	1.6	1.5	1.7	6
PA1	SG	2.2	3.1	1.9	8
PA3	SG	1.5	2.2	2.4	15
PA3	SG	1.1	1.6	1.7	16
PA5	GS	0.8	2.7	2.3	9
PA5	GS	2.0	2.1	1.3	9

Eine exemplarische Übersicht über sechs Slalomläufe in der Skihalle, zwei Läufe Riesenslalom, einen Lauf Super-G und eine intensive freie Abfahrt gibt Abb. 2.

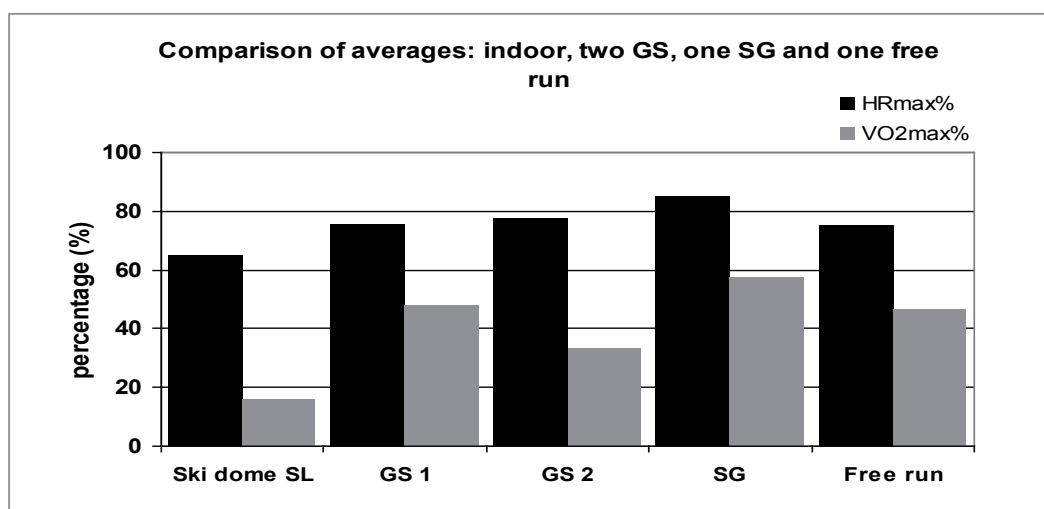


Abb. 2. Übersicht über alle gemessenen Läufe eines Athleten in Bezug auf Prozent seiner maximalen Herzfrequenz ( $HR_{\max}$ , schwarze Balken) sowie der maximalen Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2\max}$ , graue Balken).



## Diskussion

Die Testwerte der Probandengruppe aus den Stufentests im Labor zeigen zwar eine große interindividuelle Streuung, die auf Alter und Läsionshöhe zurückzuführen ist, sie bewegen sich jedoch im Wesentlichen in Bereichen wie sie auch in neueren Veröffentlichungen (e.g. Bernardi, 2010) zu finden sind.

Ebenso zeigte das verwendete Protokoll in wiederholten und vorangegangenen Tests eine gute Reliabilität für die erhobenen Werte, so dass von einem ausreichenden Fitness-Level und damit von einer Grundfähigkeit, dem alpinen Skirennlauf gewachsen zu sein, ausgegangen werden kann.

Die im Feld erhobenen, klassischen Parameter zur Erfassung der physiologischen Belastung lagen erstaunlicherweise alle weit unter den in der aktuellen Literatur berichteten Werten für nichtbehinderte Skirennläuferinnen bzw. -läufer (Turnbull, 2009).

Daher scheint die Ausdauerleistungsfähigkeit für paraplegische Skirennläuferinnen bzw. -läufer nicht der leistungsbestimmende Faktor im Wettkampf zu sein.

Im Hinblick auf Regenerationsfähigkeit, Klima-, Höhe- und Reisebelastungen stellt die Diagnostik der Ausdauer jedoch ein wichtiges Instrument zur Gewährleistung einer gewissen Grundfitness und Gesundheit der Athletinnen und Athleten dar.

Die sich anschließende Frage ist nun, wie die im alpinen Skirennlauf auftretenden äußeren Kräfte von bis zu 7000N (Spitzenpfeil, 2005) von den paraplegischen Athletinnen und Athleten bewältigt werden.

Ebenso ist die Rolle des Dämpfers, der im verwendeten Skimaterial der paraplegischen Skirennläuferinnen bzw. -läufer verbaut ist, auf seine Funktion hin zu untersuchen. Durch seine Funktionsweise scheint er die Arbeit der Beine bei Nichtbehinderten zu übernehmen, was die geringer ausfallende metabolische Belastung erklären kann.

So bleiben zwei Bereiche offen, Kraft und Koordination, in denen durch weitere Forschung geklärt werden muss, wie groß ihr Einfluss auf die Leistung ist und wie sie spezifisch diagnostiziert und trainiert werden können

## Literatur

- Bernardi, M., Guerra, E., Di Giacinto, B., Di Cesare, A., Castellano, V. & Bhambhani, Y. (2010). Field Evaluation of Paralympic Athletes in Selected Sports: Implications for Training. *Medicine and science in sports and exercise*, 42 (6), 1200-1208.
- Goll, M., Wiedemann, M. S. F. & Spitzenpfeil, P. (2010). Physiological parameters of paraplegic skiing athletes in laboratory and field measurements. In E. Müller, S. Lindinger, T. Stöggli & J. Pfusterschmied (eds.), *Book of Abstracts*, 5th International Congress on Science and Skiing. 79
- Spitzenpfeil, P., Niessen, M., Rienacker, N. & Hartmann, U. (2005). Evaluation of a specific training device in alpine skiing. In E. Müller, D. W. Bacharach, R. Klika, S. Lindinger & H. Schwameder (eds.), *Science and Skiing III* (pp. 204-215). Oxford: Meyer & Meyer Sport.
- Turnbull, J. R., Kilding, A. E. & Keogh, J. W. (2009). Physiology of alpine skiing. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 19 (2), 146-55.



## Vortriebsleistung Sledge-Eishockey (AZ 070406/08-09)

Uwe Tegtbur<sup>1</sup> (Projektleiter), Senoussi Kaba<sup>2</sup> & Heinz Nowoisky<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Medizinische Hochschule Hannover, Institut für Sportmedizin

<sup>2</sup>Klinikum Agnes-Karll Laatzen, Sportmedizinisches Zentrum

<sup>3</sup>Olympiastützpunkt Niedersachsen

### Problem

Sledge-Eishockey wird von Sportlern mit körperlicher Behinderung, überwiegend beinamputiert oder querschnittsgelähmt, gespielt. Internationale Wettkämpfe gibt es seit 30 Jahren. Spielregeln, Tore und Spielfeld sind mit Eishockey vergleichbar. Die reine Spielzeit beträgt dreimal 15 Minuten. Die Fortbewegung auf dem Eis erfolgt mit einem speziell angefertigten Metallschlitten. Zur Übertragung der Vortriebskraft, die vorrangig über die Arm- und Schultermuskulatur erfolgt, dienen zwei kurze Schläger. Ein Griffende ist mit Spikes versehen. Das andere Griffende beidseits wird zum Schlagen und Schieben des Pucks genutzt.

Es gibt bisher keine publizierten wissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse zur Kraftdiagnostik und Vortriebsleistung im Sledge-Eishockey. Daher ist Ziel des Projekts, die Vortriebsleistung zu analysieren und in Relation zu medizinischen und leistungsdiagnostischen Charakteristika von Sledge-Eishockey-Spielern der deutschen Nationalmannschaft zu untersuchen.

### Methode

Im Sportmedizinischen Zentrum in Hannover wurden bei 16 Spielern der deutschen Sledge-Eishockey-Nationalmannschaft medizinische Untersuchungen und mehrere leistungsdiagnostische Tests absolviert: Drehkurbelergometrie, isokinetische Diagnostik der Maximalkraft und Kraftausdauer beider Schultergelenke, 10-m-Eissprints. Ausgewertet wurden die Sportlercharakteristika (Trainingsalter, Trainingsumfang, Körpergröße/-gewicht, Körperfettanteil, Herzvolumen echokardiographisch, VC, FEV1, FEV1/ %VC), die Leistungsdiagnostik als Drehkurbelergometrie (Leistung, HF, Blutdruck, Laktat), die isokinetische Diagnostik (Maximalkraft und Kraftausdauer rechter und linker Arm, jeweils Extension und Flexion Schulter; Maximalkraft und Kraftausdauer rechte und linke Schulter, jeweils Innenrotation und Außenrotation; nach den Empfehlungen von Mayer et al., 1994 und Mayer et al., 2001) sowie die 10-m-Sprinttests (Analyse der ersten 5 Anschübe mit Beschleunigung, Geschwindigkeit, Dauer auch der Rückholbewegung, Strecke, Winkelbeschleunigung und Winkelgeschwindigkeit).

## Ergebnisse

### Sportlercharakteristika

Die Athleten der Nationalmannschaft sind im Mittel 34 Jahre alt, spielen seit durchschnittlich 7-8 Jahren Sledge-Eishockey und trainieren viermal wöchentlich (siehe Tab. 1). Die Athleten mit Amputation (N = 9) sind tendenziell etwas älter, haben ein tendenziell größeres Herzvolumen und kleinere FEV1 als die querschnittsgelähmten Athleten (N = 7). Die VC beträgt bei den Athleten mit Amputation 100 % des Sollwertes, bei den querschnittsgelähmten Athleten 90 % des Sollwertes. Im Vergleich zu etwa gleichaltrigen Leistungssportlern unterschiedlicher Sportarten (N = 154, Alter  $30 \pm 4$  Jahre, Herzvolumen  $492 \pm 101$  ml) ist das in der Echokardiographie ermittelte Herzvolumen mit  $625 \pm 95$  ml signifikant vergrößert.

Tab. 1. *Sportlercharakteristika (N = 16) (MW  $\pm$  SD; Signifikanzen \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ )*

	Alter	Trainingsjahre Hauptsportart	Trainings- einheiten pro Woche	Körpergröße (cm)	Körpergewicht (kg)	Körperfettanteil (%)
Gesamt	34,02 $\pm$ 11,90	7,69 $\pm$ 3,07	3,88 $\pm$ 1,54	178,50 $\pm$ 10,11	73,51 $\pm$ 9,88	18,29 $\pm$ 4,16
Querschnitt.	31,56 $\pm$ 10,42	7,00 $\pm$ 2,71	4,00 $\pm$ 1,63	177,29 $\pm$ 11,18	72,86 $\pm$ 11,32	18,19 $\pm$ 5,26
Amputation	36,01 $\pm$ 7,91	8,22 $\pm$ 3,38	3,78 $\pm$ 1,56	179,44 $\pm$ 9,77	74,01 $\pm$ 9,28	18,38 $\pm$ 3,30

	HV durch Echo (ml)	VC (l)	FEV 1 (l)	FEV1 % (in % der VC)
Gesamt	625,00 $\pm$ 94,87	5,07 $\pm$ 0,83	4,23 $\pm$ 0,66	84,22 $\pm$ 7,52
Querschnitt.	600,00 $\pm$ 115,47	4,74 $\pm$ 0,89	4,17 $\pm$ 0,71	88,50 $\pm$ 5,36
Amputation	644,44 $\pm$ 76,83	5,31 $\pm$ 0,73	4,28 $\pm$ 0,66	80,90 $\pm$ 7,49 **

### Drehkurbelergometrie

In Tab. 2 sind die Ergebnisse der Drehkurbelergometrie (Beginn 50W, Steigerung 16,6 Watt/min) dargestellt (ergoline 800 Drehkurbelergometer).

Tab. 2. *Testdaten der Drehkurbelergometrie (MW  $\pm$  SD; Signifikanzen \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ )*

	Belastungsstufe max (Watt)	Herzfrequenz max (S/ min)	Lactat max (mmol)	RRsys max (mmHg)	RRdia max (mmHg)
Gesamt	146,06 $\pm$ 19,83	173,25 $\pm$ 11,37	8,92 $\pm$ 1,76	160,94 $\pm$ 16,95	76,25 $\pm$ 5,18
Querschnitt.	150,00 $\pm$ 11,55	179,14 $\pm$ 10,40	9,40 $\pm$ 1,86	161,43 $\pm$ 21,16	75,71 $\pm$ 5,35
Amputation	143,00 $\pm$ 24,77	168,67 $\pm$ 10,36	8,44 $\pm$ 1,65	160,56 $\pm$ 14,24	78,89 $\pm$ 7,82

Die querschnittsgelähmten Athleten (N = 7) erreichen mit 150 W im Mittel eine tendenziell, aber nicht signifikant höhere Leistung als die Athleten mit Amputation (N = 9). Die maximale Herzfrequenz und Laktatkonzentration sind bei den jüngeren querschnittsgelähmten Athleten geringfügig höher.

## Isokinetische Diagnostik

### Maximalkraft Extension und Flexion Schulter (Tab. 3a)

Die Messwerte des linken und rechten Armes unterscheiden sich nicht signifikant. Das maximale Drehmoment rechts beträgt  $216,19 \pm 34,48$  Nm, links  $215,44 \pm 33,21$  Nm.

Das maximale Drehmoment der querschnittsgelähmten Athleten ist mit  $219,15 \pm 35,22$  Nm rechts und  $226,98 \pm 33,11$  Nm links nicht signifikant unterschiedlich zu dem der Athleten mit Amputation (rechts  $212,25 \pm 36,35$  Nm, links  $200,05 \pm 28,91$  Nm).

Tab. 3a. *Maximalkraft Extension und Flexion Schulter (MW  $\pm$  SD; Signifikanzen \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ )*

Rechtes Schultergelenk Extension und Flexion 80° Isokinetik klassisch Kon/Kon 60/60 (Messung: 5 Wdhlg. Pause 60s)						
	D.Moment max Ext (Nm)	D.Moment max Flex (Nm)	D.Moment max Mw. Ext (Nm)	D.Moment max Mw. Flex (Nm)	D.Moment max Mw Flex/ Ext (%)	D.Moment max Mw.Ext/kg (Nm/kg)
Gesamt	216,19 $\pm$ 34,48	-162,66 $\pm$ 27,33	203,58 $\pm$ 36,82	-153,67 $\pm$ 25,03	76,34 $\pm$ 10,22	2,81 $\pm$ 0,58
Querschnitt.	219,15 $\pm$ 35,22	-170,94 $\pm$ 31,32	207,14 $\pm$ 36,22	-161,16 $\pm$ 29,23	78,14 $\pm$ 9,63	2,80 $\pm$ 0,48
Amputation	212,25 $\pm$ 36,35	-151,62 $\pm$ 17,70	198,83 $\pm$ 40,50	-143,68 $\pm$ 14,95	73,93 $\pm$ 11,38	2,82 $\pm$ 0,74
Linkes Schultergelenk Extension und Flexion 80° Isokinetik klassisch Kon/Kon 60/60 (Messung: 5 Wdhlg. Pause 60s)						
	D.Moment max Ext (Nm)	D.Moment max Flex (Nm)	D.Moment max Mw. Ext (Nm)	D.Moment max Mw. Flex (Nm)	D.Moment max Mw Flex/ Ext (%)	D.Moment max Mw.Ext/kg (Nm/kg)
Gesamt	215,44 $\pm$ 33,21	-157,00 $\pm$ 25,83	198,03 $\pm$ 35,16	-146,70 $\pm$ 27,87	74,66 $\pm$ 11,83	2,71 $\pm$ 0,51
Querschnitt.	226,98 $\pm$ 33,11	-159,49 $\pm$ 18,24	212,56 $\pm$ 30,25	-150,75 $\pm$ 16,19	71,90 $\pm$ 10,43	2,86 $\pm$ 0,39
Amputation	200,05 $\pm$ 28,91	-153,68 $\pm$ 35,29	178,65 $\pm$ 33,83*	-141,30 $\pm$ 39,88	78,33 $\pm$ 13,54	2,52 $\pm$ 0,63

### Kraftausdauer Extension und Flexion Schulter (Tab. 3b)

Die Messwerte der Kraftausdauer des linken und rechten Armes unterscheiden sich nicht signifikant. Wesentliche Messgrößen sind hier die Anzahl der Wiederholungen, die totale Arbeit der Flexion und Extension sowie der Abfall der Arbeit im Laufe der 60 sec. Die Kraftausdauer der querschnittsgelähmten Athleten ist nicht signifikant unterschiedlich zu dem der Athleten mit Amputation.

Tab. 3b. *Kraftausdauer Extension und Flexion Schulter (MW  $\pm$  SD; Signifikanzen \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ )*

Rechtes Schultergelenk Extension und Flexion 80° Isokinetik klassisch Kon/Kon 180/180 (Messung: Zeit 60s Pause 60s)								
	Anzahl Bewegungen Ext (n)	Mittl.Arbeit Flex/Ext	Total Arbeit Ext (J)	Total Arbeit Flex (J)	Mittl. Arbeit Ext/kg (J/kg)	Mittl. Arbeit Flex/kg (J/kg)	Abfall Arbeit Ext (J/s)	Abfall Arbeit Flex (J/s)
Gesamt	62,07 $\pm$ 7,62	94,63 $\pm$ 12,35	2633,96 $\pm$ 673,58	2463,60 $\pm$ 422,92	0,60 $\pm$ 0,22	0,57 $\pm$ 0,17	-0,42 $\pm$ 0,31	-0,37 $\pm$ 0,29
Querschnitt.	64,00 $\pm$ 7,71	100,04 $\pm$ 12,08	2491,43 $\pm$ 384,64	2465,88 $\pm$ 267,78	0,53 $\pm$ 0,08	0,53 $\pm$ 0,11	-0,44 $\pm$ 0,36	-0,45 $\pm$ 0,32
Amputation	59,50 $\pm$ 7,34	85,98 $\pm$ 7,07*	2824,00 $\pm$ 946,92	2460,57 $\pm$ 603,84	0,70 $\pm$ 0,30	0,61 $\pm$ 0,23	-0,39 $\pm$ 0,28	-0,26 $\pm$ 0,23
Linkes Schultergelenk Extension und Flexion 80° Isokinetik klassisch Kon/Kon 180/180 (Messung: Zeit 60s Pause 60s)								
	Anzahl Bewegungen Ext (n)	Mittl.Arbeit Flex/Ext	Total Arbeit Ext (J)	Total Arbeit Flex (J)	Mittl. Arbeit Ext/kg (J/kg)	Mittl. Arbeit Flex/kg (J/kg)	Abfall Arbeit Ext (J/s)	Abfall Arbeit Flex (J/s)
Gesamt	60,31 $\pm$ 6,16*	93,35 $\pm$ 15,28	2833,88 $\pm$ 531,97	2621,20 $\pm$ 407,21	0,66 $\pm$ 0,15	0,62 $\pm$ 0,16	-0,49 $\pm$ 0,29	-0,37 $\pm$ 0,23
Querschnitt.	61,63 $\pm$ 6,57	91,28 $\pm$ 19,21	2885,44 $\pm$ 571,11	2591,65 $\pm$ 288,90	0,63 $\pm$ 0,12	0,58 $\pm$ 0,12	-0,51 $\pm$ 0,26	-0,39 $\pm$ 0,20
Amputation	58,20 $\pm$ 5,40	96,66 $\pm$ 5,70	2751,38 $\pm$ 514,18	2668,48 $\pm$ 588,94	0,71 $\pm$ 0,20	0,69 $\pm$ 0,20	-0,44 $\pm$ 0,35	-0,35 $\pm$ 0,29

### Maximalkraft Innenrotation und Außenrotation der Schulter (Tab. 4a)

Die Messungen des linken und rechten Armes unterscheiden sich in der Innenrotation, aber nicht in der Außenrotation signifikant voneinander. Das maximale Drehmoment der Innenrotation rechts, des dominierenden Armes, beträgt  $71,81 \pm 12,53$  Nm, links  $63,26 \pm 10,85$  Nm,  $p = 0,007$ . Das maximale Drehmoment der Außenrotation rechts beträgt  $-38,74 \pm 7,04$  Nm, links  $-38,68 \pm 6,73$  Nm,  $p < 0,05$ .

Tab. 4a. *Maximalkraft Innenrotation und Außenrotation der Schulter (MW  $\pm$  SD; Signifikanzen \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ )*

Rechtes Schultergelenk IR/AR 45° Abd Isokinetik klassisch Kon/Kon 60/60 (Messung: 5 Wdhlg. Pause 60s)							
	D.Moment max IR (Nm)	D.Moment max AR (Nm)	D.Moment max Mw. IR (Nm)	D.Moment max Mw. AR (Nm)	D.Moment max Mw AR/IR (%)	D.Moment max Mw.IR/kg (Nm/kg)	D.Moment max Mw. AR/kg (Nm/kg)
Gesamt	71,81 $\pm$ 12,53	-38,74 $\pm$ 7,04	66,49 $\pm$ 12,35	-36,53 $\pm$ 6,69	56,36 $\pm$ 13,40	0,92 $\pm$ 0,19	-0,50 $\pm$ 0,08
Querschnitt.	71,06 $\pm$ 16,21	-37,76 $\pm$ 5,52	66,49 $\pm$ 16,21	-35,64 $\pm$ 5,59	55,58 $\pm$ 12,81	0,90 $\pm$ 0,21	-0,48 $\pm$ 0,08
Amputation	72,82 $\pm$ 6,18	-40,05 $\pm$ 9,09	66,50 $\pm$ 5,34	-37,72 $\pm$ 8,35	57,40 $\pm$ 15,33	0,94 $\pm$ 0,18	-0,52 $\pm$ 0,08
Linkes Schultergelenk IR/AR 45° Abd Isokinetik klassisch Kon/Kon 60/60 (Messung: 5 Wdhlg. Pause 60s)							
	D.Moment max IR (Nm)	D.Moment max AR (Nm)	D.Moment max Mw. IR (Nm)	D.Moment max Mw. AR (Nm)	D.Moment max Mw AR/IR (%)	D.Moment max Mw.IR/kg (Nm/kg)	D.Moment max Mw. AR/kg (Nm/kg)
Gesamt	63,26 $\pm$ 10,85**	-38,68 $\pm$ 6,73	59,06 $\pm$ 10,90*	-36,47 $\pm$ 6,28	62,86 $\pm$ 10,83**	0,81 $\pm$ 0,17**	-0,50 $\pm$ 0,07
Querschnitt.	58,50 $\pm$ 9,77	-35,91 $\pm$ 4,82	54,55 $\pm$ 9,86	-34,15 $\pm$ 4,27	63,88 $\pm$ 11,04	0,74 $\pm$ 0,13	-0,46 $\pm$ 0,06
Amputation	69,60 $\pm$ 9,37*	-42,37 $\pm$ 7,52*	65,07 $\pm$ 9,84*	-39,57 $\pm$ 7,55	61,50 $\pm$ 11,41	0,91 $\pm$ 0,16*	-0,55 $\pm$ 0,07*

### Kraftausdauer Innenrotation und Außenrotation der Schulter (Tab. 4b)

Auch bei der Kraftausdauer zeigt die Innenrotation der rechten Schulter signifikant höhere Werte als die der linken Schulter, während die Werte der Außenrotation rechts und links nahezu gleich sind. Die totale Arbeit der Innenrotation als Anzahl/60sec mal mittlere Arbeit pro IRO beträgt rechts  $1349,12 \pm 306,62$  J und  $1187,57 \pm 248,38$  J links. Die Außenrotation ist im Sinne einer Gegenregulation rechts ( $764,64 \pm 132,00$  J) im Vergleich zu links ( $792,68 \pm 146,90$  J) tendenziell, aber nicht signifikant reduziert.

Tab. 4b. *Kraftausdauer Innenrotation und Außenrotation der Schulter (MW  $\pm$  SD; Signifikanzen \* $p < 0,05$ ; \*\* $p < 0,01$ )*

Rechtes Schultergelenk IR/AR 45° Abd Isokinetik klassisch Kon/Kon 180/180 (Messung: Zeit 60s Pause 60s)								
	Anzahl Bewegungen IR (n)	Mittl.Arbeit AR/IR	Total Arbeit IR (J)	Total Arbeit AR (J)	Mittl. Arbeit IR/kg (J/kg)	Mittl. Arbeit AR/kg (J/kg)	Abfall Arbeit IR (J/s)	Abfall Arbeit AR (J/s)
Gesamt	55,43 $\pm$ 5,00	57,91 $\pm$ 10,01	1349,12 $\pm$ 306,62	764,64 $\pm$ 132,00	0,33 $\pm$ 0,06	0,19 $\pm$ 0,02	-0,11 $\pm$ 0,10	-0,09 $\pm$ 0,03
Querschnitt.	54,75 $\pm$ 5,73	55,58 $\pm$ 8,56	1411,73 $\pm$ 336,07	768,85 $\pm$ 127,40	0,34 $\pm$ 0,04	0,19 $\pm$ 0,02	-0,09 $\pm$ 0,09	-0,10 $\pm$ 0,03
Amputation	56,33 $\pm$ 4,18	61,02 $\pm$ 11,74	1265,65 $\pm$ 267,75	759,03 $\pm$ 150,04	0,32 $\pm$ 0,07	0,19 $\pm$ 0,02	-0,13 $\pm$ 0,11	-0,08 $\pm$ 0,04
Linkes Schultergelenk IR/AR 45° Abd Isokinetik klassisch Kon/Kon 180/180 (Messung: Zeit 60s Pause 60s)								
	Anzahl Bewegungen IR (n)	Mittl.Arbeit AR/IR	Total Arbeit IR (J)	Total Arbeit AR (J)	Mittl. Arbeit IR/kg (J/kg)	Mittl. Arbeit AR/kg (J/kg)	Abfall Arbeit IR (J/s)	Abfall Arbeit AR (J/s)
Gesamt	54,07 $\pm$ 5,23	66,57 $\pm$ 8,61	1187,57 $\pm$ 248,38	792,68 $\pm$ 146,90	0,30 $\pm$ 0,06	0,20 $\pm$ 0,03	-0,07 $\pm$ 0,09	-0,11 $\pm$ 0,03
Querschnitt.	54,13 $\pm$ 5,96	63,88 $\pm$ 8,81	1173,51 $\pm$ 230,61	759,95 $\pm$ 131,33	0,29 $\pm$ 0,02	0,19 $\pm$ 0,02	-0,05 $\pm$ 0,08	-0,11 $\pm$ 0,04
Amputation	54,00 $\pm$ 4,60	70,17 $\pm$ 7,53	1206,32 $\pm$ 291,91	836,32 $\pm$ 167,21	0,31 $\pm$ 0,08	0,22 $\pm$ 0,04*	-0,11 $\pm$ 0,10	-0,11 $\pm$ 0,04



## Sprinttests über 10 m

Tab. 5 zeigt die Dauer der Anschübe und Ausholbewegungen im Sprinttest.

Tab. 5. *Dauer der Anschübe und Ausholbewegungen*

	MW ± SD (s)
Dauer erster Schub	0,87 ± 0,27
Dauer zweiter Schub	0,39 ± 0,12
Dauer dritter Schub	0,34 ± 0,09
Dauer vierter Schub	0,32 ± 0,08
Dauer fünfter Schub	0,31 ± 0,08
Dauer erste Ausholbewegung	0,27 ± 0,16
Dauer zweite Ausholbewegung	0,29 ± 0,08
Dauer dritter Ausholbewegung	0,33 ± 0,07
Dauer vierter Ausholbewegung	0,36 ± 0,09

Der erste und zweite Anschub sind signifikant besser bei den Sportlern mit Amputation als bei den querschnittsgelähmten Sportlern. Die schnellere Geschwindigkeit von 2,4 vs 1,9 m/s bleibt auch nach dem fünften Anschub bestehen (3,8 vs. 3,4 m/s). Auch die Dauer des ersten Anschubes mit  $0,76 \pm 0,23$  sec ist bei den Sportlern mit Amputation schneller als bei den querschnittsgelähmten Sportlern ( $1,23 \pm 0,45$  sec;  $p = 0.002$ ).

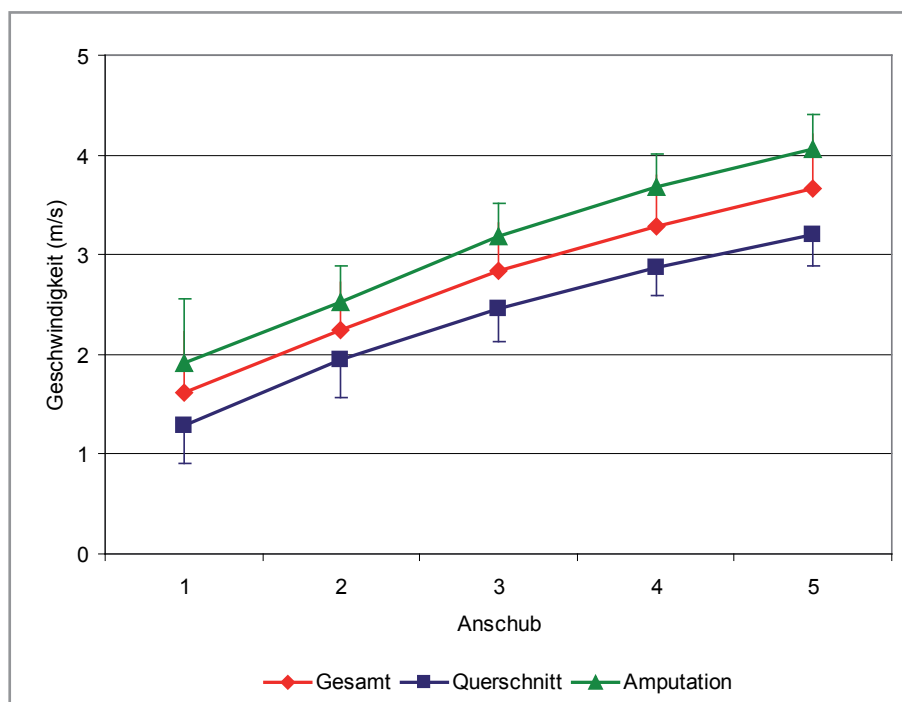


Abb. 1a. Geschwindigkeit über die ersten fünf Anschübe.

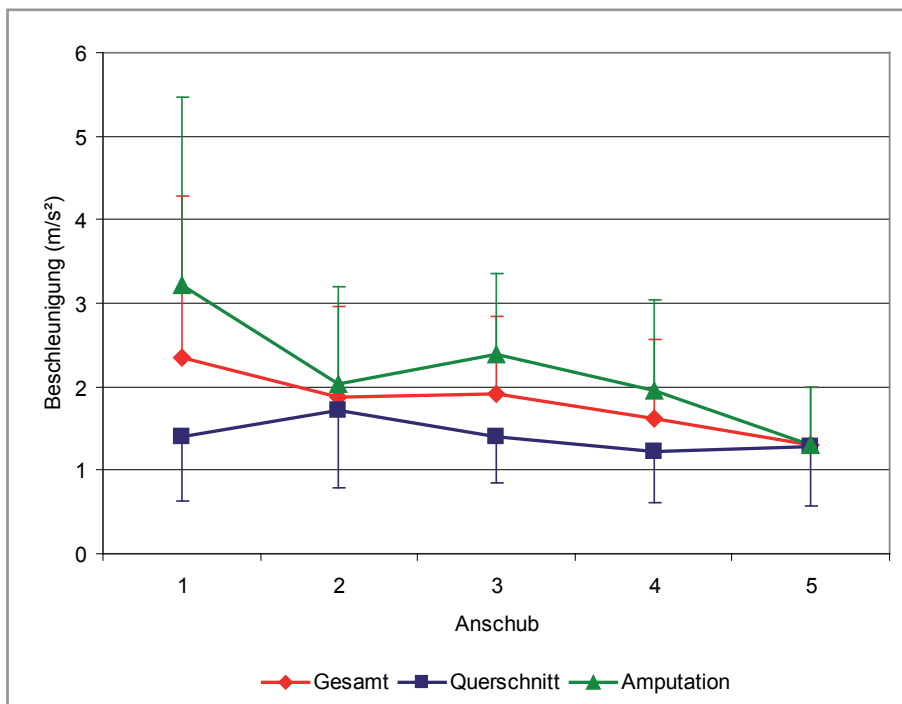


Abb. 1b. Beschleunigung über die ersten fünf Anschläge

Die Beschleunigung nimmt über die 5 Anschläge stetig ab, die Geschwindigkeit nimmt zu. Die Sportler mit Amputation haben einen besseren ersten Anschlag, der Vorsprung in m/s wird bis zum 5 Anschlag beibehalten.

## Diskussion und Praxisbezug

Die Sledge-Eishockey Athleten zeigen eine ausgeprägte Trainingsanpassung des Herzens. Die Lungenfunktion ist nahe normal. Die durchschnittlich erreichte Maximalleistung beträgt 146 Watt, was 70 % der altersnormierten Sollleistung Altersgleicher auf dem Fahrradergometer entspricht. Die Leistungsfähigkeit an der Drehkurbel und das maximale Drehmoment unterscheiden sich nicht signifikant zwischen den Behinderungsarten. Das maximale Drehmoment der Schulter liegt 2-4 mal höher als bei Untrainierten. Daher sind die Belastungen von Bindegewebe, Knorpel und Knochen erheblich höher. Da Schulterschäden bei Rollstuhlathletinnen bzw. -athleten durch die starke Muskulatur kompensiert werden und oft asymptomatisch verlaufen, sollte der Verletzungsprävention eine hohe Bedeutung beigemessen werden. Die Kraftausdauer unterscheidet sich nicht signifikant zwischen den Behinderungsarten. Das maximale Drehmoment der Innenrotation der dominanten Schulterseite ist signifikant stärker als das der nicht-dominanten Schulter. Gerade auch für die Alltagsbelastungen mit dem Rollstuhl ist hier eine Verbesserung der nichtdominanten Seite durch gezieltes Training anzustreben.

Die Geschwindigkeit nimmt vom ersten bis zum fünften Anschlag stetig zu und erreicht noch kein Plateau nach 10 m. Die Athleten mit Amputation haben einen signifikant schnelleren ersten Anschlag als die Athleten mit Querschnittslähmung. Die Beschleunigung vom 2.-5. Anschlag ist gleich gut.

Die Sprintgeschwindigkeit wird vor allem durch die Bewegungsgeschwindigkeit der Schulter beim Anschlag determiniert. Eine hohe Bewegungsgeschwindigkeit mit der komplexen Aushol- und Rückholbewegung sollte als Trainingsziel definiert werden. Krafttraining sollte danach ausgerichtet werden.

## Literatur

Mayer F., Horstmann T., Röcker K., Heitkamp H. C. & Dickhuth H. H. (1994). Normal values of isokinetic maximum strength, the strength/velocity curve, and the angle at peak torque of all degrees of freedom in the shoulder. *International journal of sports medicine*, 15 (1), S. 19-25.

Mayer, F., Horstmann, T., Bäurle, W., Grau, S., Handel, M. & Dickhuth, H. H. (2001). Diagnostic with isokinetic devices in shoulder measurements – potentials and limits. *Isokinetics and exercise science*, 9, S. 19-25.



# Der Einfluss der Kurbelfrequenz auf die Leistungsfähigkeit in der Sportart Handcycling

(AZ 070404/09)

Patrick Kromer<sup>1</sup>, Kai Röcker<sup>2</sup>, Anja Hirschmüller<sup>3</sup>,  
Hans-Hermann Dickhuth<sup>2</sup> & Albert Gollhofer (Projektleiter)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Freiburg, Institut für Sport und Sportwissenschaft

<sup>2</sup>Medizinische Universitätsklinik Freiburg, Abt. für Rehabilitative  
und Präventive Sportmedizin

<sup>3</sup>Universitätsklinikum Freiburg, Department für Orthopädie und Traumatologie

## Problem

Handcycling ist eine junge Behindertensportart, die überwiegend von rollstuhlfahrenden Menschen ausgeübt wird und als paralympische Disziplin eine fest etablierte Größe im Behindertenradsport darstellt.

Im Vergleich zum Radsport erfolgt der Primärtrieb durch eine zyklische Bewegung der Arbeitsmuskulatur mit Kraftübertragung auf ein Kurbelsystem. Über einen Kettenantrieb wird das Antriebsrad und somit das Sportgerät in Bewegung gesetzt.

Besonders im Radsport gibt es aus sportwissenschaftlichen und medizinischen Fachbereichen viele Studien, die das Zusammenspiel zwischen Sportlerin bzw. Sportler und Sportgerät untersuchen und verbessern wollen. Einen sehr interessanten Aspekt stellt dabei die Verbesserung der Leistungsfähigkeit durch die Kurbelfrequenz dar. Hier wurden in den letzten Jahrzehnten viele Ergebnisse aus Studien gesammelt, wodurch das Spektrum der „effizienten Trittfrequenz“ eingegrenzt werden konnte. Die Erkenntnisse werden in der heutigen Trainingslehre angewandt.

Für die Sportart Handcycling gibt es bezüglich des oben genannten Themas nur eine geringe Auswahl an wissenschaftlicher Literatur (Price et al., 2007).

Diese Situation war für uns Anlass, offene Fragen über „Kurbelfrequenzen im Handcycling“ tiefgründig zu untersuchen. Dabei stellte sich die Forschungsfrage, in welchem Kadenzbereich im Handcycling die Leistungsfähigkeit der Sportlerinnen und Sportler am größten bzw. effizientesten ist. Die Übertragbarkeit der Erkenntnisse in die Sportpraxis (Training und Wettkampf) hatte dabei eine grundlegende Bedeutung.

## Methode

Das Handcycling Projekt wurde in zwei Testreihen aufgeteilt, deren Durchführung sich an den Publikationen aus dem Radsport orientierte (Buchanan & Weltman, 1985; Chavarren & Calbet, 1999; Hagberg et al., 1981; Löllgen, 1980; Mora-Rodriguez & Aquade-Jiminez, 2006). Jeder aus der Probandengruppe absolvierte 5 Tests pro Testreihe. In der ersten Testreihe sollte erfasst werden, mit welcher Kurbelfrequenz (50, 70, 90, 110 U/min und frei gewählte Frequenz) die höchste maximale Leistung (Watt) in einem Stufentest erzielt wird. Zusätzlich wurde die Auswirkung

auf physiologische Parameter (Herzfrequenz und Blutlaktatkonzentration) gemessen. In der zweiten Testreihe absolvierten die Sportlerinnen und Sportler 10-Minuten-Tests bei konstantem Wattwiderstand, ebenfalls mit den o. a. Kurbelfrequenzen und der Messung von Herzfrequenz und Blutlaktatkonzentration.

Beide Testreihen wurden auf einem Handcycle Ergometer durchgeführt (Cyclus 2, Firma RbM elektronik-automation GmbH, Leipzig, Deutschland). Für den Stufentest wurde eine Anfangsbelastung von 40 Watt gewählt (Stufenanstieg: 20 Watt/3min). Die Belastungsintensität des 10-Minuten-Tests betrug 80 % von  $P_{Max}$ , die aus einem vorausgegangenem Stufentest mit frei gewählter Kurbelfrequenz ermittelt wurde. Die Messung der Herzfrequenz [HF (Schläge/min)] erfolgte mit einem Brustgurt (Firma Polar Electro, Kempele, Finnland). Für die Laktatbestimmung [LA (mmol/L)] des kapillär am Ohrläppchen entnommenen Blutes kam das Gerät EpioPlus (Firma Eppendorf AG, Hamburg, Deutschland) zum Einsatz.

Die Untersuchungsgruppe umfasste 15 männliche querschnittgelähmte Probanden. Die Probandenkonstellation zwischen den Testreihen variierte dabei nur geringfügig (Testreihe 1:  $180,8 \pm 5,1$  cm,  $73,3 \pm 7,7$  kg,  $42,9 \pm 5$  Jahre, Lähmungshöhe: C6 – L2; Testreihe 2:  $182,7 \pm 3,7$  cm,  $76,4 \pm 6,0$  kg,  $43,2 \pm 8,0$  Jahre, Lähmungshöhe: C6 – L2). Bei allen Probanden handelte es sich um Wettkampfsportler der Sportart Handcycling. Für die Untersuchung wurden ausschließlich Probanden akquiriert, die eine liegende Position im Handbike einnahmen, sogenannte „Liegebiker“, und eine Trainings- und Wettkampfkilometerleistung aus dem Vorjahr (2008) von mindestens 4000 km aufweisen konnten.

## Ergebnisse

In der Tabelle 1 sind die physiologischen Auswirkungen der Testreihe 1 & 2 zu jeder Kurbelfrequenz dargestellt.  $LA_{Ruhe}$  und  $HF_{Ruhe}$  zeigten im Verlauf der beiden Testreihen keine signifikanten Unterschiede. Ein konstantes Ausgangsniveau der Sportler bei allen Tests war somit gegeben.

Tab. 1. *Physiologische Parameter Testreihe 1 in Abhängigkeit der Kurbelfrequenz*

Parameter/ Testreihe 1	50 U/min	70 U/min	90 U/min	110 U/min	fgF (82,3 U/ min)
$P_{Max}$ (Watt)	$164,7 \pm 33,9$	$169,1 \pm 35,4$	$162,9 \pm 39$	$158,2 \pm 40,7$	$166,9 \pm 33,5$
Abbruchzeit (sek)	$1320 \pm 330$	$1350 \pm 305$	$1281 \pm 355$	$1245 \pm 367$	$1341 \pm 336$
$LA_{Ruhe}$ (mmol/l)	$1,4 \pm 0,33$	$1,32 \pm 0,54$	$1,35 \pm 0,39$	$1,28 \pm 0,32$	$1,3 \pm 0,31$
$LA_{Max}$ (mmol/l)	$8,2 \pm 2,05$	$9,75 \pm 2,47$	$9,96 \pm 2,8$	$10,61 \pm 3,17$	$9,57 \pm 2,8$
$LA_{3P}$ (mmol/l)	$8,79 \pm 2,14$	$10,74 \pm 2,58$	$10,87 \pm 2,81$	$11,1 \pm 2,88$	$10,83 \pm 3,11$
$HF_{Ruhe}$ (Schläge/min)	$68,2 \pm 10,6$	$68,6 \pm 10,2$	$66,8 \pm 10,3$	$66,4 \pm 10$	$66,7 \pm 9,9$
$HF_{Max}$ (Schläge/min)	$170 \pm 17,2$	$177 \pm 17,9$	$176,7 \pm 21,1$	$177,5 \pm 18,4$	$176 \pm 18,2$

Fortsetzung Tab. 1. *Physiologische Parameter der Testreihe 2 in Abhängigkeit der Kurbelfrequenz*

Parameter Testreihe 2	/	50 U/min	70 U/min	90 U/min	110 U/min	fgF (82,9 U/ min)
LARuhe (mmol/l)		1,52 ± 0,35	1,63 ± 0,45	1,73 ± 0,65	1,68 ± 0,51	1,73 ± 0,44
LAMax (mmol/l)		6,61 ± 2,6	6,8 ± 2,09	7,39 ± 2,71	9,47 ± 3,15	7,21 ± 2,32
LA10P (mmol/l)		3,92 ± 2	3,63 ± 1,78	4,28 ± 2,3	6,25 ± 3,55	4,40 ± 2,49
HFRuhe (Schläge/min)		73,3 ± 11,8	71,6 ± 9,29	74,9 ± 14,2	70,5 ± 11,47	72,4 ± 8,45
HFMax (Schläge/min)		158,8 ± 13	160,2 ± 13,9	165,2 ± 12,2	170,4 ± 12,6	164,5 ± 14,2

### Testreihe 1

Im Stufentest mit der fgF wurde eine durchschnittliche Kurbelfrequenz von 82,3 ± 10,4 U/min und eine maximale Leistung von 166,9 ± 33,5 Watt erzielt.

Die höchste  $P_{Max}$  für die vorgegebenen Frequenzen wurde mit 70 U/min (169,1 ± 35,4 Watt) erzielt. Dieser Test unterschied sich dabei signifikant ( $p < 0,05$ ) von den Testreihen mit 90 U/min (162,9 ± 39 Watt) und 110 U/min (158,2 ± 40,7 Watt).

$P_{Max}$  bei 50 U/min (164,7 ± 33,9 Watt) war niedriger im Vergleich zu 70 U/min, jedoch ohne statistisch eindeutige Signifikanz ( $p = 0,068$ ). Es ergab sich ein Leistungsgefälle zwischen 70 und 110 U/min von 6,5 % (10,9 Watt) (Abb.1).

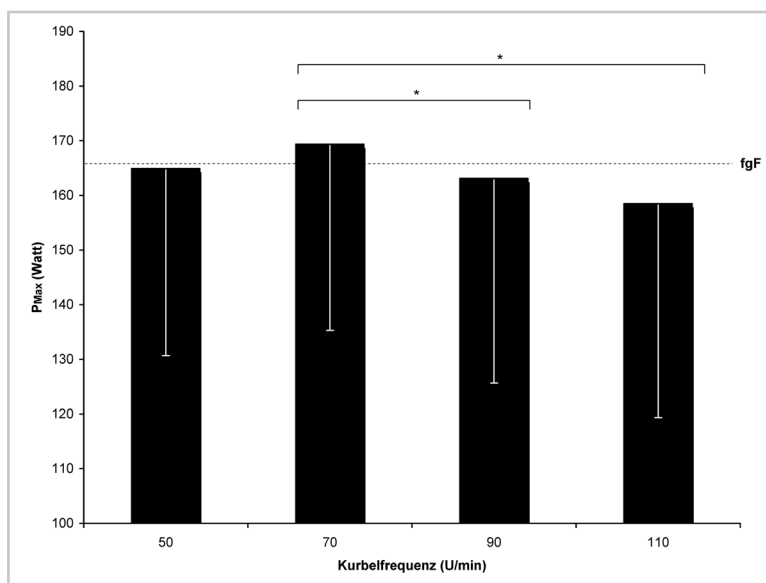


Abb. 1. Testreihe 1: maximale Leistung (PMax) während der Stufentests mit unterschiedlichen Kurbelfrequenzen. Die Leistung der frei gewählten Frequenz (fgF) ist als gestrichelte Linie gekennzeichnet. \*:  $p < 0,05$



$HF_{Max}$  zeigte in den Testreihen mit 70, 90 und 110 U/min (177; 177,7; 177,5 Schläge/min) keine signifikanten Unterschiede. Aufgrund des Leistungsabfalls von  $P_{Max}$  zwischen 70 und 110 U/min ist es daher offensichtlich, dass  $HF_{Max}$  mit 90 U/min und vor allem bei 110 U/min zu einem früheren Zeitpunkt erreicht wurde.

Bei der Testreihe mit 50 U/min dagegen war ein Abfall der  $HF_{Max}$  von 4 % erkennbar ( $p < 0,001$ ). Die Sportler waren somit bei diesem Test kardiovaskulär nicht vollständig ausbelastet (170,3 Schläge/min).

Zwischen 50 und 110 U/min zeigte sich ebenso ein Anstieg von  $LA_{Max}$  von  $8,2 \pm 2,05$  mmol/L auf  $10,61 \pm 3,17$  mmol/L ( $p < 0,05$ ), was einer Erhöhung von 29,4 % entsprach. Die Messungen der Laktatkonzentration  $LA_{3P}$  bestätigten die Ergebnisse von  $LA_{Max}$ . Mit  $8,79 \pm 2,14$  mmol/L bei 50 U/min und  $11,1 \pm 2,88$  mmol/L bei 110 U/min resultierte ein Anstieg von 26,3 % ( $p < 0,05$ ).

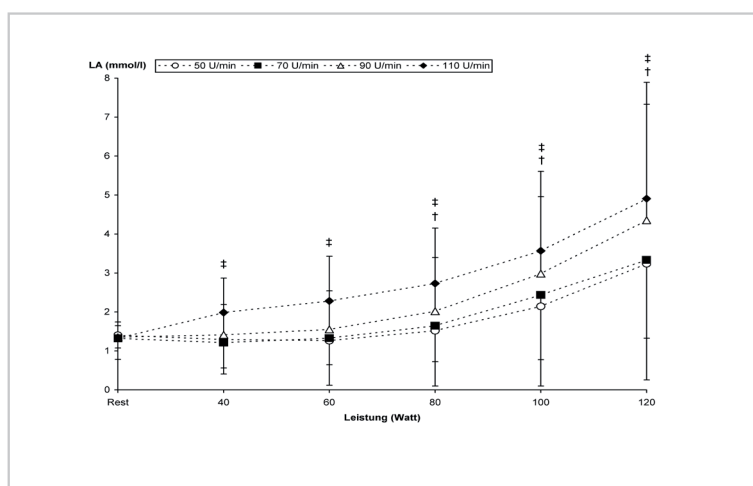


Abb. 2. Testreihe 1: relativer Anstieg der Blutlaktatkonzentration (LA) in Abhängigkeit der Kurbelfrequenz während Stufentests (40 bis 120 Watt). ‡:  $p < 0,05$ ; 90–110 U/min. †:  $p < 0,05$ ; 70–90 U/min

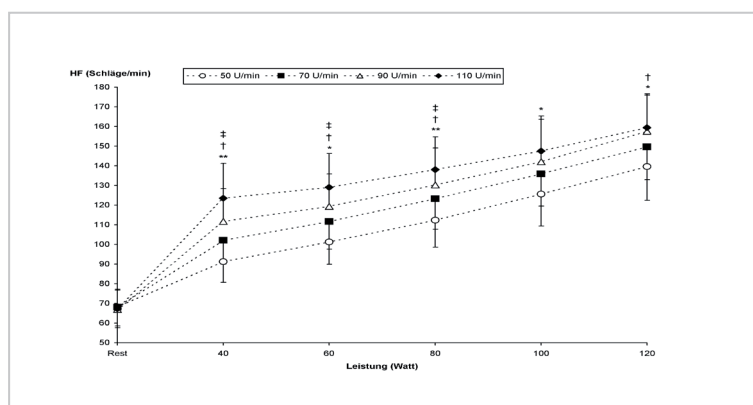


Abb. 3. Testreihe 1: relativer Anstieg der Herzfrequenz (HF) in Abhängigkeit der Kurbelfrequenz während Stufentests (40 bis 120 Watt). ‡:  $p < 0,05$ ; 90–110 U/min. †:  $p < 0,05$ ; 70–90 U/min. \*\*:  $p < 0,001$ ; 50–70 U/min (\*:  $p < 0,05$ )

## Testreihe 2

Trotz einer leicht unterschiedlichen Probandenkonstellation gegenüber der Testreihe 1, wurde im 10-Minuten-Test mit der frei gewählten Frequenz eine nahezu übereinstimmende Kurbelfrequenz erzielt (Testreihe 2:  $82,9 \pm 12,4$  U/min; Testreihe 1:  $82,3 \pm 10,4$  U/min).

Während der 10-minütigen Belastungsphase zeigte die Herzfrequenz einen relativen Anstieg mit ansteigender Kurbelfrequenz. Darüber hinaus wurde zwischen den Testreihen 70, 90 und 110 U/min ein signifikanter Anstieg von  $HF_{Max}$  beobachtet ( $p < 0,05$ ).

Bei der Messung von  $LA_{Max}$ , unmittelbar nach der 10-minütigen Belastungsphase, zeigte auch die Blutlaktatkonzentration eine relative Erhöhung mit ansteigender Kurbelfrequenz. Zwischen 50 U/min ( $6,61 \pm 2,6$  mmol/l) und 110 U/min ( $9,47 \pm 3,15$  mmol/l) stieg  $LA_{Max}$  um 43,4 % an. Vor allem der Test mit 110 U/min zeigte den größten  $LA_{Max}$  Anstieg gegenüber den Kurbelfrequenzen 50–90 U/min ( $p < 0,001$ ), auch 10 min nach Belastung (LA10P) ( $p < 0,001$ ).

## Diskussion

Die Ergebnisse liefern uns erste Erkenntnisse über den Einfluss der Kurbelfrequenz (50–110 U/min) auf die Leistungsfähigkeit (Watt) und auf physiologische Parameter (Herzfrequenz und Blutlaktat) im Handcycling Spitzensport. Darüber hinaus zeigen beide Testreihen erstmals ein bevorzugtes, frei gewähltes Kurbelfrequenz Spektrum (82,3 bzw. 82,9 U/min).

Im Stufentest erreichten unsere Sportler mit 70 U/min das Leistungsmaximum, wobei  $P_{Max}$  bei der niedrigen (50 U/min) und den höheren (90, 110 U/min) Kurbelfrequenzen abnahm. Auch die Ergebnisse der metabolischen und kardiovaskulären Messungen beider Testreihen deuten darauf hin, dass eine Erhöhung der Kurbelfrequenz einen offensichtlichen Mehraufwand für die Struktur der Energiebereitstellung zur Folge hat. Das könnte vermutlich auch den Leistungsabfall bei 90 und 110 U/min erklären, da bei diesen Kurbelfrequenzen die maximale Herzfrequenz ( $HF_{Max}$ ) zu einem früheren Zeitpunkt erreicht wurde als bei 70 U/min.

Eine weitere Einflussgröße auf die Leistung könnte auch die Pedalkraft sein, die bekanntlich bei Verringerung der Kurbelfrequenz stetig zunimmt (Patterson & Moreno, 1990; Takaishi et al., 1998). Somit wäre auch das Ergebnis beim Stufentest mit 50 U/min erklärbar. Hier waren die Sportler kardiovaskulär nicht ausbelastet, die Leistung war somit eher über das maximale Kraftvermögen limitiert, das bei 50 U/min am höchsten war.

Unsere Ergebnisse sind vergleichbar mit den Publikationen aus dem Radsport (Buchanan & Weltman, 1985; Chavarren & Calbet, 1999; Hagberg et al., 1981; Löllgen, 1980; Mora-Rodriguez & Aquado-Jimenez, 2006) und der Arbeit von Price et al. (Handkurbelergometrie mit Nichtbehinderten). In der Literatur stehen die Werte für  $P_{Max}$  in einem engen Zusammenhang mit dem Leistungsvermögen in der Sportpraxis. So zeigten Hawley et al. (1992), dass die maximale Leistung auf dem Radergometer (Stufentest) mit der Leistung im Zeitfahren (20 km) eine große Über-

einstimmung liefert ( $p < 0,001$ ). Ebenfalls wurde in Studien beobachtet, dass die Kurbelfrequenz einen Einfluss auf die Durchschnittsgeschwindigkeit in einem Zeitfahren hat (Brisswalter et al., 1999; Foss & Jostein, 2005).

Für Trainerinnen und Trainer wäre somit zu beachten, dass in der Sportart Handcycling eine unterschiedliche Leistungsfähigkeit durch die Veränderung der Kurbelfrequenz durchaus zu erwarten ist vor allem bei Disziplinen, die durch eine konstante Leistungsabgabe bzw. Kurbelfrequenz gekennzeichnet sind (z. B. Zeitfahren ohne Höhenunterschiede).

Zusätzlich hat der relative Anstieg der Blutlaktatkonzentration mit Erhöhung der Kurbelfrequenz einen Einfluss auf die leistungsdiagnostischen Laktatbestimmungsverfahren und der damit verbundenen Trainingssteuerung. So beobachteten wir eine unterschiedliche Leistungsbewertung eines variablen „Laktatschwellenmodells“ (individuelle anaerobe Schwelle) im Vergleich mit der Leistung bei einem fixen Laktatwert (3mmol/l) (Kromer et al., 2011). Dieser Umstand muss daher, neben der Einhaltung einer vorgegebenen Kurbelfrequenz, bei der Planung und Durchführung von Belastungsversuchen strikt berücksichtigt werden.

Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass Handbike Athleten in Stufentests mit unterschiedlichen Kurbelfrequenzen (50–110 U/min) die höchste maximale Leistung mit 70 U/min erreichen. Die Erhöhung der Kurbelfrequenz führt ebenso zu einem relativen Anstieg der Herzfrequenz und der Blutlaktatkonzentration.

## Literatur

- Buchanan, M. & Weltman, A. (1985). Effects of pedal frequency on O<sub>2</sub> and work output at Lactate Threshold (LT), fixed blood lactate concentrations of 2mM and 4mM, and max in competitive cyclists. *International journal of sports medicine*, 6 (3), 163-168.
- Brisswalter, J., Hauswirth, C., Smith, D., Vercruyssen, F. & Vallier, J. M. (1999). Energetically optimal cadence vs. freely-chosen cadence during cycling: effect of exercise duration. *International journal of sports medicine*, 21 (1), 60-64.
- Chavarren, J. & Calbet, J. A. L. (1999). Cycling efficiency and pedalling frequency in road cyclists. *European journal of applied physiology*, 80 (6), 555-563.
- Foss, O. & Jostein, H. (2005). Cadence and performance in elite cyclists. *Journal of applied physiology*, 93 (4), 453-462.
- Hagberg, J. M., Mullin, J. P., Giese, M. D. & Spitznagel, E. (1981). Effect of pedalling rate on sub maximal exercise responses of competitive cyclists. *Journal of applied physiology*, 51 (2), 447-451.
- Hawley, J. A. & Noakes, T. D. (1992). Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. *Journal of applied physiology*, 65 (1), 79-83.
- Kromer, P., Hirschmüller, A., Dickhuth, H. H., Gollhofer, A. & Röcker, K. (2011). Leistungsdiagnostik im Handcycling: der Einfluss der Kurbelfrequenz auf unterschiedliche Referenzpunkte der Laktatleistungskurve. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 62 (1), 16-22.
- Löllgen, H. (1980). Muscle metabolites, force and perceived exertion in bicycling at varying pedal rates. *Medicine and science in sports and exercise*, 12 (5), 345-351.
- Mora-Rodriguez, R. & Aquado-Jimenez, R. (2006). Performance at high pedalling cadences in well-trained cyclists. *Medicine and science in sports and exercise*, 38 (5), 953-957.
- Patterson, R. P. & Moreno, M. I. (1990). Bicycle pedalling forces as a function of pedalling rate and power output. *Medicine and science in sports and exercise*, 22 (4), 512-516.
- Price, M. J., Collins, L., Smith, P. M. & Goss-Sampson, M. (2007). The effects of cadence and power output upon physiological and biomechanical responses to incremental arm-crank ergometry. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 32 (4), 686-692.
- Takaishi, T., Yamamoto, T., Ono, T., Ito, T. & Moritani, T. (1998). Neuromuscular, metabolic and kinetic adaptations for skilled pedalling performance in cyclists. *Medicine and science in sports and exercise*, 30 (3), 442-449.



---

## **Auswirkungen nicht zirkulärer Kettenblätter auf physiologische Parameter im Handcyclesport** (AZ 071614/10)

Sebastian Zeller & Thomas Abel (Projektleiter)

Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Bewegungs- und Neurowissenschaft

### **Problemstellung**

Ein Handcycle ist ein speziell konstruiertes, dreirädriges Fahrrad, welches mit den Armen betrieben wird und deshalb vor allem von Menschen genutzt wird, bei denen eine Behinderung im Bereich der unteren Extremität vorliegt. Auf Grund der verschiedenen funktionellen Möglichkeiten (z. B. unterschiedliche Läsionshöhen bei einer Querschnittlähmung) und deren Auswirkungen werden die Athleten bzw. Athletinnen in Klassen eingeteilt. Die Sportart Handcycling ist seit den Paralympics 2004 in Athen Teil des Kanons der Spiele und hat in den vergangenen Jahren eine enorme Leistungsentwicklung erfahren. Die dabei entstandene und stetig zunehmende Leistungsdichte erfordert einen immer größeren Aufwand der Athleten bzw. Athletinnen, um aus leistungssportlicher Sicht konkurrenzfähig zu bleiben. Neben leistungsphysiologischen Untersuchungen und der davon abgeleiteten wissenschaftlichen Trainingssteuerung steht auch die Weiterentwicklung des Sportgerätes Handcycle – beispielsweise durch den Einsatz von nicht-zirkulären Kettenblättern – im Mittelpunkt wissenschaftlicher Studien.

Der Einsatz von nicht-zirkulären Kettenblättern beschränkt sich zurzeit auf den Radsport. Hier wurden bereits in den 70er Jahren durch Hendersen (1977) Untersuchungen durchgeführt. In weiteren Untersuchungen (Belen et al., 2007; Cullen et al., 1992; Henderson et al., 1977; Hue et al., 2007; Hue et al., 2001; Hull et al., 1992; Martinez et al., 2006; Rankin & Neptune, 2008; Ratel et al., 2004) wurden die Auswirkungen von unterschiedlichen nicht-zirkulären Kettenblättern auf physiologische Parameter während kurzer submaximaler Belastungen betrachtet. Die hierbei dargestellten Ergebnisse zeigen ein inkonsistentes Bild. Auch in der Theorie erarbeitete physikalische Optimierungsansätze und daraus abgeleitete Bauweisen, welche in der Arbeit von Rankin und Neptune (2008) dargestellt werden, führen in der Praxis zu keiner signifikanten Verbesserung. Aktuell weist eine Studie, die den Einsatz von „Q-Rings“ (Fa. Rotor Bike Components, Spanien) im Radsport betrachtet, deutliche Unterschiede nach (Martinez et al., 2006).

Durch die dargestellte Problematik ergibt sich folgende Fragestellung: Lassen sich beim Einsatz von nicht zirkulären Kettenblättern im Handcycling signifikante Unterschiede im Vergleich zu herkömmlichen zirkulären Kettenblättern auf leistungsphysiologischer Ebene feststellen?

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden acht Athletinnen und Athleten des deutschen Handcycle-Bundeskaders auf Vorschlag des Bundestrainers untersucht. Auf Grund der differierenden Sitzposition und zur Realisierung einer hohen Sport-

artspezifität, wurden die Tests im eigenen Handcycle durchgeführt. Die als heterogen zu bezeichnenden Ergebnisse einer vorgeschalteten Drehmomentanalyse ließen grundsätzlich eine individuelle Anpassung der Montage der nicht-zirkulären Kettenblätter als notwendig erscheinen. Im Ergebnis der Untersuchungen konnten individuell deutliche Verbesserungen, im Sinne einer leistungsphysiologischen Ökonomisierung, durch den Einsatz der nicht-zirkulären Kettenblätter nachgewiesen werden. Nach Abschluss der Untersuchungen entschieden sich etwa die Hälfte der Probandinnen und Probanden dazu, die nicht-zirkulären Kettenblätter auch im Wettkampf einzusetzen. Auf eine detaillierte Darstellung der Ergebnisse wird an dieser Stelle aus Gründen des Datenschutzes und um Ergebnisse einzelner Athletinnen und Athleten nicht publik zu machen verzichtet. Neben den Untersuchungen des nationalen Kaders erfolgten zur Absicherung der Ergebnisse Untersuchungen mit Probandinnen bzw. Probanden, die über einen guten Trainingszustand der oberen Extremität, aber über keine Handcycle Erfahrung verfügten.

## Methodik

In der vorliegenden Studie wurden zwölf männliche Probanden, mit einem guten Trainingszustand der oberen Extremitäten, im Alter von 22 bis 30 Jahren untersucht (Größe:  $184,08 \pm 3,99$  cm, Gewicht:  $77,13 \pm 7,02$  kg). Es handelte sich um Studierende der Sportwissenschaften, die Triathlon, Schwimmen, Kanu oder Rudern als Sportart auf Leistungssportlicher Ebene betreiben. Es wurden keine Handcycle-Sportler bzw. Sportlerinnen in die Probandengruppe aufgenommen, um mögliche Einflüsse auf Grund von Trainingsadaptationen auszuschließen. Die einzelnen Untersuchungen erfolgten im Abstand von mindestens zwei Tagen im Labor des Instituts für Bewegungs- und Neurowissenschaft der Deutschen Sporthochschule Köln. Die Testpersonen absolvierten zunächst einen Eingangstufentest, um die metabolische Belastung analog zu einer Laktatkonzentration von 4mmol/l berechnen zu können und die entsprechende Wattlast für die Steuerung des Dauertests nutzen zu können. Am zweiten und dritten Untersuchungstag wurden jeweils zwei 20-Sekunden-Maximaltests vor und nach einem 20-Minuten-Dauertest durchgeführt. Hierbei wurde das zirkuläre (Fa. SHIMANO CORP., Japan) und nicht zirkuläre Kettenblatt (Fa. ROTOR BIKE COMPONENTS, Spanien) randomisiert eingesetzt. Während der Maximaltests wurde die maximale und durchschnittliche Leistung gemessen. Im Anschluss an die Tests wurde den Probanden bzw. Probandinnen zur Bestimmung der Laktatkonzentration aus dem hyperämisierten Ohrläppchen Blut entnommen. Die Dauertests beinhalteten zusätzlich die Messung der Herzfrequenz, der Sauerstoffaufnahme, der Kohlendioxidabgabe, des respiratorischen Quotienten und der Kurbelfrequenz. Desweiteren wurde das subjektive Belastungsempfinden der Probanden bzw. Probandinnen anhand der Borg-Skala (Hue et al., 2001) notiert.



## Kettenblätter

Es wurden zirkuläre (Fa. SHIMANO CORP., Japan) und nicht zirkuläre (Fa. ROTOR BIKE COMPONENTS, Spanien) Kettenblätter untersucht. Beide Varianten hatten 52 Zähne. Die nicht zirkulären Kettenblätter sind für den Einsatz im Rennradsport mit fünf Montagepositionen ausgestattet. Um eine standardisierte Position für alle Testpersonen voraussetzen zu können wurde die vierte Position gewählt, da in dieser Einstellung der beste Kompromiss zwischen Sitzposition und individuellen Charakteristika der Kurbelzyklen aus theoretischer Sicht zu finden ist. Hierbei zeigt die Kurbel senkrecht auf die vom Hersteller vorgegebene Position.

## Ergebnisse

In Tabelle 1 sind die Mittelwerte und Standardfehler während der Dauertests, jeweils nach 10 und 20 Minuten, für die ovalen und normalen Kettenblätter dargestellt. Es wird die absolute Sauerstoffaufnahme, die relative Sauerstoffaufnahme, die Herzfrequenz, die Kohlendioxydabgabe, der respiratorische Quotient und die Laktatkonzentration aufgeführt. Desweiteren wird die Ruhelaktatkonzentration vor den Dauertests aufgeführt. Es wurden keine signifikanten Unterschiede bei den Ergebnisse gefunden.

Tab 1. Mittelwerte (8) und Standardfehler (SE) der Parameter in den Dauertests

Kettenblatt	oval				normal			
	10min.		20min.		10min.		20min.	
Messzeitpunkt								
Statistik	8	SE	8	SE	8	SE	8	SE
Absolute Sauerstoffaufnahme (ml/min)	1826,81	90,31	1853,91	97,47	1823,64	89,80	1858,27	99,96
Relative Sauerstoffaufnahme (ml/min/kgKG)	23,85	1,36	24,22	1,44	23,59	0,98	24,09	1,26
Herzfrequenz (S/min)	120,55	4,06	121,09	4,53	124,64	5,12	125,09	5,23
Kohlendioxydabgabe (ml/min)	1679,91	100,88	1718,82	103,36	1691,27	84,46	1694,09	96,17
Respiratorischer Quotient (CO <sub>2</sub> /O <sub>2</sub> )	0,91	0,02	0,92	0,01	0,93	0,01	0,91	0,01
Laktatkonzentration (mmol/l)	6,32	0,38	5,37	0,58	6,23	0,48	5,08	0,46

In Abb. 1 ist die maximale Leistung im Verlauf der vier Maximaltests dargestellt. Die Leistung wurde jeweils mit dem nicht-zirkulären (ovalen) und zirkulären (normalen) Kettenblatt erzielt. Hier zeigt sich, dass während des dritten Tests die höchste maximale Leistung erzielt werden konnte, allerdings konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Die Ergebnisse der T-Tests ergeben einen signifikanten Unterschied für die Variablen der ovalen und normalen Kettenblätter beim ersten 20-Sekunden-Sprint in der maximalen Leistung ( $p = 0,01^*$ ), im Sinne einer Leistungsoptimierung durch den Einsatz des nicht-zirkulären Kettenblattes.

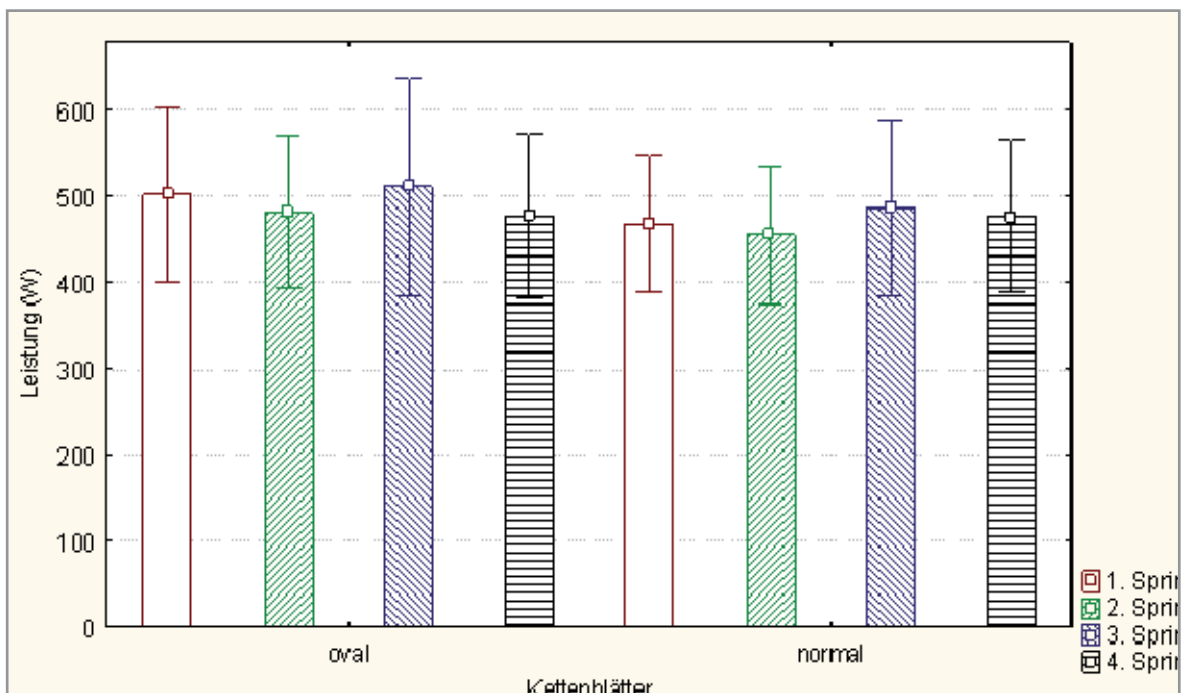


Abb. 1. Mittelwerte (8) und Standardabweichungen (SD) der maximalen Sprintleistungen

In Abb. 2 werden die Ergebnisse des Wilcoxon-Tests für die ordinal-skalierten Werte der Borg-Skala dargestellt. Hierbei konnte eine Signifikanz (0,04\*) für den zweiten Messzeitpunkt bei unterschiedlichem Kettenblatt festgestellt werden, wobei die Probanden und Probandinnen die Belastung während der Nutzung des nicht zirkulären Kettenblattes subjektiv als weniger intensiv einstufen.

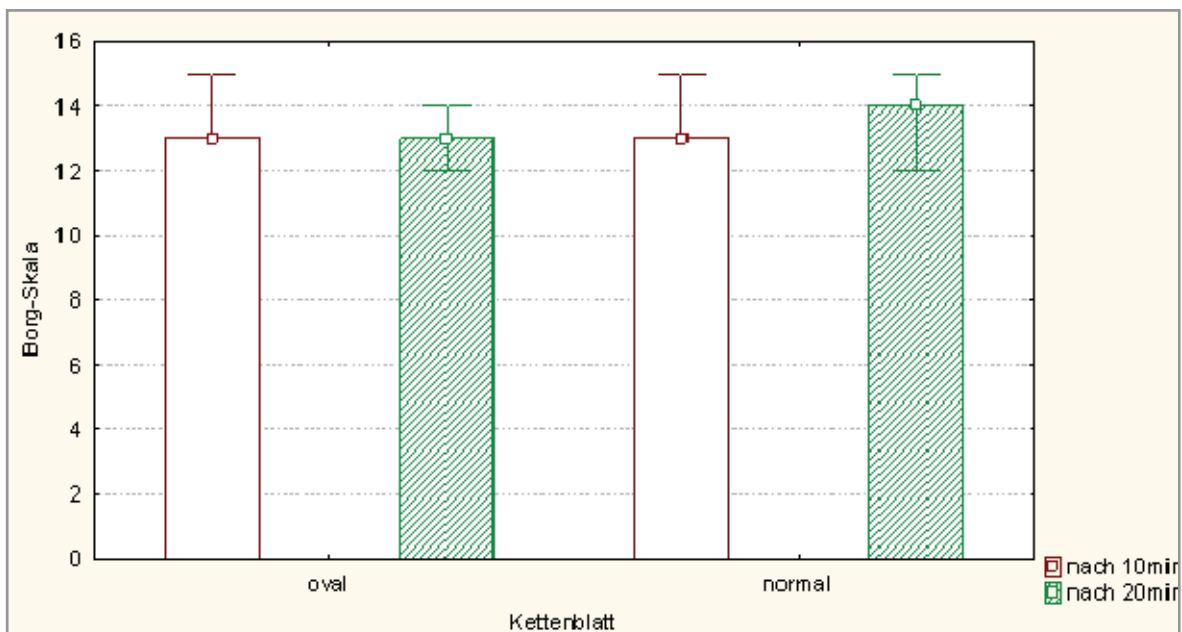


Abb. 2. Median, Minimum und Maximum der Borg-Skala Werte während der Dauertests

## Diskussion

Im Rahmen der vorliegenden Studie konnte eine Optimierung mit Hilfe nicht zirkulärer Kettenblätter aus leistungsphysiologischer Sicht nur für den ersten 20-Sekunden-Maximaltest festgestellt werden. Hierbei wurde sowohl eine höhere maximale als auch durchschnittliche Leistung gemessen. Aus subjektiver Sicht der Testpersonen wurde die Belastung während der Dauertests mit dem nicht- zirkulären Kettenblatt als weniger intensiv eingeschätzt.

Die gewonnenen Erkenntnisse über die heterogene Leistungsfähigkeit im gesamten Verlauf der vier 20-Maximal-Tests deuten jedoch darauf hin, dass eine intensive Aufwärmphase vor einem solchen Test als notwendig anzusehen ist, da im dritten Maximal-Test die höchste maximale Leistung erzielt wurde. Auch könnten die geringen, nicht signifikanten Unterschiede beispielsweise in der Herzfrequenz von Athleten bzw. Athletinnen als Orientierungshilfe angesehen werden ohne, dass dies einer wissenschaftlichen Betrachtung standhalten würde.

## Literatur

- Belen, L. et al. (2007). The performance and efficiency of cycling with a carbon fiber eccentric chainring during incremental exercise. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 47 (1), 40-45.
- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*, 2 (2), 92-98.
- Cullen, L. K., et al. (1992). Efficiency of trained cyclists using circular and noncircular chainrings. *International journal of sports medicine*, 13 (3), 264-269.
- Faupin, A., et al. (2008). Effects of backrest positioning and gear ratio on nondisabled subjects' handcycling sprinting performance and kinematics. *Journal of rehabilitation research and development*, 45 (1), 109-116.
- Henderson, S. C., Ellis, R. W., Klimovitch, G. & Brooks, G. A. (1977). The effects of circular and elliptical chainwheels on steady-rate cycle ergometer work efficiency. *Medicine and science in sports*, 9 (4), 202-207.
- Hue, O., et al. (2007). The use of an eccentric chainring during an outdoor 1 km all-out cycling test. *Journal of science and medicine in sport*, 10 (3), 180-186.
- Hue, O., et al. (2001). Enhancing cycling performance using an eccentric chainring. *Medicine and science in sports and exercise*, 33 (6), 1006-1010.
- Hull, M. L., et al. (1992). Physiological response to cycling with both circular and noncircular chainrings. *Medicine and science in sports and exercise*, 24 (10), 1114-1122
- Janssen, T. W., Dallmeijer, A. J. & van der Woude, L. H. (2001). Physical capacity and race performance of handcycle users. *Journal of rehabilitation research and development*, 38 (1), 33-40.
- Lindschulten, R. (2008). Einfluss von leistungsphysiologischen, biomechanischen sowie taktischen Faktoren auf die Leistung beim Handbiken. Dissertation, Deutsche Sporthochschule Köln.
- Martinez, A. C., Vicente, G. V., Calvo, J. S. & Zudaire, I. L. (2006). Preliminary Report on Q-Rings. University of Valladolid, Spain.
- Rankin, J. W. & Neptune, R. R. (2008). A theoretical analysis of an optimal chainring shape to maximize crank power during isokinetic pedaling. *Journal of biomechanics*, 41 (7), 1494-1502.
- Ratel, S., et al. (2004). Physiological responses during cycling with noncircular "Harmonic" and circular chainrings. *European journal of applied physiology*, 91 (1), 100-104.

---

# Leistungsstrukturanalyse für die Sportart Short Track

(AZ 070501/09)

Sven Bruhn (Projektleiter) & Sabine Felser

Universität Rostock, Institut für Sportwissenschaft

## Problem

Short Track – eine Sportart, die seit 1992 olympisch und dennoch weitgehend unbekannt ist. Wirft man einen Blick auf die Geschichte des Short Tracks, so kann man erkennen, dass Deutschland in dieser Sportart von Beginn an auf internationaler Ebene eine eher untergeordnete Rolle spielt. In der jüngeren Vergangenheit konnten in Staffelwettbewerben Achtungserfolge erzielt werden. Einzelmedaillen im Seniorenbereich bei Weltmeisterschaften und Olympischen Spielen blieben bisher allerdings aus.

Im Gegensatz zum weitaus bekannteren Eisschnelllauf ist im Short Track nicht die Uhr der größte Gegner der Laufenden, sondern die direkten Kontrahenten während eines Laufs. Auf dem 111 m langen Eisoval fahren die Short Tracker im direkten Vergleich gegeneinander, sodass beim Short Track die Athletinnen bzw. Athleten während des Laufs in der Lage sein müssen, kurzzeitige Sprints einzulegen um Überholmanöver zu starten und auf Tempowechsel zu reagieren.

Bislang liegen kaum empirische Untersuchungen zu den Leistungsvoraussetzungen im Short Track vor. Die Datenbank des Bundesinstitutes für Sportwissenschaft weist lediglich zwei empirische Arbeiten in englischer Sprache zum Anforderungsprofil im Short Track auf. Während Rundell (1996) den Einfluss des Windschattenfahrens beim Short Track auf die Herzfrequenz und das Laktatverhalten untersuchte, untersuchten Kwon und seine Mitarbeiter (1997), wie sich kurzzeitiges Krafttraining der Sprunggelenkmuskulatur auf die Startfähigkeit auswirkt.

Daher bestand das Ziel dieser vorliegenden Studie darin, für die Sportart Short Track eine Leistungsstrukturanalyse zu erstellen. Berücksichtigt wurden bei dieser Studie ausschließlich konditionelle und konstitutionelle Faktoren, so dass über den Stellenwert der Technik, Taktik und der psychischen Fähigkeiten keine Aussagen getroffen werden.

## Methode

Leistungsdiagnostische Parameter wurden einem faktorenanalytischen Verfahren unterzogen, um leistungsrelevante Faktoren im Shorttrack zu extrahieren und zu gewichten. Dazu wurden 27 deutsche Short Tracker (11 weiblich, 16 männlich), darunter 16 Mitglieder der Nationalmannschaft, einer umfassenden leistungsdiagnostischen Untersuchung unterzogen.

Als Zielgröße wurde die Leistungsfähigkeit durch Laufzeitmessungen auf dem Eis über die jeweiligen Einzelwertungs-Wettkampfstrecken erhoben (500 m, 800 m und 1000 m für die D-Junioren und 500 m, 1000 m und 1500 m für die Senioren, A-,

B und C-Junioren). Die determinierenden Faktoren wurden über Parameter abgeschätzt, welche die Leistung im Short Track mutmaßlich bedingen:

- Aerobe Leistungsfähigkeit (relative maximale Sauerstoffaufnahme, individuelle anaerobe Schwelle (IAAS))
- Anaerobe Leistungsfähigkeit (Plateau-Leistungstest)
- Relative Maximale Leistung (Stufentest)
- Durchschnittliche Leistung (Plateau-Leistungstest)
- Relative Isometrische Maximalkraft (Beinkraftmessgerät)
- Relative dynamische Maximalkraft (Plateau-Leistungstest)
- Explosivkraft (Beinkraftmessgerät)
- Startkraft (Beinkraftmessgerät)
- Beschleunigungsfähigkeit (Sprintzeit)
- Sprungkraft (Squat-Jump, Countermovement-Jump, Drop-Jump)
- Rumpfkraft (ventral, lateral, dorsal)
- Standstabilisation (instrumentierte Standplattform)

Die individuelle Beanspruchung in den ergometrischen Tests wurde durch Herzfrequenz-, Laktat- und Spirometriemessungen ermittelt.

Um die Bündelungsfähigkeit von Parametern zu überprüfen, wurden Korrelationsmatrizen dem Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium unterzogen. Die Faktoren wurden nach der Hauptkomponentenanalyse (Principal Components Analysis = PCA) sowie nach dem Kaiser-Kriterium extrahiert (Eigenwert > 1). Um die extrahierten Faktoren besser interpretieren zu können, wurde eine orthogonale Varimax-Rotation durchgeführt. Kommunalitäten unter 0,70 wurden nicht berücksichtigt. Desweiteren wurden nur Faktorladungen über 0,60 interpretiert.

## Ergebnisse

Werden alle in die Auswertung eingegangenen Testergebnisse (N = 26), unabhängig vom Geschlecht und Altersklasse, bei der explorativen Faktorenanalyse berücksichtigt, so werden vier Faktoren nach dem Kaiser-Kriterium (Eigenwert > 1) extrahiert. Zusammen erklären diese vier Faktoren 82,6 % der Gesamtvarianz.

Tab. 1. *Erklärte Gesamtvarianz nach der Hauptkomponentenanalyse, Varimax-Rotation mit Kaisernormalisierung (N = 26)*

Komponente	Summen von quadrierten Faktorladungen für Extraktion			Rotierte Summe der quadrierten Ladungen		
	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %	Gesamt	% der Varianz	Kumulierte %
1	10,862	54,310	54,310	5,974	29,870	29,870
2	2,438	12,188	66,498	5,026	25,129	54,999
3	1,799	8,996	75,493	3,169	15,844	70,843
4	1,415	7,075	82,569	2,345	11,726	82,569

Beim Vergleich der Variablen, die mit den einzelnen Faktoren korrelieren, (siehe Tab. 2) lassen sich Gemeinsamkeiten dieser erkennen und wie folgt zusammengefasst und benannt werden:

- Faktor 1: Beschleunigungsfähigkeit, Sprungkraft und anaerobe laktazide Leistungsfähigkeit
- Faktor 2: Kraftfähigkeiten der Beinstreckmuskulatur
- Faktor 3: Körperstabilität (Standstabilisation & Rumpfkraft)
- Faktor 4: aerobe Leistungsfähigkeit

Tab. 2. *Rotierte Komponentenmatrix und Kommunalitäten (N = 26) Hauptkomponentenanalyse, Varimax mit Kaiser-Normalisierung. Die Rotation ist in 5 Iterationen konvergiert.*

Variable	Komm.	Komponente			
		F 1	F 2	F 3	F 4
Sprint 30m	,894	-0,920	-0,196	0,060	0,023
Sprint halbe Runde	,962	-0,910	-0,342	-0,130	0,017
Sprunghöhe CMJ	,926	0,865	0,345	0,167	0,080
rel. max. Peak Power PLT	,851	0,770	0,239	0,362	0,261
rel. 90 s- Leistung PLT	,920	0,736	0,272	0,426	0,345
rel. 45 s- Leistung PLT	,910	0,775	0,243	0,461	0,189
RKI Drop Jump	,796	0,602	0,523	0,383	0,128
Max . Laktat	,789	(0,483)	0,371	0,447	-0,061
rel. Startkraft rechts 120°	,684	0,462	0,431	0,367	0,358
rel. Explosivkraft links 120°	,921	0,225	0,921	0,096	0,002
rel. Startkraft links 120°	,847	0,115	0,870	0,168	0,180
rel. Explosivkraft rechts 120°	,810	0,320	0,831	0,101	-0,082
rel. Maximalkraft BKM links 120°	,863	0,305	0,824	0,159	0,252
rel. Maximalkraft BKM rechts 120°	,863	0,441	0,791	0,115	0,180
GKS vor Ermüdung	,849	-0,127	0,026	-0,870	0,158
GKS nach Ermüdung	,892	-0,135	-0,202	-0,864	0,179
Rumpfkrafttest	,715	0,315	0,370	0,635	0,269
max. Sauerstoffaufnahme	,854	0,299	0,227	-0,184	0,836
BMI	,755	0,388	0,162	0,244	-0,718
rel. max. Leistung Stufentest	,845	0,424	0,328	0,171	0,699

Um Unterschiede in der Leistungsstruktur in Abhängigkeit von der Altersklasse auffindig zu machen, wurden nochmals zwei explorative Faktorenanalysen durchgeführt. Da die Fallzahlen in den einzelnen Altersklassen sehr gering sind, wurden die männlichen A-Junioren mit den männlichen Senioren zusammen betrachtet (N = 10). Die zweite Gruppe, für die eine separate Faktorenanalyse durchgeführt wurde, besteht aus den acht untersuchten D-Junioren. Bei der Gruppenteilung zerfallen Faktoren, die sich bei der Hauptgruppenanalyse ergeben haben und bestehende Faktoren erhalten neue Zusammensetzungen.



Zusammenfassend können bei den männlichen A-Junioren/Senioren folgende Faktoren bestimmt werden:

- Faktor 1 (26,7 %): Krafftähigkeiten der Beinstreckmuskulatur
- Faktor 2 (20,5 %): anaerobe laktazide Leistungsfähigkeit
- Faktor 3 (16,8 %): Beschleunigungsfähigkeit
- Faktor 4 (15,5 %): Rumpfkraft
- Faktor 5 (10,9 %): Standstabilisation
- Faktor 6 ( 8,3 %): aerobe Leistungsfähigkeit

Zusammenfassend ergeben sich für die D-Junioren folgende Faktoren:

- Faktor 1 (27,3 %): Standstabilisation, Sprungkraft und Rumpfkraft
- Faktor 2 (27,1 %): Krafftähigkeiten der Beinstreckmuskulatur
- Faktor 3 (16,4 %): Beschleunigungsfähigkeit
- Faktor 4 (16,3 %): aerobe Leistungsfähigkeit
- Faktor 5: (8,4 %): anaerobe Leistungsfähigkeit

## Diskussion

Mit dem gewählten Studiendesign sollte die Leistungsstruktur der Sportart Short Track aufgeklärt werden. Wie die meisten statistischen Verfahren bedarf es einer großen Stichprobe um zuverlässige Aussagen treffen zu können bzw. signifikante Zusammenhänge zu erkennen. Mit einer Gruppengröße von  $N = 26$  sind die Testergebnisse speziell für eine Faktorenanalyse folglich nur bedingt geeignet.

Bei Betrachtung der Ergebnisse der Faktorenanalysen hinsichtlich der maximalen Sauerstoffaufnahme fällt auf, dass sowohl bei der Gesamtstichprobe wie auch bei den männlichen A-Junioren/Senioren die aerobe Leistungsfähigkeit (maximale Sauerstoffaufnahme, relative maximale Leistung beim Stufentest) auf den jeweils letzten Faktor lädt. Mit 11,7 bzw. 8,2 % trägt dieser Faktor nur im geringen Maße zur Aufklärung der Gesamtvarianz bei. Etwas bedeutsamer scheint die aerobe Leistungsfähigkeit im D-Juniorenbereich zu sein. Diese lädt dort auf dem vorletzten Faktor, welcher zirka 16 % der Gesamtvarianz erklärt.

Auch wenn es scheint, als spiele die aerobe Leistungsfähigkeit nach der Adoleszenz für die Laufleistung im Short Track keine entscheidende Rolle mehr, so kann doch angenommen werden, dass die anaerobe Kapazität eine hohe aerobe Kapazität voraussetzt. Bei der anaeroben Energiebereitstellung sind auf Grund der hohen Belastungsintensitäten auch hohe aerobe Durchsatzraten der Energiebereitstellung erforderlich.

Im Bezug auf die anaerobe Leistungsfähigkeit gibt es in Abhängigkeit vom Alter einige Unterschiede. Im Schulkindalter wird von einer guten aeroben und schlechten anaeroben Leistungsfähigkeit und Trainierbarkeit ausgegangen. Die Pubeszenz und Adoleszenz werden als Phasen für gute Belastbarkeit und Trainierbarkeit, bezüglich der Anforderungen an die Kurz- und Mittelzeitausdauer, angesehen.

Nach Graf et al (2002) sind Kinder weniger in der Lage, ihre Leistungsfähigkeit nach Erreichen der maximalen aeroben Leistungsfähigkeit durch zusätzliche Milchsäurebildung weiter zu steigern. Bei Kindern und Jugendlichen liegen die Laktatwerte, bezogen auf 100 % der Maximalleistung, deutlich niedriger als bei Erwachsenen. Als Grund dafür wird die geringere Ausreifung des anaeroben Stoffwechsels korrespondierend zur noch nicht ausgereiften Skelettmuskulatur angesehen. Dieser Unterschied bezüglich der Trainierbarkeit der aeroben und anaeroben Leistungsfähigkeit zwischen Heranwachsenden und Erwachsenen kann als Grund für die unterschiedliche Bewertung der aeroben Leistungsfähigkeit aber auch der anaeroben Leistungsfähigkeit bei der Faktorenanalyse zwischen den D-Junioren und den A-Junioren/Senioren angesehen werden.

Durch die tiefe Körperposition beim Short Track und die hohen Fliehkräfte im Kurvenlauf ist die Beinmuskulatur besonders stark beansprucht. Schon bei Kräften von > 30 % der Maximalkraft kommt es zu Einschränkungen bei der Muskeldurchblutung und somit zur Minderversorgung mit Sauerstoff. Durch die vorgebeugte Oberkörperposition kann es zusätzlich zu Durchblutungseinschränkungen durch Ab- bzw. Einklemmung der Aa. femoralis kommen. Diese Faktoren sprechen ebenfalls dafür, dass die anaerobe Leistungsfähigkeit eine bedeutende Schlüsselposition einnimmt. Aus diesem Grund sollte spätestens ab der Pubeszenz/Adoleszenz die anaerobe Kapazität entsprechend trainiert werden.

Aus den explorativen Faktorenanalysen geht deutlich hervor, dass die Krafftfähigkeiten der unteren Extremität einen bedeutsamen Anteil der Gesamtvarianz erklären. Die Krafftfähigkeiten der unteren Extremität laden bei den männlichen A-Junioren/Senioren auf dem ersten Faktor, bei der Gesamtstichprobe und den D-Junioren auf dem zweiten. In allen drei Gruppen liegt der erklärte Varianzanteil zwischen 25,1 % und 27,1 %. Dieses Ergebnis lässt vermuten, dass sich hohe Maximal- und Explosivkraftwerte der Beinstreckerschlinge positiv auf die Laufleistung auswirken.

Maximal- und Explosivkraft sind wichtige Faktoren für die Beschleunigung auf dem Eis, speziell beim 500 m Start, bei Tempoverschärfungen wie auch bei Überholmanövern. Desweiteren wirken in den Kurven sehr hohe Zentrifugalkräfte auf die Short Tracker. Da bei einem 500-m-Lauf 4,5 Runden zurück gelegt werden müssen, ergibt das 9 Kurvendurchläufe in einer Zeit von ungefähr 41-50 Sekunden. Daraus lässt sich ableiten, dass nicht nur die Maximal- und Explosivkraft von Bedeutung sind sondern auch die Kraftausdauer.

Bei Betrachtung der Ergebnisse der Faktorenanalysen scheint es so, als würden eine gute Standstabilisation und eine gute Rumpfkraft einen wesentlichen Beitrag zur Laufleistung liefern. Sie bilden einen gemeinsamen Faktor (Faktor 3), der 15,8 % der Gesamtvarianz erklärt und als Körperstabilität bezeichnet wurde. Die Standstabilisation ist die Voraussetzung dafür, dass die Kraft über die schmalen Kufen auf das Eis übertragen werden kann. Bei den D-Junioren haben die Variablen für die Standstabilisation hohe Ladungen auf dem ersten Faktor. Allerdings ist dieser Faktor ein General Faktor, auf dem unterschiedlichste Variablen mittlere bis hohe Ladungen besitzen. Bei den A-Junioren/Senioren laden die Variablen für die Standstabilisation sogar auf einem eigenen Faktor (Faktor 5), der ca. 11 % der Gesamtvarianz erklärt.

Sowohl bei den D-Junioren wie auch bei den männlichen A-Junioren/Senioren lädt die Variable Rumpfkraft auf demselben Faktor wie die Variablen für die anaerobe Kapazität. Dies könnte darin begründet sein, dass bei der angewendeten Testmethode die Belastungsdauer ermittelt wurde. Daher war eine gute Kraftausdauer notwendig, um gute Werte zu erreichen.

## Literatur

- Graf, Ch., Menke, W., Platen, P., Rost, R. & Schüle, K. (2002). Sport im Kindes- und Jugendalter. In R. Rost (Hrsg.), *Lehrbuch der Sportmedizin*. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Kwon, Y.-H., Cho, S.-G., Lee, D.-G. & Jun, M.-K. (1997). The effects of short-term power training on the starting technique of Korean elite female short-track speed skaters. *Korean journal of sport science*, 9, 45-57.
- Rundell, K. W. (1996). Effects of drafting during short-track speed skating. *Medicine and science in sports and exercise*, 28 (6), 765-771.

---

# **Optimierung der Trainingssteuerung im Spitzensport: Anwendung neuronaler Netze zur Modellierung von Trainingswirkungen und im Gesundheitsmonitoring**

(AZ 070503/09)

Benjamin Haar (Projektleiter), Rolf Brack & Wilfried W. Alt

Universität Stuttgart, Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft

## **Einleitung**

Die zunehmende Trainingsbelastung am Rande der Adaptationskapazität erfordert ein intensives Gesundheitsmonitoring, um Überlastungsfolgen wie Übertrainingszuständen oder einem erhöhten Verletzungs- und Infektionsrisiko vorzubeugen. Aus der Erholungs-/Beanspruchungsforschung verschiedener sportwissenschaftlicher Disziplinen ist eine Vielzahl von physiologischen Diagnoseindikatoren und -instrumenten hervorgegangen (im Überblick Halson & Jeukendrup, 2004). Keiner dieser Belastungsmarker kann in der Erholungs-/Beanspruchungsdiagnostik allein hinreichende Aussagekraft aufweisen. Psychologische Indikatoren scheinen hingegen relativ stabil und sensitiv zu sein, um potentielle Anzeichen für einen Überlastungszustand zu erkennen (Kellmann, 2000). Bislang fehlen aber Forschungsansätze, die strukturell erklärend und integrativ den Zusammenhang zwischen physiologischen als auch psychologischen Kenngrößen und der Leistungsentwicklung betrachten, um daraus eine verbesserte Kontrolle des Erholungs-/Beanspruchungszustandes zu erreichen.

## **Methodik**

In der Studie nahmen 7 männliche Probanden einer Handball Bundesligamannschaft teil. Abb. 1 veranschaulicht das grundlegende Gesundheitsmonitoringsystem. Im Sinne einer hohen Praxistauglichkeit wurden in dieser Studie nur Methoden berücksichtigt, mit denen einfach und regelmäßig Gesundheits-, Leistungs- und Erholungs-/Beanspruchungsparameter erfasst werden können. Zudem wurde darauf geachtet, dass keine besonderen infrastrukturellen Rahmenbedingungen vorhanden sein mussten. Die Eingabedaten wurden wöchentlich jeweils freitags erfasst. In Ausnahmefällen wurden die Daten donnerstags erhoben, wenn freitags aufgrund einer Spielreise kein Training stattfinden konnte. In den Kalenderwochen 8, 30 und 44 waren keine Messungen möglich. Im weiteren Verlauf wird die Methodik der Datenerhebung näher beschrieben.

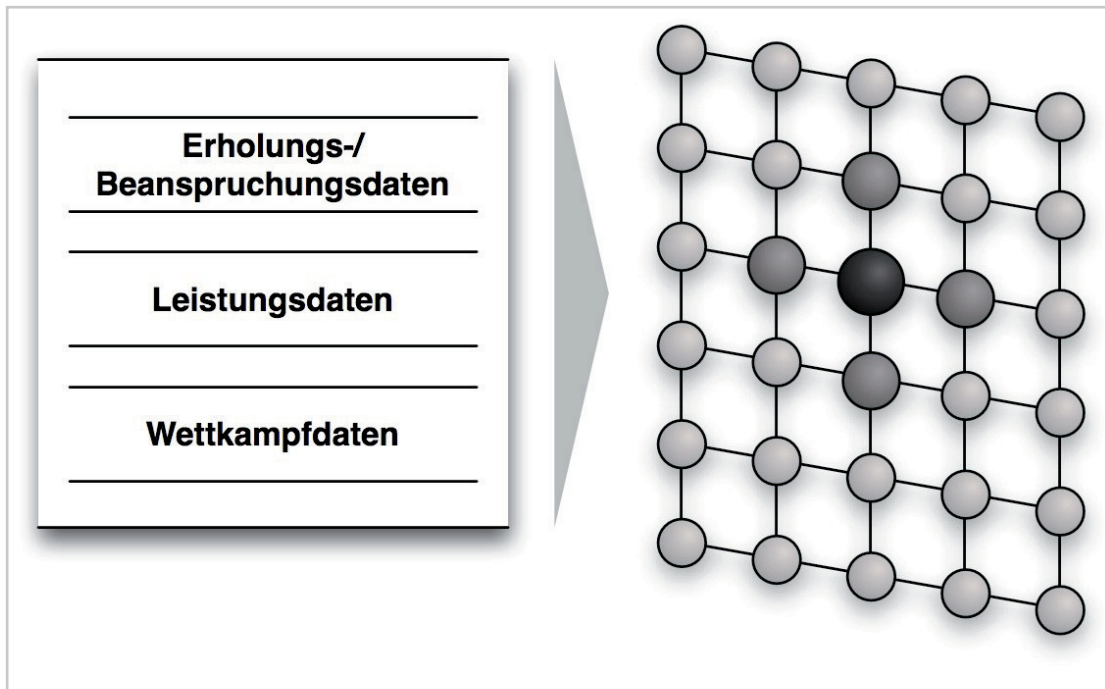


Abb. 1. Schematische Darstellung des Gesundheitsmonitorings. Eine selbstorganisierende Karte wird mit Gesundheits-, Leistungs- und Erholungs-/Beanspruchungsdaten trainiert, um Leistungszustände identifizieren zu können.

**Körpermasse** - Die Körpermasse der Spieler wurde stets vor der Sprungkraftdiagnostik zu Beginn einer Trainingseinheit mit derselben Waage (Soehnle, Body Balance Caribic) gemessen.

**Erholungs-/Beanspruchungszustand** - Die Erholungs-/Beanspruchungsdiagnostik erfolgte einmal pro Woche mit dem EVP (Kellmann, 2000). Die Athleten füllten den Fragebogen jeweils morgens zum jeweiligen Messzeitpunkt aus. Bei allen Athleten wurden zudem chronische und akute Verletzungen des Bewegungsapparates dokumentiert. Dabei wurden exakt die Art der Verletzung, die Verletzungsursache und die Behandlungsdauer protokolliert. Als weitere Überlastungsfolgen wurden alle Infektionskrankheiten bei den Athleten erfasst.

**Ausdauerleistungsfähigkeit** - Die Ausdauerleistungsfähigkeit wurde mit dem Polar Fitness Test (Polar Electro, Kempele, Finnland) gemessen. Dieser Test schätzt die maximale aerobe Leistungsfähigkeit anhand von Herzfrequenzmerkmalen und personenspezifischen Daten mit einem Neuronale-Netze-Algorithmus. Der Korrelationskoeffizient von spiroergometrisch gemessener  $VO_{2max}$  und dem Testergebnis beträgt  $r = 0.97$  (Väinämö et al., 1996). Damit kann vor allem in einer Sportspielmannschaft mit geringem Aufwand eine wöchentliche Ausdauerdiagnostik durchgeführt werden.

**Sprungkraft** - Die Bestimmung der Schnell- und Reaktivkraft erfolgte mit zwei Tests zum Sprungkraftverhalten (SquatJump und DropJump), die detailliert von Gollhofer (1987) beschrieben werden. Die Messung erfolgte mit einem speziellen EDV-gesteuerten Lichtschrankensystem (SMARTSPEED, Fusion Sport), das den Aufwand für die Durchführung und Auswertung des Tests auf ein Minimum reduziert. Es wurden beim SquatJump die Sprunghöhe und beim DropJump der Reaktivitätsindex (RI) bestimmt.

**Wettkampfleistung** - Die Wettkampfleistung wurde als Spielleistung über den Spielwirksamkeitsindex gebildet. Bei diesem empirischen Messverfahren steht die individuelle Spielleistung als Kriterium und Spitze der Leistungsfähigkeit im Mittelpunkt. Einflüsse von Mitspielern, Gegnern oder des Schiedsrichters finden dabei keine Berücksichtigung. Der Messtheoretische Ansatz geht dabei von der Grundannahme aus, dass die individuelle Spielleistung als „absolute individuelle Häufigkeitsbilanz“ (Brack, 2002, S. 171) gewichteter positiver und negativer Spielhandlungen zu ermitteln ist. Der SWI wurde in der Hinrunde und in der Rückrunde von zwei unterschiedlichen Personen individuell für jeden Athleten und jedes Spiel erfasst. Die Beschreibung der Beobachtungskategorien bzw. die Definition der Spielhandlungen orientierte sich an einer bewährten Methodik im Handball (Rascher, 2003).

**Gesundheitsmonitoring** - Die Prävention von Überlastungsfolgen erfordert ein intensives Gesundheitsmonitoring. Die Notwendigkeit einer multivariaten Analyse von Gesundheits-, Leistungs- und Erholungs-/Beanspruchungsdaten hat sich aus den Defiziten in diesem Problembereich ergeben. Ziel muss es demnach sein, negative Veränderungen zu identifizieren, damit durch präventive Maßnahmen Überlastungsfolgen vermieden werden können. Hierfür wurde in der vorhandenen Datenmenge nach Strukturen gesucht, die Auskunft über den aktuellen Leistungszustand geben. Selbstorganisierende Karten (self-organizing maps; SOM) können zur Klassifikation von multivariaten Datensätzen eingesetzt werden, indem Ähnlichkeitsbeziehungen der Eingabedaten in einem Netz repräsentiert werden (Kohonen, 1982a; 1982b). In dieser Studie wurde für jeden Athleten eine SOM mit den individuellen Gesundheits-, Leistungs- und Erholungs-/Beanspruchungsdaten trainiert. Hierfür wurde die SOM Toolbox für Matlab eingesetzt. Damit kann die SOM Toolbox für die Vorverarbeitung der Daten, die Initialisierung und das Training der SOM eingesetzt werden. Nach dem Training des Netzes wurden verschiedene Zustände eines Athleten innerhalb der Struktur abgegrenzt und mit den Leistungswerten der quantitativen Spielbeobachtung und den Verletzungsdaten abgeglichen. Lediglich für die Probanden 5, 6 und 7 war eine ausreichende Zahl an Datensätzen vorhanden. Daher wurde der explorative Ansatz zum Gesundheitsmonitoring auf diese Versuchspersonen beschränkt.



## Ergebnisse

Für diese Studie wurden zur Visualisierung Funktionen gewählt, die das neuronale Netz als regelmäßig angeordnetes Gitter von hexagonalen Neuronen darstellen.

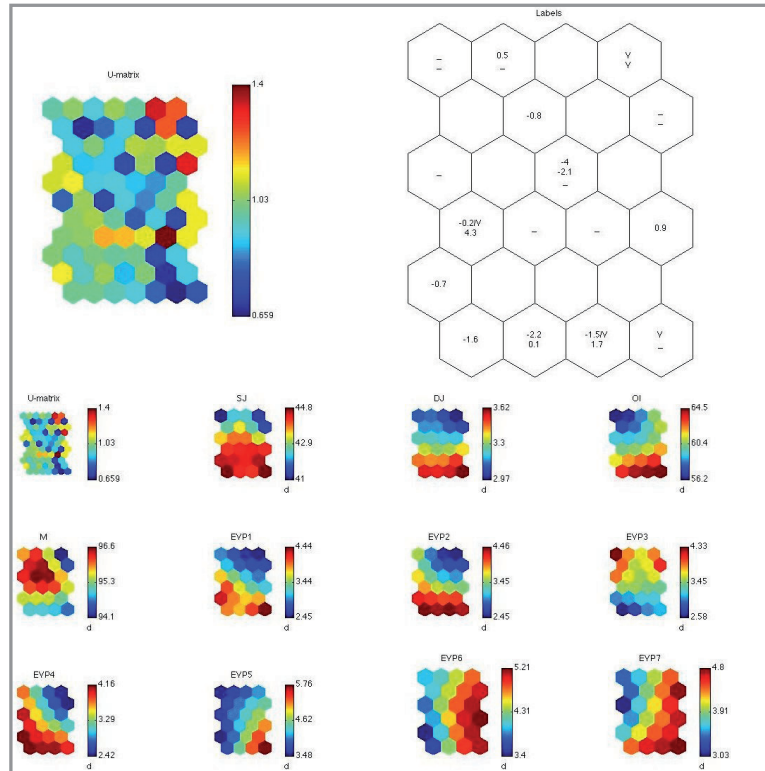


Abb. 2. Die Abbildung zeigt die U-Matrix, die gelabelte SOM und die Variablenverteilung nach der Strukturierung der SOM für Proband 7.

In dieser graphischen Darstellungsform lassen sich unterschiedliche Analyseinstrumente abbilden:

- Die U-Matrix (unified distance matrix) gibt die Struktur des trainierten Netzes wieder. Darin werden die Abstände zwischen den Gewichtsvektoren benachbarter Neuronen in der Ausgangserschicht des Netzes visualisiert. Geringe Abstände drücken sich in einer hellen Schattierung und große Abstände in einer dunklen Schattierung aus. Gruppen oder Cluster innerhalb des Netzes lassen sich dann anhand einheitlicher Bereiche mit heller Schattierung identifizieren, an die Clustergrenzen mit hohen Distanzwerten oder dunkel markierten Zellen anschließen. Da in dieser Abbildungsform nicht die Neuronen des Netzes sondern Nachbarschaftsbeziehungen dargestellt werden, ist die Anzahl der abgebildeten Zellen größer.
- Eine weitere Abbildung des Netzes wird jeweils ohne farbliche Markierung dargestellt und kann somit für das Labeling genutzt werden. Beim Labeling werden die entsprechenden Leistungswerte der Spielbeobachtung und die dokumentierten Verletzungen auf das Netz übertragen. Dieser Analyseschritt ist letztlich von großer Bedeutung, da hiermit der Zusammenhang zwischen unterschiedlichen Merkmalsgruppen und der Bezeichnung der Datensätze hergestellt werden kann.



c) Die Merkmalsabbildungen zeigen durch die Wertverteilung der einzelnen Variablen, in welcher Form sich einzelne Variablen auf die Strukturierung der SOM auswirken. Somit kann für jedes Neuron anhand der Schattierung aus dem abgebildeten Farbbalken die Ausprägung im entsprechenden Merkmal abgelesen werden. Bei keinem der Probanden zeigt die U-Matrix klar abgrenzbare Areale mit hohen Ähnlichkeitsbeziehungen. Für Proband 5 sind allgemein nur geringe Ähnlichkeiten in der Netzstruktur erkennbar. Obwohl in der U-Matrix bei den Probanden 6 und 7 engere Beziehungen zwischen den einzelnen Neuronen vorhanden sind, zeichnen sich dort ebenfalls keine trennbaren Strukturen in den Daten ab. Auch die Verteilung des Labeling in allen SOM deutet darauf hin, dass in den Eingabedaten keine eindeutigen Strukturen vorhanden sind, die in Verbindung zu bestimmten Leistungszuständen oder einer erhöhten Verletzungsanfälligkeit stehen. Aus der Verteilung der Variablen ist bei allen Probanden ein enger Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Sprungleistung im SquatJump und im DropJump erkennbar. Deutlich wird auch, dass die Verteilung der Ergebnisse aus den Fragebögen eine weitgehend ähnliche Verteilung aufweisen. Bei allen Probanden ist die Verteilung der Variablen Körpermasse und OwnIndex kaum interpretierbar.

## Diskussion

Ein entscheidender Faktor für die Entwicklung sportlicher Spitzenleistung ist eine optimale Belastungsgestaltung. Hierfür sind grundlegende Modelle des Trainings und der Trainingssteuerung sowie sportartspezifische Inhalte und Methoden zu berücksichtigen. Weitaus weniger wurden Maßnahmen zur Gesunderhaltung von Aktiven, u. a. auch beim langfristigen Leistungsaufbau berücksichtigt. Obwohl in einer Vielzahl von Studien die Aussagekraft einzelner Faktoren zur Diagnostik des aktuellen Erholungs-/Beanspruchungszustands untersucht wurde, haben monokausalen Ansätze bisher kaum verwertbare Erkenntnisse geliefert. Daher wurde in der vorliegenden Arbeit der Ansatz verfolgt, mit einer multivariaten Analyseverfahren Strukturen in Gesundheits-, Leistungs- und Erholungs-/Beanspruchungsdaten aufzuklären, die Rückschlüsse auf den aktuellen Gesundheits- oder Leistungszustand zulassen. Als strukturaufklärendes Verfahren wurden hierfür künstliche neuronale Netze eingesetzt. Mit selbstorganisierenden Karten ist es möglich, Ähnlichkeitsbeziehungen in multidimensionalen Datenstrukturen darzustellen. In diesem explorativen Untersuchungsansatz hat sich aber gezeigt, dass anhand der vorhandenen Daten keine eindeutigen Zustände der Probanden abgrenzbar sind. Obwohl in dieser Untersuchung wenig aussagekräftige Ergebnisse erzielt wurden, sind dennoch weitere multivariate Ansätze zu verfolgen. Aufgrund des Studiendesigns und des langen Untersuchungszeitraums konnten nur solche Daten erfasst werden, die rückwirkungsfrei und mit geringem Aufwand im Training der Handball Bundesliga-Mannschaft messbar waren. Bessere Aussagen sind sicherlich dann zu erwarten, wenn ebenfalls über einen längeren Zeitraum die relevantesten Parameter der Erholungs-/Beanspruchungsdiagnostik erhoben und in diesen Daten mögliche Strukturen aufgeklärt werden. Mit dieser Vorgehensweise wird dem multikausalen Geschehen der Leistungsentwicklung und Gesunderhaltung von Athletinnen und Athleten am ehesten entsprochen.

## Literatur

- Brack, R. (2002). *Sportspielspezifische Trainingslehre. Wissenschafts- und objekttheoretische Grundlagen am Beispiel Handball*. Hamburg: Czwalina.
- Gollhofer, A. (1987). *Komponenten der Schnellkraftleistung im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus*. Erlensee: SFT-Verlag.
- Halson, S. L. & Jeukendrup, A. E. (2004). Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports medicine*, 34 (14), 967-981.
- Kellmann, M. (2000). Psychologische Methoden der Erholungs- und Beanspruchungs-Diagnostik. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 51, 253-258.
- Kohonen, T. (1982a). Self-Organized Formation of Topologically Correct Feature Maps. *Biological cybernetics*, 43, 59-69.
- Kohonen, T. (1982b). Analysis of a Simple Self-Organizing Process. *Biological cybernetics*, 44, 135-140.
- Rascher, R. (2003). *Spielbeobachtung im Hallenhandball. Entwicklung und Überprüfung eines Verfahrens zur Quantifizierung der individuellen Sportspielleistung*. Unveröffentlichte Zulassungsarbeit, Universität Stuttgart.
- Väinämö, K., Nissilä, S., Mäkikallio, T., Tulppo, M. & Röning, J. (1996). *Artificial neural networks for aerobic fitness approximation*. IEEE International Conference on Neural Networks, 4, 1939-1944.

# Optimales Timing von Höhentrainingsmaßnahmen im Schwimmsport

(AZ 070504/09 )

Nadine Wachsmuth, Christian Völzke, Jörg Hoffmann  
& Walter Schmidt (Projektleiter)

Universität Bayreuth

## Problem

Die Effekte des Höhentrainings sind schon häufig untersucht worden, wobei es mittlerweile eine weitgehende Übereinstimmung hinsichtlich genereller positiver Auswirkungen auf die Ausdauerleistung gibt (siehe Übersicht Friedmann-Bette, 2008 und Meta-Analyse von Bonetti und Hopkins, 2009). Es sind jedoch starke individuelle Reaktionen der Leistungsfähigkeit zu beobachten, die zudem im Bereich des Schwimmens nicht unter schwimmspezifischen Konditionen, d. h. zumeist auf dem Fahrradergometer oder Laufband, bestimmt wurden. Bislang liegen in der Literatur auch noch keine Studien (weder aus dem Schwimmsport, noch aus anderen Disziplinen) vor, die sich mit dem optimalen Zeitpunkt der Rückkehr aus dem Höhentrainingslager vor einem wichtigen Wettkampf befassen. Die bisherige Praxis beruht allein auf Erfahrungen, ist aber wissenschaftlich nicht belegt. Es war daher das Ziel dieser Studie, den Leistungsverlauf während und nach einem Höhentrainingslager unter schwimmspezifischen Bedingungen zu dokumentieren, um evtl. genauere Empfehlungen für das optimale Timing von Höhentrainingsmaßnahmen vor wichtigen Wettkämpfen geben zu können. Weiterhin sollte die Veränderung der Hämoglobinemenge (tHb), die als wichtigste leistungsbeeinflussende Größe nach Höhentrainingslagern gilt, bestimmt werden und zu der erwarteten Leistungssteigerung nach einem Höhentrainingslager in Beziehung gesetzt werden.

## Methoden

### Studiendesign und Versuchspersonen

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Universität Bayreuth genehmigt. Die Versuchspersonen, und im Falle der Nichtvolljährigkeit auch ihre Eltern, wurden über Ziele und Risiken der Studie aufgeklärt und unterschrieben eine Einverständniserklärung. Insgesamt nahmen 21 Testpersonen an der Studie teil, von denen 10 ein Höhentrainingslager in Mexiko City (2300 m) absolvierten. Die gesamte Probandengruppe konnte bis 3 Wochen, 5 Personen bis 5 Wochen nach Rückkehr untersucht werden. An einem Flachlandtrainingslager, das in Potsdam stattfand, nahmen insgesamt 11 Personen teil, von denen 9 in die Auswertung eingingen. Vier Personen des Flachlandtrainingslagers in Potsdam hatten fünf Wochen vorher ebenfalls das Höhentrainingslager absolviert. Die anthropometrischen Daten der Testpersonen, die an einem der beiden Trainingslager teilgenommen haben und bei denen vor und bis mindestens 3 Wochen nach Beendigung des jeweiligen Trainingslagers die tHb-Menge gemessen wurde, sind in Tab.1 dargestellt.

Tab. 1. *Anthropometrische Probandencharakterisierung des Höhen- und Flachlandtrainingslagers*

	Geschlecht	N	Alter (Jahre)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	BMI
HTL	m	7	19.0 ± 2.6	185.7 ± 5.7	81.7 ± 12.5	23.7 ± 3.3
	w	3	22.7 ± 8.0	177.0 ± 8.7	65.7 ± 10.4	20.9 ± 1.6
FTL	m	6	17.8 ± 1.9	185.6 ± 6.9	76.0 ± 7.8	22.0 ± 1.1
	w	3	14.3 ± 1.5	167.3 ± 0.6	56.6 ± 1.3	20.2 ± 0.3

HTL = Höhentrainingslager, FTL = Flachlandtrainingslager

Vor, während und nach den Trainingslagern wurden an 10 Zeitpunkten Hämoglobinmassen- Bestimmungen und an 15 Terminen standardisierte Leistungstests durchgeführt (Abb. 1). Zwei Blutvolumentests und vier der Leistungstests fanden dabei vor dem ersten HTL statt, um einen verlässlichen Basiswert zu erhalten. Die Leistungstests wurden bis 16 Tage nach dem Höhentaining von 5 Testpersonen und nahezu komplett von 4 Personen absolviert.

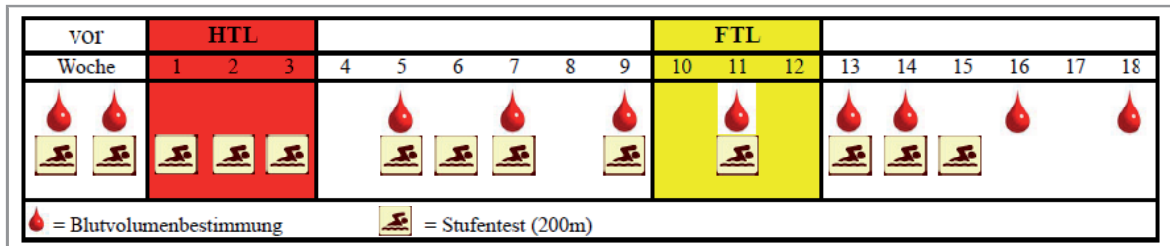


Abb. 1. Überblick über das Untersuchungsdesign. Dargestellt sind das Höhen- (HTL) und Flachlandtrainingslager (FTL) sowie die Blutvolumenmessungen und die Stufentests.

### Bestimmung der totalen Hämoglobinmenge und der Leistungsfähigkeit

Die totale Hämoglobinmenge wurde mit der optimierten CO-Rückatmungsmethode nach Schmidt und Prommer (2005) bestimmt.

Der Schwimmspezifische Test bestand aus fünf 200-m-Stufen, die in einem 50-m-Becken in der bevorzugten Disziplin des jeweiligen Schwimmers bzw. der jeweiligen Schwimmerin absolviert wurden. Die Schwimmgeschwindigkeit wurde individuell so berechnet, dass bei jeder Stufensteigerung die Zeit für die jeweiligen 200 m um 6 sec verringert wurde, bis auf der letzten Stufe mit maximaler Geschwindigkeit geschwommen wurde. Unmittelbar nach Ende jeder Belastungsstufe wurden die Herzfrequenz und die Laktatkonzentration bestimmt.

## Ergebnisse

### tHb-Menge

Die Hämoglobinmenge war eine Woche nach dem HTL um  $4.4 \pm 4.4$  % im Vergleich zum Ausgangswert erhöht, wobei sich eine stark individuelle Reaktion bei den einzelnen Athletinnen und Athleten zeigte, die im Bereich von  $-2.9$  % bis  $+11.9$  % lag. Der Zuwachs an Hämoglobin war nach 3 Wochen nicht mehr signifikant ( $p = 0.14$ ) und betrug noch  $2.1 \pm 3.6$  %. Nach 5 Wochen war das Ausgangsniveau wieder vollständig erreicht. Während des Flachlandtrainingslagers blieb die Hämoglobinmenge sehr konstant. Der Mittelwert oszillierte nur um wenige Gramm.

### Leistungsfähigkeit

In der Endstufe, in der mit maximaler Geschwindigkeit geschwommen wurde (Abb. 2), nahm die Geschwindigkeit in der ersten Woche im HTL deutlich ab, um dann bis zum Ende des HTL auf einem geringfügig verbesserten Niveau zu liegen. Ein gleiches Verhalten zeigte sich auf submaximaler Ebene. Eine Woche nach Rückkehr ins Flachland entsprach die Leistung derjenigen vor dem HTL und verbesserte sich deutlich bis zum 23. Tag nach Rückkehr. Während des sich anschließenden FTL nahm die Leistung tendenziell wieder etwas ab, war aber dennoch deutlich besser als unmittelbar vor und unmittelbar nach dem HTL.

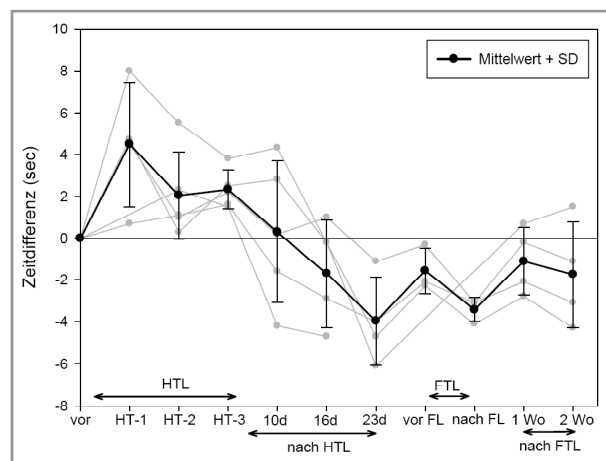


Abb. 2. Veränderung der maximalen Leistung im Schwimm-Stufentest während und nach einem Höhen- und sich anschließenden Flachlandtrainingslager. Dargestellt sind die individuellen Veränderungen der Schwimmzeiten vom Ausgangswert in Sekunden sowie der Mittelwert der Veränderungen mit Standardabweichung.

## Diskussion

Die vorliegende Studie sollte erstmalig Daten über die Entwicklung der Leistungsfähigkeit von Schwimmerinnen und Schwimmern nach einem herkömmlichen Höhentrainingslager erheben. Das wichtigste Ergebnis war, dass die beste Schwimmzeit in einem standardisierten Stufentest nicht unmittelbar nach einem HTL, sondern ab drei Wochen nach Rückkehr erzielt wurde. Die generelle Verbesserung der Leistung nach einem HTL stimmt bedingt mit Ergebnissen einer Meta-Analyse von Bonetti und Hopkins (2009) überein, die nach Auswertung von 51 Studien eine Verbesserung bei Spitzenathletinnen und -athleten nach LHTL Protokollen, aber nur bei Subeliteathletinnen und -athleten nach klassischen Höhentrainingslagern fanden. Eine Erklärung für die unterschiedlichen Literaturdaten dürfte der Zeitpunkt der Tests nach einem HTL sein, der in der Regel unmittelbar bis eine Woche nach Rückkehr erfolgte. Ein Testprotokoll, wie es hier praktiziert wurde, existierte bislang nicht. Ein zweiter Kritikpunkt bisheriger Studien besteht darin, dass gerade bei Schwimmerinnen und Schwimmern bislang kaum sportartspezifische Tests durchgeführt wurden. Eine Ausnahme stellt hier die Studie von Friedmann et al. (2005) dar, die 10 Tage nach Rückkehr von einem dreiwöchigen HTL auf 2300 m bei 16 Schwimmerinnen und Schwimmern im Nachwuchsbereich trotz großer individueller Streuung eine mittlere Verbesserung von 2-3 % im maximalen und submaximalen Bereich fanden.

In der vorliegenden Studie verbesserten sich die Testpersonen nach 16 Tagen um  $1.3 \pm 2.0$  % (nicht signifikant) und nach 23 Tagen um  $2.8 \pm 1.6$  %, d. h. in der gleichen Größenordnung wie in der Studie von Friedmann, wobei jedoch der Zeitverlauf verzögert war. Die vorliegenden Ergebnisse stimmen sehr gut mit denjenigen überein, die wir kürzlich in einer Längsschnittstudie über 2 Jahre mit 34 Leistungsschwimmern bzw. -schwimmerinnen des DSV, die in dieser Zeit z. T. an mehreren Höhentrainingslagern teilnahmen, ermitteln konnten (noch nicht publizierte Daten; Schmidt, Bericht an das BISp vom 20.08.2010). In dieser Studie wurden insgesamt 726 Wettkampfergebnisse der 34 Schwimmerinnen und Schwimmer einer Kovarianzanalyse unterzogen, wobei sich keine Höheneinflüsse bis 25 Tage nach Rückkehr aus einem HTL zeigten, wohl aber eine Verbesserung um 2.7 % zwischen 25 und 35 Tagen danach.

Die Größenordnung und der Zeitverlauf der Veränderung der tHb-Menge nach dem Höhentrainingslager stimmen mit Literaturdaten überein, die unmittelbar nach einem Höhentrainingslager einen mittleren Anstieg von 4-7 % beschreiben und nach 3 Wochen noch ca. 50 % des Höheneffektes. Ein direkter Zusammenhang zwischen der Veränderung der tHb-Menge und der Leistung konnte ebenso wie bei Friedmann et al. (2005) und unserer o. g. Studie (Schmidt, 2010) nicht aufgezeigt werden. Demnach führt die erhöhte O<sub>2</sub>-Transportkapazität unmittelbar nach dem Höhentrainingslager nicht direkt zu einer besseren Schwimmleistung, könnte aber über eine positive Beeinflussung der Trainingsleistung mittelfristig positive Effekte haben. Ebenso deuten die Ergebnisse darauf hin, dass in der Höhe Anpassungsmechanismen ablaufen, die unabhängig von der Hämoglobinveränderung die Leistungsfähigkeit im Flachland beeinflussen.

Zusammenfassend kann daher festgestellt werden, dass drei Wochen nach einem dreiwöchigen traditionellen Höhentrainingslager auf 2300 m im Mittel die besten Leistungen erzielt werden. Wenngleich die Datenlage noch verbessert werden muss und auch ein sehr individuelles Ansprechverhalten vorliegen dürfte, das bei jeder Athletin und jedem Athleten berücksichtigt werden muss, kann für das generelle Timing von Höhentrainingsmaßnahmen dieser Zeitverlauf zugrunde gelegt werden.

## Literatur

- Bonetti, D. & Hopkins, W. G. (2009). Sea level exercise performance following adaptation to hypoxia. *Sports medicine*, 39, 107-127.
- Friedmann, B., Frese, F., Menold, E., Kauper, F., Jost, J. & Bärtsch, P. (2005). Individual variation in the erythropoietic response to altitude training in elite junior swimmers. *British journal of sports medicine*, 39, 148-153.
- Schmidt, W. & Prommer, N. (2005). The optimised CO-rebreathing method: a new tool to de-terminine total haemoglobin mass routinely. *European journal of applied physiology*, 95, 486-495.
- Schmidt, W. (2010). Bericht zum Forschungsprojekt: *tHb-Menge bei Schwimmern* (Kurztitel) BISP-AZ:IIA1-070309/08.
- Wachsmuth, N. B., Völzke, C., Hoffmann, J. & Schmidt, W. (2011). *Optimal timing of altitude training*. 16th annual Congress of the European College of Sport Science (Book of Abstracts).





---

## **Trainingsmitteluntersuchungen im Schwimmen zur disziplingerichteten Entwicklung der aeroben Kraftausdauer der oberen Extremitäten**

(AZ 070506/09)

Maren Witt (Projektleiterin), Janina-Kristin Götz & Ronny Kurth

Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät,  
Institut für Allgemeine Bewegungs- und Trainingswissenschaft,  
Fachgebiet Sportbiomechanik

### **Problem**

Das spezielle Kraftausdauertraining spielt bei der Erhöhung der Vortriebsgeschwindigkeit in zyklischen Bewegungen eine wesentliche Rolle. Typischerweise ist die Steigerung der Bewegungsfrequenz bei Geschwindigkeitserhöhung leistungslimitierend. Die zeitlichen Relationen von Antriebs- und Rückführphasen beeinflussen wesentlich die Dauer der Aufrechterhaltung der jeweiligen Geschwindigkeit. Die Dauer der Entlastungsphase hat großen Einfluss auf die Bewegungsökonomie. Deshalb stand im Mittelpunkt der vorliegenden Untersuchung die Beurteilung der Muskelaktivität im Zusammenhang mit der Erhöhung der Bewegungsfrequenz bei spezifischen Krafttrainingsübungen für Schwimmerinnen bzw. Schwimmer.

### **Methode**

Es fanden zwei Untersuchungen statt. An beiden Studien nahmen Schwimmerinnen und Schwimmer des Bundesstützpunktes Nachwuchs in Leipzig teil (7 D-, 3 C und 2 B-Kader). Im ersten Ansatz führten 12 Schwimmerinnen und Schwimmer spezifische Krafttrainingsübungen (Freistil- und Schmetterlingstechnik sowie Diagonal- und Doppelstocktechnik) an einem Seilzugergometer durch. Im zweiten Teil absolvierten 6 Schwimmerinnen und Schwimmer Stufentests auf dem Laufband (Diagonal- und Doppelstocktechnik). Die Bewegungsfrequenz wurde von 30 bis 50 Zyklen pro Minute (+ 5 Zyklen/min) gesteigert. Gemessen wurden Kraft-, Weg- bzw. Beschleunigungs-Zeit-Verläufe aller Bewegungen. Daraus konnten für die Untersuchungen am Seilzugergometer die intrazyklische Leistung, der Zyklusweg sowie für beide Untersuchungen die Bewegungsfrequenz und die Phasenstruktur der Bewegung berechnet werden. Die Muskelaktivität wurde für die Muskeln latissimus dorsi, deltoideus, pectoralis major erfasst (Noraxon, Myo 2000) und die Parameter Integral, mittlere Aktivität sowie Aktivitätsdauer ermittelt.



Abb. 1. Test am Seilzugergometer(links und auf dem kippbaren Laufband (rechts)

## Ergebnisse

In der zeitlichen Dimension zeigte sich eine Verschiebung der relativen Zeit für Aktivitäts- und Pausendauer für alle untersuchten Bewegungen sowohl hinsichtlich der muskulären Aktivität als auch der dynamometrischen Parameter. Die Frequenzerhöhung führt zu einem generellen Anstieg der relativen Aktivitätszeiten bezogen auf den Gesamtzyklus. Dabei werden größere Aktivitätsabschnitte bei synchronen gegenüber alternierenden Bewegungen realisiert. Die höchste Aktivitätsdauer zeigt sich bei den schwimmspezifischen Bewegungen.

Tab. 1. *Darstellung der Aktionszeiten ermittelt aus dem dynamographischen bzw. elektromyographischen Signal (tc- Aktivitätsdauer in % bezogen auf die Zyklusdauer, SP-Diagonaltechnik, DP-Doppelstocktechnik, F-Freistiltechnik, S- Schmetterlinstechnik)*

tc [%] 1/min	Seilzugergometer				Laufband	
	SP	DP	F	B	SP	DP
	berechnet aus der Dynamometrie					
30	39	39	44	38	40	43
35	40	40	48	40	38	44
40	40	42	48	41	37	45
45	42	44	50	45	38	46
50	42	44	51	48	40	43
	berechnet aus dem EMG m. latissimus dorsi					
30	51	56	48	59	37	56
35	49	53	49	59	40	54
40	43	48	47	56	40	53
45	49	52	55	60	42	52
<b>50</b>	56	59	60	64	45	54

Im Vergleich der Aktivitätszeiten die aus den elektromyographischen und dynamometrischen Signalen ermittelt wurden, zeigt sich eine hohe Übereinstimmung im Verhalten bei Frequenzerhöhung. Allerdings ist der Anteil der Muskelaktivitätsdauer an der Gesamtzykluszeit signifikant größer als die Zeit der Wechselwirkung mit dem Widerlager. Dies bedeutet, dass bei alleiniger Betrachtung der Wechselwirkung mit der Umgebung die Muskelaktivitätsdauer unterschätzt wird.

In der energetischen Dimension werden die höchsten Werte bei den niedrigsten Bewegungsfrequenzen erreicht (Abb. 2). Dabei zeigen die synchronen Bewegungen höhere Werte sowohl in der muskulären Beanspruchung (integrierte Aktivität) als auch im äußerlich messbaren Energieumsatz (Kraftintegral).

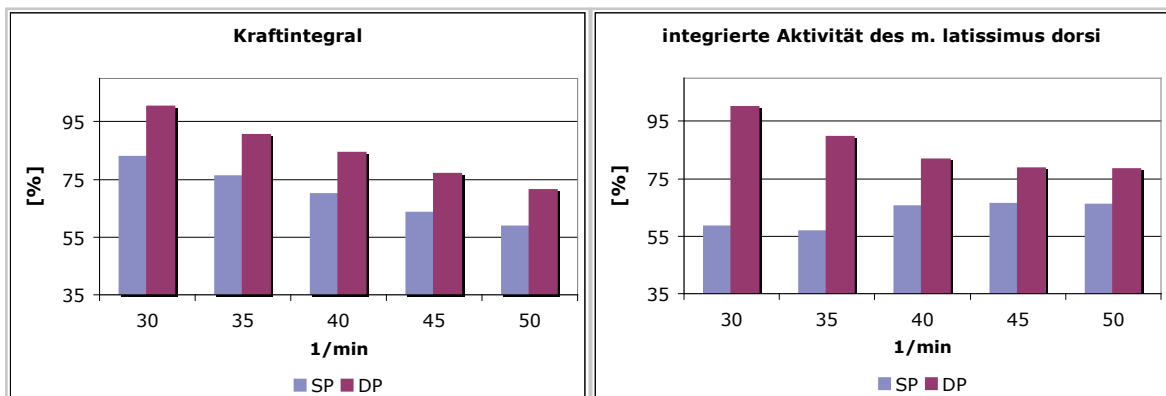


Abb. 2. Darstellung der energetischen Aspekte: Veränderung des Kraftintegrals (links) und der integrierten Muskelaktivität (rechts) (SP- Diagonaltechnik, DP-Doppelstocktechnik)

Vergleicht man auch hier die aus dem Elektromyogramm und dem Dynamogramm gewonnenen Parameter, so fällt auf, dass sich das Kraftintegral in beiden Bewegungsformen (Diagonal- und Doppelstocktechnik) mit Frequenzerhöhung verringert. Dies trifft auch für die integrierte elektrische Aktivität in der Doppelstocktechnik zu. In der Diagonaltechnik zeigt sich einen eher konstante bis leicht ansteigende Tendenz für die Muskelaktivität.

In der Dimension der Intensität zeigt sich eine Erhöhung sowohl der mittleren Muskelaktivität als auch der innerzyklischen Leistung mit steigender Frequenz. Dabei treten nur geringe Unterschiede zwischen alternierenden und synchronen Bewegungen auf (Abb. 3). Hohe Muskelaktivitäten sind vor allem in den Schwimmtechniken und insbesondere im m. deltoideus zu beobachten.

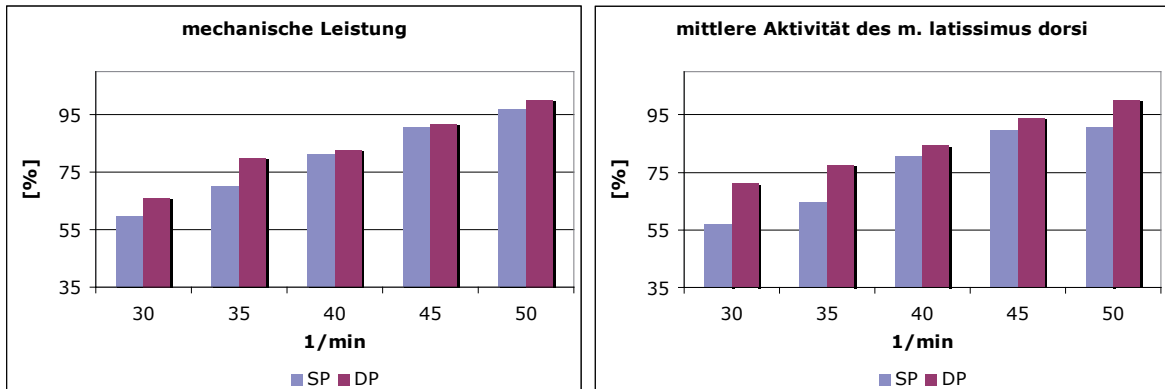


Abb. 3. Darstellung des Aspektes der Intensität: Veränderung der innerzyklischen Leistung (links) und der mittleren Muskelaktivität (rechts)

Mit den Untersuchungen konnten Hauptantriebsmuskeln der oberen Extremitäten identifiziert werden. Deren Verhalten ist in allen untersuchten Antriebsformen ähnlich. Die Frequenzerhöhung führt sowohl in den Bewegungsausführungen an der Schwimmbank, den Skizugtechniken am Seilzugergometer und auch auf dem Laufband zu vergleichbaren Veränderungen in der muskulären Beanspruchung. Die Ergebnisse vom Seilzugergometer können daher auch auf die Trainingsübungen in den Stockschiebetechniken übertragen werden. Für die Entwicklung der Antriebsleistung können je nach Trainingsziel differenzierte Belastungsformen gewählt werden. In der methodischen Reihung sind Trainingsformen zur Entwicklung der energetischen Voraussetzungen (klassisches Krafttraining mit hohen Widerständen) vor Übungen zur Entwicklung der mechanischen Leistung (klassisches Schnellkrafttraining) einzusetzen. Es zeigten sich deutliche Unterschiede in der individuellen Realisierung dieser Belastungsvorgaben.

### Schlussfolgerungen

Für das Training der energetischen Voraussetzungen kann vor allem ein Training mit geringen Frequenzen und synchronen Bewegungstechniken empfohlen werden. Für die Entwicklung der mechanischen Leistung sind alternierende Bewegungsausführungen mit höheren Frequenzen geeigneter. Es müssen spezielle Bewegungstechniken erlernt werden, die innerzyklische Pausen vergrößern, um die ökonomische Nutzung des verfügbaren Sauerstoffs zu garantieren.

Insgesamt ist festzustellen, dass die Skilanglauftechniken geeignete Trainingsübungen für das Kraftausdauertraining von Schwimmerinnen und Schwimmern darstellen.

## Literatur

- Witt, M. & Götz, J. (2010). *Investigations of strength endurance exercises for swimmer, Biomechanics and Medicine in Swimming XI, Book of Abstracts*, p. 104.
- Goetz, J.-K. & Witt, M. (2019). Trainingsmitteluntersuchung im Schwimmen zur disziplingerichteten Entwicklung der aeroben Ausdauer der oberen Extremität. In: A. Hahn, J. Kuchler, S. Oester, W. Sperling, D. Strass & M. Witt (Hrsg.), *Biomechanische Leistungsdiagnostik im Schwimmen, Beiträge zum dvs-Symposium Schwimmen*, 10.-12.09.2009 in Leipzig (S. 43-50). Köln: Sportverlag Strauß.





---

# Multivariate Zeitreihenmodellierung von Trainingswirkungen mit neuronalen Netzen

(AZ 070520/10)

Benjamin Haar (Projektleiter) & Wilfried W. Alt

Universität Stuttgart, Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft

## Einleitung

Modelle zur Analyse und Prognose von Trainingswirkungen sind vielversprechende Verfahren für eine individuelle Optimierung der Belastungsgestaltung (Banister et al., 1975; Mester & Perl, 2000; Edelmann-Nusser et al., 2000). Die starken Vereinfachungen der antagonistischen und non-parametrischen Modelle führen aber zu einer geringen Modellgüte und Prognoseleistung. Forschungsbedarf besteht daher hinsichtlich neuer multifaktorieller Modelle, die den komplexen und dynamischen Trainingsprozess hinreichend abbilden.

Künstliche neuronale Netze (KNN) haben sich als Methode zur Analyse und Prognose von nichtlinearem und dynamischem Systemverhalten bewährt (Zhang et al., 1999). Das Ziel dieser Arbeit ist es, den Zusammenhang zwischen Beanspruchung und sportlicher Leistungsfähigkeit mit KNN verlaufsorientiert abzubilden und die Leistungsentwicklung vorherzusagen.

## Material und Methoden

An dieser Studie nahmen drei hochtrainierte Triathletinnen und -athleten teil ( $27 \pm 10$  Jahre;  $VO_2\text{max} = 3,72 \pm 0,15 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$ ). Während des dreimonatigen Untersuchungszeitraums wurde täglich die Trainingsbeanspruchung in vier Kategorien (Laufen, Radfahren, Schwimmen und Krafftraining) anhand der Herzfrequenz und des zeitlichen Umfangs dokumentiert (Banister & Hamilton, 1985). Die Erholungsbeanspruchungsbilanz der Versuchspersonen wurde jeden dritten Tag an 30 Messzeitpunkten mit einem Fragebogen erfasst (Kellmann & Kallus, 2000). Die maximale Sauerstoffaufnahme wurde als Maß für die Ausdauerleistungsfähigkeit ebenfalls alle drei Tage mit einer Fahrrad-Spiroergometrie bestimmt (Van Schuylenbergh et al., 2004).

Für die multivariate Zeitreihenanalyse wurde ein Backpropagation-Netz eingesetzt. Die Trainingsbeanspruchung und der psychometrisch erfasste Erholungs- und Beanspruchungszustand wurden als Prädiktorvariablen berücksichtigt. Die Dynamik des Trainingsprozesses wurde über den Zusammenhang zwischen der Leistungsfähigkeit und der Leistungsentwicklung abgebildet. Die KNN wurden für jede Athletin und jeden Athleten mit 24 Datensätzen trainiert. Die Entwicklung der Leistungsfähigkeit wurde über vier Messzeitpunkte vorhergesagt.

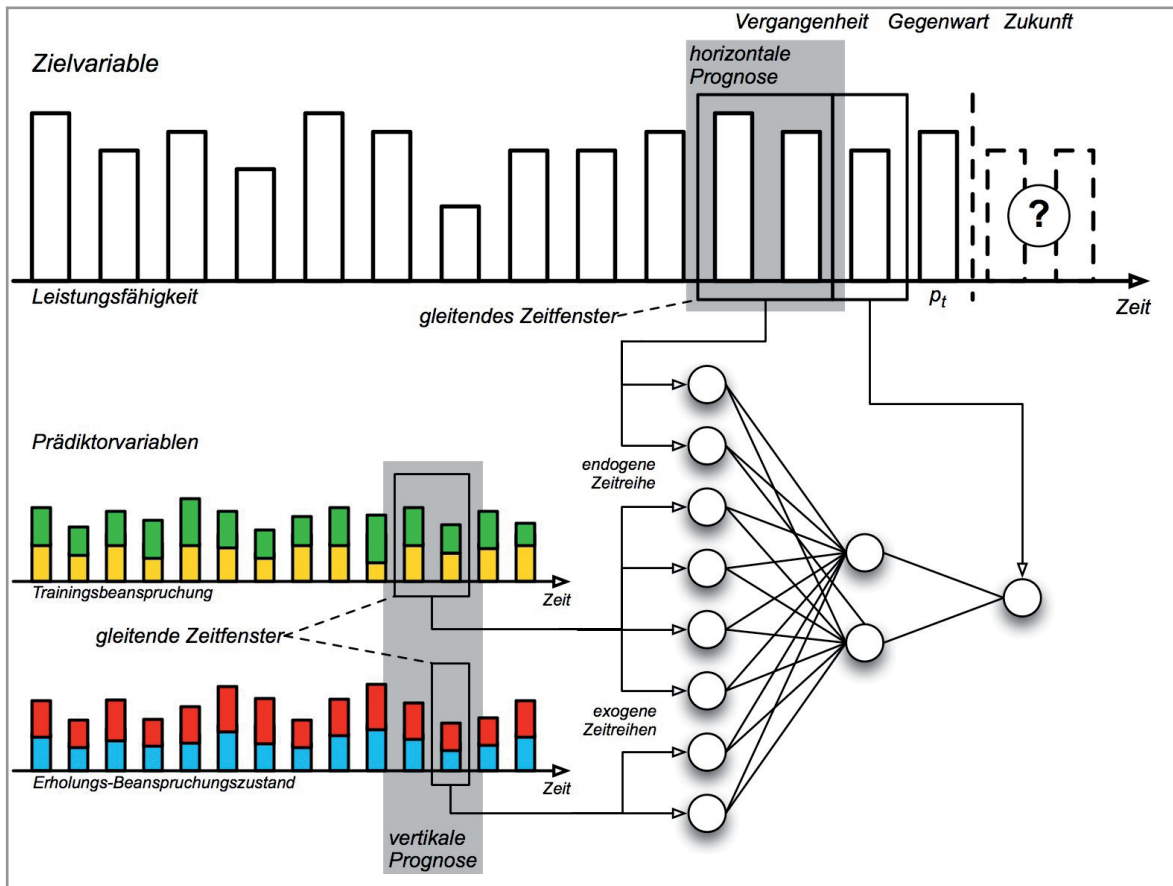


Abb. 1. Schema eines künstlichen neuronalen Netzes zur Analyse und Prognose von Trainingswirkungen.

Durch eine schrittweise Reduktion der Eingabedaten, wurde das multivariate Modellkonzept auf seine Gültigkeit hin geprüft. Die Modellgüte und Prognoseleistung wurden im Vergleich zu den antagonistischen Modellen bewertet.

## Ergebnisse

Bei allen Testpersonen wird bei der Analyse und Prognose von Trainingswirkungen mit KNN (KNN-Modell) eine hohe Modellgüte (root mean square error (RMSE =  $0,05 \pm 0,02 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ) und Vorhersagegenauigkeit (RMSE =  $0,05 \pm 0,02 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ) erreicht. Die Reduktion der Eingabedaten führt zu einer abnehmenden Abbildungs- und Prognoseleistung. Modellgüte und Prognoseleistung des KNN-Modells sind im Vergleich zu den antagonistischen Trainings-Wirkungs-Modellen höher.

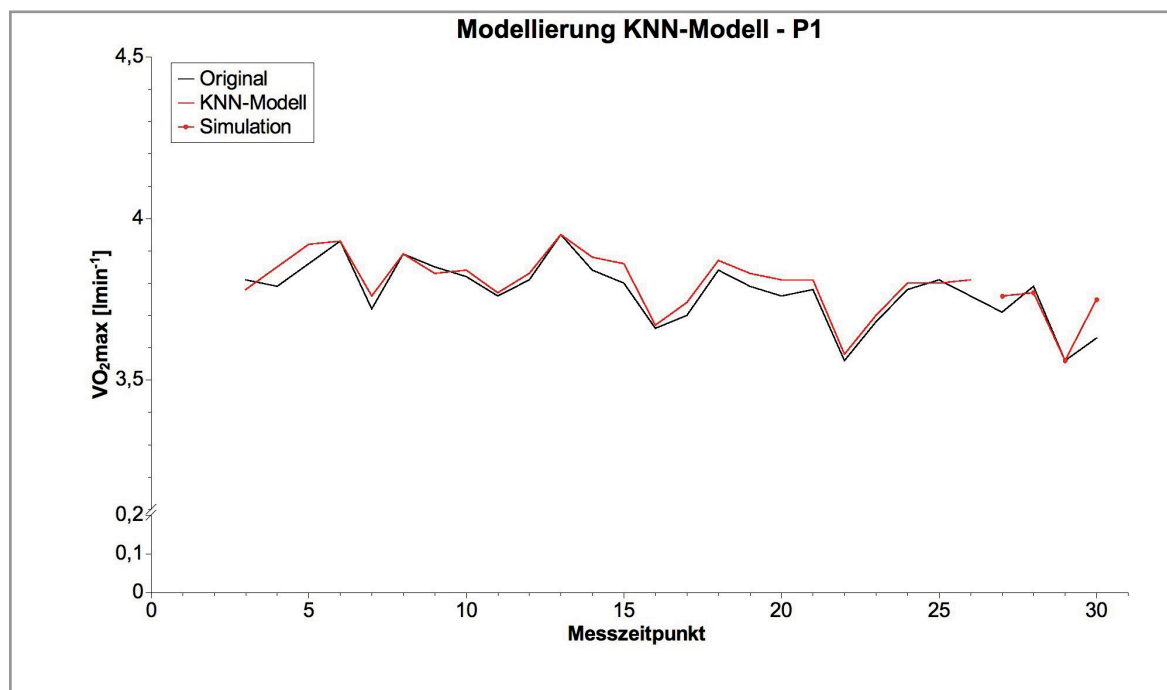


Abb. 2. Beispiel von Versuchsperson 1. Realer, modellierter und prognostizierter Leistungsverlauf.

## Diskussion

KNN sind besonders zur verlaufsorientierten Analyse und Prognose von Trainingswirkungen geeignet. Der Vorteil dieser Methode ist in der multivariaten Modellstruktur zu sehen. Durch die differenzierte Berücksichtigung trainingsinduzierter Beanspruchungen und des aktuellen Erholungs- und Beanspruchungszustands wird ein höherer Erklärungswert für die Leistungsentwicklung erreicht. Trainings-Wirkungs-Modelle mit geringerer Komplexität bilden den Leistungsverlauf nur ungenau ab und können die Leistungsentwicklung nicht exakt vorhersagen.

## Schlussfolgerung

Simulative Trainings-Wirkungs-Modelle eignen sich für eine individuelle Trainingssteuerung nur dann, wenn sie in hohem Maße die Komplexität und Dynamik des Trainingsprozesses abbilden. Dann bietet sich aber ein praktischer Einsatz vor allem in der kurzfristigen Trainingsplanung oder Wettkampfvorbereitung an.

## Literatur

- Banister, E. W., Calvert, T. W., Savage, M. V. & Bach, T. M. (1975). A Systems model of training for athletic performance. *Australian journal of sports medicine*, 7 (3), 57-61.
- Banister, E. W. & Hamilton, C. L. (1985). Variations in iron status with fatigue modelled from training in female distance runners. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 54 (1), 16-23.
- Edelmann-Nusser, J., Hohmann, A., & Henneberg, B. (2001). Prognose der olympischen Wettkampfleistung im Schwimmen. *Leistungssport*, 31 (3), 20-23.
- Mester, J. & Perl, J. (2000). Grenzen der Anpassungs- und Leistungsfähigkeit des Menschen aus systemischer Sicht. *Leistungssport*, 30 (1), 43-51.
- Kellmann, M. & Kallus, K. W. (2000). *Der Erholungs-Belastungs-Fragebogen für Sportler*. Frankfurt: Verlag Swets Test service.
- Van Schuylenbergh, R., Eynde, B. V. & Hespel, P. (2004). Prediction of sprint triathlon performance from laboratory tests. *European journal of applied physiology*, 91 (1), 94-99.
- Zhang, G., Patuwo, B. E. & Hu, M. Y. (1998). Forecasting with artificial neural networks: The state of the art. *International journal of forecasting*, 14, 35-62.

---

# **Integration eines neuen Stemmbretts in die biomechanische Diagnostik im Rennboot zur Leistungs- und Technikansteuerung im Hochleistungstraining (HLT)**

(AZ 071605/10)

Klaus Mattes

Universität Hamburg, Abteilung Bewegungs- und Trainingswissenschaft

## **Problemstellung**

Das MMS 2000 hat sich seit seiner Einführung 2000 zu einem wichtigen Bestandteil in der Vorbereitung der Rudernationalmannschaften für die internationalen Wettkampfhöhepunkte (Weltmeisterschaften, Olympische Spiele) entwickelt. Zu den gegenwärtigen Stärken des Systems zählen:

- die Erfassung von Ruderleistung und Rudertechnik unmittelbar im Rennboot der Athletinnen bzw. Athleten, in allen Bootsklassen und unter allen typischen Wettkampf- und Trainingsbedingungen, wie z. B. das Messen von Achterbesatzungen bei internationalen Rennen.
- das Feedbacktraining mit Synchroninformation für den Ruderer bzw. die Ruderin und den Trainer bzw. die Trainerin.
- die hohe trainingspraktische Relevanz der generierten Mess- und Testdaten; die Aussagen reichen von Hinweisen zur Steuerung der individuellen Ruderleistung und -technik bis zu Empfehlungen für die Formierung von Bootsbesatzungen.

In Auswertung der Messserie 2009 wurde jedoch eingeschätzt, dass die bisherige Stemmbrettkraftmessung nicht mehr den Anforderungen an die Leistungsdiagnostik und das Feedbacktraining entspricht. Einschränkungen ergaben sich aufgrund der hohen zusätzlichen Gewichtsbelastung des Bootes, der unzureichenden Messgenauigkeit und unbefriedigend für das Riemenrudern wurden die Stemmbrettkräfte nicht für das linke und rechte Bein getrennt erfasst. In 2010 wurden neue leichtere Stemmbrettkraftsensoren in die KLD eingeführt, die die Kräfte getrennt für das linke und rechte Bein registrieren.

Nach einer ersten Pilotuntersuchung (Mattes, 2010) war es ein zusätzlicher Schwerpunkt im Rahmen dieses Betreuungsprojekts, die unterschiedliche Kraftabgabe von Innen- und Außenbein im Riemenrudern weiterführend zu untersuchen. Dabei wurde davon ausgegangen, dass aufgrund der Drehbewegung des Riemens und der tangentialen Krafteinleitung am Innenhebel eine unterschiedliche Belastung von Innen- und Außenbein am Stemmbrett im Riemenrudern resultiert. Im Vordergrund werden das Innenbein, aber im Mittel- und Endzug das Außenbein stärker belastet.

## Methode

Die Untersuchungen 2010 umfassten A-Kader bzw. in einigen Fällen (beispielsweise zur Vervollständigung der Bootsbesetzung) auch B- und C-Kader der Skull- und Riemenbootklassen. Insgesamt wurden 61 Messfahrten zur komplexen Leistungsdiagnostik (KLD) sowie 57 Feedbackfahrten mit parametergestütztem Techniktraining durchgeführt.

Zur KLD wurde das „Mobile Mess- und Trainingssystem 2010“ (MMS 2010) des Instituts FES (Mattes, 2010) und zum Feedbacktraining das Processor Coach System-3/ Sportler (PCS-3/S) mit direkter Anzeige der Messgrößen beim Rudern im Rennboot verwendet (Mattes & Böhmert, 2002). Das Messsystem liefert als Messgrößen:

- das Riemenbiegemoment (Biegefeder mit DMS am Innenhebel),
- den Ruderwinkel (Magnetfeldsensor auf dem Dollenstift befestigt und per Gummifaden mit dem Innenhebel verbunden,)
- die Stemmbrettkräfte (neue Scherkraftsensoren mit Dehnungsmessstreifen montiert an den Stemmbretthalterungen) getrennt für das Innen- und Außenbein,
- den Rollsitzzweg (Wegaufnehmer auf der Rollbahnschiene befestigt),
- die Bootsbeschleunigung (2g DMS-Beschleunigungsaufnehmer) (Böhmert, 2009).

In Absprache mit dem Cheftrainer und den verantwortlichen Bootstrainern kamen je nach Zielstellung der Diagnostik unterschiedliche Testmethoden zur Anwendung:

- kombinierter Schlagfrequenzstufen-, Wettkampftest,
- Wettkampftest über verschiedene Distanzen bis 2000 m,
- Feedbacktraining mit dem Prozessor Coach System.

Für die zusätzliche Untersuchung der Stemmbrettkräfte wurden Messdaten von Kaderathletinnen ausgewählt, die sowohl im Achter (8+) als auch im Zweier ohne (2-) getestet wurden (A-B-Kader, N = 6, Körperhöhe =  $1,82 \pm 0,06$  m, Körpermasse =  $75,0 \pm 5,7$  kg). Die Messungen der Frauen im Zweier ohne (2-) erfolgten über ein 2000-m-Rennen innerhalb der Kölner Ruderregatta (12.4.2010) wobei die Mannschaften gegeneinander antraten. Die Messungen der Frauen im Achter (8+) erfolgten über 1000-m-Rennen in Dortmund (6.5.2010).

Die Merkmalsstichprobe umfasste als unabhängige Variablen die Kraftabgabe am Stemmbrett der Ruderinnen in den beiden Bootsklassen und in den Ruderrennen sowie als abhängige Variablen die Stemmbrettkräfte im Durchzug und in den Teilphasen Vorder-, Mittel- und Endzug getrennt für das Innen- und Außenbein.

Zur statistischen Auswertung wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung mit dem Innersubjektfaktor Bein (Innenbein versus Außenbein) und dem Zwischensubjektfaktor Bootsklasse (8+ und 2-) gerechnet.

## Ergebnisse

Bei der Leistungsdiagnostik erfolgte eine Spätinformation nach dem Test. Je nach Bootsklasse (1x- bis 8+) lagen die Testergebnisse ein bis zwei Stunden nach Testdurchführung durchweg als metrische Daten auf proportionalem Skalenniveau vor. Durch die Kombination grafischer Darstellungen mit ausgewählten rudertechnischen Kennwerten in Tabellenform konnten sowohl der qualitative Verlauf rudertechnischer Kennlinien als auch die quantitative Ausprägung von Merkmalen der Ruderleistung und Rudertechnik eingeschätzt und beurteilt werden. Um das Verständnis der Athleten für die Messwerte und die Transformation in Trainingsempfehlungen zu unterstützen, wurden die Testergebnisse mit dem Video über eine spezielle Auswertungs- und Darstellungssoftware präsentiert. Die Erläuterung der Testergebnisse erfolgte in gemeinsamen Gesprächen mit den verantwortlichen Trainern und Sportlern. Im Mittelpunkt standen die Zusammenhänge zwischen dynamischer und kinematischer Struktur der Ruderbewegung sowie die äußerlich sichtbare Rudertechnik und deren Wirkung auf Bootsgeschwindigkeit und Bootsdurchlauf. Darauf aufbauend wurden Schwerpunkte für das Technik- und Konditionstraining sowohl für den einzelnen Ruderer als auch für die Bootsbesatzung abgeleitet.

Mit dem Feedbacksystem können verschiedene Merkmale der Rudertechnik in kurzer Zeit (1-3 Trainingseinheiten), wie die Schlagweite, die Gestaltung der vorderen und hinteren Bewegungsumkehr, die Kraft- und Bewegungskopplung im Durchzug, das widerstandsarme Vorrollen etc., erfolgreich angesteuert werden.

Die zusätzliche Auswertung der Stemmbrettkräfte zeigte, dass der Faktor Bein (IB versus AB) einen höchst signifikanten Haupteffekt mit großer Effektstärke auf die Stemmbrettkräfte im Durchzug sowie im Mittel- und Endzug ausübte (Tab. 1). Eine signifikante Wechselwirkung von Bein und Bootsklasse bestand nicht.

Tab. 1. *Einfluss des Faktors Bein (Innen- und Außenbein) auf die Stemmbrettkräfte ( $F_s$ ) im Durchzug, F-Wert der Varianzanalyse, Frauen, N = 6*

Faktor	Kennwert	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
<b>Bein</b> (Innen- versus Außenbein)	$F_{SD}$	15,67	0,003	0,610
	$F_{SVZ}$	2,93	0,118	0,226
	$F_{SMZ}$	49,34	0,000	0,831
	$F_{SEZ}$	20,36	0,001	0,671

Unabhängig von der Bootsseite (Back- oder Steuerbord) und von der Bootsklasse (8+ und 2-) waren die Stemmbrettkräfte des Außenbeins im Durchzug größer, wobei sich jedoch die Anteiligkeit veränderte. Mit Schlagbeginn wurden größere Stemmbrettkräfte des Innenbeins gemessen, danach überstiegen die Kräfte des Außenbeins die des Innenbeins. Im Mittel- und Endzug waren die Stemmbrettkräfte des Außenbeins signifikant größer als die des Innenbeins (Tab. 2). Der Ruderwinkel beim Schnittpunkt der Stemmbrettkräfte von Innen- und Außenbein im Durchzug lag individuell unterschiedlich im Intervall zwischen 47 und 80°.



Tab. 2. Vergleich der Stemmbrettkräfte zwischen Innen- (IB) und Außenbein (AB), mittlere Differenzen  $\pm$  Standardabweichung ( $F_{AB}-F_{IB}$ ), T-Werte des gepaarten T-Tests, Frauen,  $N = 6$

Faktor	Kennwert	IB	AB	$F_{AB}-F_{IB}$ [N]	T-Wert	Signifikanz
2-	$F_{SD}$	131 $\pm$ 37	172 $\pm$ 23	41 $\pm$ 34	-2,91	0,03
	$F_{SVZ}$	219 $\pm$ 49	209 $\pm$ 38	-10 $\pm$ 36	0,70	0,52
	$F_{SMZ}$	106 $\pm$ 53	196 $\pm$ 59	90 $\pm$ 50	-4,41	0,01
	$F_{SEZ}$	5 $\pm$ 22	65 $\pm$ 38	60 $\pm$ 40	-3,62	0,02
8+	$F_{SD}$	152 $\pm$ 30	172 $\pm$ 27	20 $\pm$ 15	-3,21	0,02
	$F_{SVZ}$	239 $\pm$ 36	221 $\pm$ 25	-18 $\pm$ 17	2,57	0,05
	$F_{SMZ}$	141 $\pm$ 46	198 $\pm$ 42	57 $\pm$ 12	-11,83	0,000
	$F_{SEZ}$	27 $\pm$ 18	64 $\pm$ 29	37 $\pm$ 34	-2,70	0,04

## Diskussion

Die Ergebnisse verifizierten die Ausgangsüberlegung, dass beim Riemenrudern zwischen Innen- und Außenbein eine unterschiedliche Belastung im Durchzug auftritt. Mit Durchzugsbeginn und im Bereich des Vorderzuges dominieren die Stemmbrettkräfte des Innenbeins, die des Außenbeins. Danach werden höhere Kräfte des Außenbeins im Mittel- und Endzug gemessen. Der Wechsel von stärkerer Innenbeinbelastung im Vorderzug auf erhöhte Belastung des Außenbeins im Mittel- und Endzug trat individuell bei verschiedenen Ruderwinkeln im Vorderzug, aber auch zu Beginn des Mittelzuges auf. Die Untersuchungsergebnisse decken sich mit den Befunden der Pilotstudie, die an Hamburger Kaderathleten in Kleinbooten (2-) durchgeführt wurden (Mattes, 2010) und mit Angaben aus der Literatur. Das unterschiedliche Kraftverhalten von Innen- und Außenbein wurde bereits von einigen Autoren beschrieben (Asami et al., 1978; Buchmann, 1978). Diese Ergebnisse unterstreichen die praktische Relevanz der getrennten Messung der Stemmbrettkräfte zwischen Innen- und Außenbein.

Nach den bisherigen Erfahrungen sollte die Stemmbrettkräfte des Innenbeins im Durchzug mindestens ca. 45 %, im Vorderzug ca. 55 %, im Mittel- und Endzug ca. 45 % der gesamten Stemmbrettkraft betragen. Wenn im Durchzug der Anteil der Stemmbrettkräfte des Innenbeins kleiner als 45 % ausfällt, dann werden die Kräfte dieses Beines nicht hinreichend für die Leistungsabgabe genutzt.

Die getrennte Messung der Stemmbrettkräfte für das linke und rechte Bein sollte für das Riemenrudern in die Routinediagnostik übernommen werden. Für die aktuell verwendeten Stemmbrettkraftsensoren dürfen aufgrund der Messgenauigkeit nur der qualitative Verlauf der Stemmbrettkraft-Kurven und als quantifizierte Kennwerte der relative Anteil der Bootsseiten an der Gesamtstembrettkraft genutzt werden. In der Routinediagnostik sollten die Parameterverläufe (Kennlinien) sowie die Kennwerte der mittleren Stemmbrettkräfte für den Durchzug und die Teilphasen Vorder-,

Mittel- und Endzug in Prozent der Stemmbrettsummenkraft getrennt für das Innen- und Außenbein als Ziffern dargestellt werden. Einen weiteren charakteristischen Kennwert der bootsseitigen Kraftabgabe bildet der Ruderwinkel beim Schnittpunkt der Stemmbrettkräfte von Innen- und Außenbein. Auch dieser Kennwert sollte in die Routinediagnostik aufgenommen werden.

## Literatur

- Asami, T., Adachi, N., Yamamoto, K., Ikuta, K. & Takahashi, K. (1978). Biomechanical analysis of rowing skill. Paper presented at the Biomechanics VI-B, *Proceedings of the Sixth International Symposium on Biomechanics*.
- Böhmert, W. (2009). *Projektbeschreibung Rudermesssystem des Instituts FES*. Projektbeschreibung für das BISp. Berlin: FES
- Buchmann, R. (1978): *Theoretische und empirische Grundlagen der sporttechnischen Leistungsentwicklung im Rudern*. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin.
- Mattes, K. (2010). *Forschungsbericht zur Erprobung der neuen Stemmbrettkraftsensoren 2009*, Universität Hamburg.
- Böhmert, W. & Mattes, K. (2003). Biomechanische Objektivierung der Ruderbewegung im Rennboot. In W. Fritsch (Hrsg.), *Rudern - erfahren, erkunden, erforschen* (S. 163-172). Gießen: Wirth-Verlag (Sport Media).
- Mattes, K. & Böhmert, W. (2002). Feineinstellung der sportlichen Technik durch Messplatztraining. In *Messplatztraining*. 5. Gemeinsames Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft vom 19.-21.9. 2002 in Leipzig.



---

# **Biomechanisch gestützte Empfehlungen zur Formierung von Bootsbesatzungen und Feedbacktraining im Rennboot (U 23 und Juniorennationalmannschaften 2010)**

(AZ 071606/10)

Klaus Mattes (Projektleiter) & Nina Schaffert

Universität Hamburg, Abteilung Bewegungs- und Trainingswissenschaft

## **Problemstellung**

Jährlich sind die leistungsstärksten deutschen Juniorenrunderer und -ruderinnen auszuwählen und auf die internationalen Wettkampfhöhepunkte vorzubereiten. Bei der Auswahl der Sportler bzw. Sportlerinnen und deren Sitzpositionierung im Rennboot werden neben Regattaergebnissen und leistungsphysiologischen Befunden insbesondere die individuelle ruderspezifische Leistungsfähigkeit unter den Bedingungen der Groß- und Mittelboote berücksichtigt. Die Formierung der neuen Bootsbesatzungen und deren rudertechnische Vorbereitung auf den internationalen Wettkampfhöhepunkt (Junioren- und U23 Weltmeisterschaften) verlangt die Optimierung von Ruderleistung und Rudertechnik sowie deren Feinstellung im Mannschaftsgefüge in vergleichsweise kurzer Zeit, um die international geforderte hohe Bootsgeschwindigkeit im Ruderrennen zu erreichen. Neben einer erfahrenen Trainerpersönlichkeit kann dieser Prozess durch biomechanisch gestütztes Feedbacktraining schnell und zielgerichtet gesteuert werden. Mit der biomechanischen Diagnostik und dem anschließenden Feedbacktraining werden folgende Aspekte verfolgt:

- Ranking und Empfehlungen zur Groß- und Mittelbootsformierung,
- Generierung von Trainingszielen zur Ansteuerung der Rudertechnik für den einzelnen Ruderer und die Bootsbesatzung,
- Wissenschaftliche Begleitung des Feedbacktrainings zur Sicherung von Ansteuerungseffekten beim Ruderer und bei der Bootsbesatzung.

Zur komplexen Diagnostik von Ruderleistung und -technik wurde das „Mobile Mess- und Trainingssystem 2010“ (MMS 2010) des Instituts FES (Mattes, 2010) und zum Feedback- oder Messplatztraining das Processor Coach System-3/Sportler (PCS-3/S) mit direkter Anzeige der Messgrößen beim Rudern im Rennboot verwendet (Mattes & Böhmert, 2002).

Insgesamt wurden 116 Messfahrten zur Selektion und während des Techniktrainings in der UWV wissenschaftlich betreut (84x KLD und 32x Feedback).

Das genaue Vorgehen wurde bereits im BISp-Jahrbuch 2010 beschrieben, so dass an dieser Stelle darauf verzichtet werden kann. Für das Trainingsjahr 2010 wurde die Implementierung neuer Stembrettkraftparameter getrennt für das linke und rechte als zusätzliches Ziel im Rahmen des Betreuungsprojekts verfolgt. Auf die dabei vorgenommene vergleichende Untersuchung der Stembrettkräfte im Durchzug wird im Weiteren eingegangen.

Mit dem Trainingsjahr 2010 beginnend wurden erstmals Scherkraftsensoren für die Kraftmessung am Stemmbrett eingesetzt, die durch das Institut FES entwickelt wurden. Die Messsensoren verfügen über folgende Vorteile:

- die Kraftmessung erfolgt getrennt für das rechte und linke Bein,
- die Gewichtsbelastung der Ruderboote ist durch die leichteren Sensoren reduziert,
- der Einbau erfordert deutlich weniger Zeit, da die Sensoren auf der Stemmbretthalterung befestigt werden und kein Austausch des Originalstemmbrettes mehr notwendig wird.

Nach einer ersten Pilotuntersuchung (Mattes, 2010) wurde in der vorliegenden Studie die unterschiedliche Kraftabgabe von Innen- und Außenbein im Riemenrudern weiterführend untersucht. Dabei wurde davon ausgegangen, dass aufgrund der Drehbewegung des Riemens und der tangentialen Kraffteinleitung am Innenhebel, die der Ruderer als Bewegungsaufgabe zu lösen hat, eine unterschiedliche Belastung von Innen- und Außenbein am Stemmbrett resultiert. Im Vorderzug werden dabei das Innenbein, aber im Mittel- und Endzug das Außenbein stärker belastet.

## Methode

Für die vergleichende Untersuchung wurden die Messdaten der zwei Achter der männlichen Junioren der Selektionsuntersuchungen (CJ-Kader, N = 16, Körperhöhe =  $1,92 \pm 0,05$  m, Körpermasse =  $88,6 \pm 7,3$  kg) ausgewertet. Die Messungen fanden im 2- über ein 2000-m-Rennen bei der Kölner Ruderregatta am 4.7.2010 und im Achter über 1000-m-Rennen in Dortmund am 2010 statt. Die realisierten mittleren Schlagfrequenzen im Stufentest sowie 2000-m-Rennen sind in Tab. 1 dargestellt.

Tab. 1. *Übersicht über die realisierten Schlagfrequenzen im Stufentest bzw. 2000-m-Rennen*

Fahrt-Nr.	SF [1/min] jeweils zehn Ruderschläge				WK2000	
					SF [1/min]	Anzahl Ruderschläge
11100118	21,1	26,8	31,5	34,1	37,3	217
11100119	20,8	22,6	29,3	33,7	36,9	213

Bei beiden Messfahrten herrschten vergleichbare Wasser- und Wetterbedingungen (glattes Wasser, Wassertemperatur 20°C, Lufttemperatur 27°C, Windstille).

Die Merkmalsstichprobe erfasste als unabhängige Variablen die Kraftabgabe am Stemmbrett der Ruderer in verschiedenen Schlagfrequenzstufen und im Ruderrennen sowie als abhängige Variablen die Stemmbrettkräfte im Durchzug und die Teilphasen Vorder-, Mittel- und Endzug getrennt für das Innen- und Außenbein (FSIB, FSAB).

Eingesetzt wurde das Mobile Messsystem 2010 das sportlerspezifische Messwerte (Riemenkraft, Ruderwinkel, Rollsitzzweg und Stembrettkraft) und zusätzlich die Bootsbeschleunigung in Vortriebsrichtung aufzeichnet (Böhmer, 2009). Am Stembrett wurden die Druck- oder Zugkräfte in der Vortriebssebene getrennt für das rechte und linke Bein als Schubspannung mittels Dehnungsmessstreifen in neutraler Materialfaser gemessen. Die Messgenauigkeit betrug 5 % (Böhmer, 2009).

Zur statistischen Auswertung wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung mit dem Innersubjektfaktor Bein (Innenbein versus Außenbein) und dem Zwischensubjektfaktor Schlagfrequenz (Schlagfrequenzstufen 20, 24, 28, 32 und 2000-m-Rennfrequenz) gerechnet.

## Ergebnisse

Der Faktor Bein übte einen höchst signifikanten Haupteffekt mit großer Effektstärke auf die Stembrettkräfte im Durchzug sowie in den Subphasen Mittel- und Endzug aus (Tab. 2). Auch im Vorderzug wurde ein hoch signifikanter Unterschied ermittelt, der jedoch nur eine geringe Effektstärke aufwies (0,08). Eine signifikante Wechselwirkung von Bein \* SF-Stufe mit nur geringer Effektstärke bestand nur im Endzug ( $F = 3,6$ ;  $p = 0,02$ ; partielles Eta-Quadrat = 0,14).

Tab. 2. *Einfluss des Faktors Bein (Innen- und Außenbein) und der Wechselwirkung Bein\* SF-Stufe auf die Stembrettkräfte (FS) im Durchzug, F-Wert der Varianzanalyse, Junioren, N = 16*

Faktor	Kennwert	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
Bein (IB versus AB)	$F_{SD}$	96,3	0,00	0,56
	$F_{SVZ}$	6,2	0,01	0,08
	$F_{SMZ}$	126,9	0,00	0,63
	$F_{SEZ}$	213	0,00	0,74

Die Prüfung des Zwischensubjekteffekts der Schlagfrequenz auf die Stembrettkräfte erbrachte nur einen signifikanten Unterschied auf die Stembrettkräfte im Endzug mit geringer Effektstärke ( $F = 3,6$ ;  $p = 0,01$ ; partielles Eta-Quadrat = 0,16).

Die paarweisen Vergleiche zeigten in allen Schlagfrequenzstufen im Durchzug insgesamt sowie im Mittel- und Endzug signifikant höhere Stembrettkräfte des Außenbeins. Dabei zeigte sich, dass über die Schlagfrequenzstufen hinweg im Durchzug das Innenbein ca. 44-45 % und das Außenbein ca. 55-56 % der Gesamtstembrettkraft erbringen (Tab. 3). Die Werte streuten mit 5-7 % stark. Weiter fallen die geringen Anteile des Innenbeins an der Gesamtstembrettkraft im Mittel- und Endzug sowie die großen Streuungen der Stembrettkraft in diesen beiden Schlagphasen auf.

Tab. 3. Vergleich der Stembrettkräfte ( $F_S$ ) von Innen- (IB) und Außenbein (AB) im Durchzug (D), Vorderzug (VZ), Mittelzug (MZ) und Endzug (EZ), Junioren,  $N = 16$

SF [1/min]	$F_{SD}$ [N]	$F_{SDIB}$ [%]	$F_{SDAB}$ [%]	$F_{SVZIB}$ [%]	$F_{SVZAB}$ [%]	$F_{SMZIB}$ [%]	$F_{SMZAB}$ [%]	$F_{SEZIB}$ [%]	$F_{SEZAB}$ [%]
20	472±41	45±7	55±7	50±4	50±5	38±10	62±10	37±6	63±6
24	424±65	44±5	56±5	51±4	49±4	38±10	62±10	35±7	65±7
28	391±78	44±5	55±5	52±4	48±4	39±10	61±10	37±6	64±6
32	395±101	45±5	55±5	52±3	48±3	40±10	60±10	38±6	62±6
WK2000	499±109	45±6	55±6	50±4	50±4	41±11	59±11	36±17	64±17

Im Verlauf des Durchzuges änderte sich die Relation der Stembrettkräfte zueinander, wobei zunächst das Innenbein dominierte, danach überstiegen die Kräfte des Außenbeines die des Innenbeins. Der Schnittpunkt lag individuell abweichend bei unterschiedlichen Ruderwinkeln im Intervall zwischen 43-90° Ruderwinkeln.

## Diskussion

Die Ergebnisse verifizierten die Ausgangsüberlegung, dass beim Riemenrudern zwischen Innen- und Außenbein eine unterschiedliche Belastung im Durchzug auftritt. Dieser Haupteffekt wies eine sehr hohe Effektstärke auf und wirkte unabhängig von der Schlagfrequenz und Wettkampfbelastung. Demnach arbeiten beim Riemenrudern das Innen- und Außenbein unterschiedlich. Mit Durchzugsbeginn und im Bereich des Vorderzuges dominieren die Stembrettkräfte des Innenbeins die des Außenbeins. Danach werden höhere Kräfte des Außenbeins im Mittel- und Endzug gemessen. Zudem ist ein steilerer Anstieg der Stembrettkraft des Innenbeins im Vergleich zum Außenbein im Vorderzug sowie eine früheres Kraftmaximum der Stembrettkraft des Innenbeins evident. Die Untersuchungsergebnisse decken sich mit den Befunden der Pilotstudie, die an Hamburger Kaderathleten in Kleinbooten (2-) durchgeführt wurden. Das unterschiedliche Kraftverhalten von Innen- und Außenbein wurde bereits von einigen Autoren beschrieben (Asami et al., 1978; Buchmann, 1978). Individuell unterschiedlich waren die Beträge der Differenzen zwischen Innen- und Außenbein sowie die Stembrettkraftverläufe, was auf eine individuelle Krafterzeugung im Wechselspiel von Innen- und Außenbein hinweist. Als eine erste Orientierung sollten die Stembrettkräfte des Innenbeins im Durchzug ca. 45 %, im Vorderzug ca. 55 % und im Mittel- und Endzug ca. 45 % der gesamten Stembrettkraft betragen.

Die getrennte Messung der Stembrettkräfte für das linke und rechte Bein sollte für das Riemenrudern in die Routinediagnostik übernommen werden, weil sich daraus weiterführende Informationen zur individuellen Rudertechnik und Krafterzeugung am Stembrett generieren lassen, die trainingsmethodisch relevant sind. Das sind



Aussagen zum Wechselspiel von Innen- und Außenbein für die Gesamtbelastung im Durchzug, zur individuellen Gestaltung der vorderen Bewegungsumkehr und Druckaufnahme sowie innerhalb der Durchzugsphasen. In der Routinediagnostik sollten die Parameterverläufe (Kennlinien) sowie die Kennwerte der mittleren Stemmbrettkräfte für den Durchzug sowie Vorder-, Mittel- und Endzug absolut und in Prozent getrennt für das Innen- und Außenbein sowie der Ruderwinkel beim Schnittpunkt der Stemmbrettkräfte von Innen- und Außenbein dargestellt werden.

## Literatur

- Asami, T., Adachi, N., Yamamoto, K., Ikuta, K. & Takahashi, K. (1978). *Biomechanical analysis of rowing skill*. Paper presented at the Biomechanics VI-B, Proceedings of the Sixth International Symposium on Biomechanics.
- Buchmann, R. (1978): *Theoretische und empirische Grundlagen der sporttechnischen Leistungsentwicklung im Rudern*. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin.
- Böhmert, W. (2009). *Projektbeschreibung Rudermesssystem des Instituts FES*. Projektbeschreibung für das BISp. Berlin: FES
- Mattes, K. & Böhmert, W. (2002). Feineinstellung der sportlichen Technik durch Messplatztraining. In *Messplatztraining*. 5. Gemeinsames Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft 19.-21.9. 2002, Leipzig.
- Mattes, K. (2001). *Komplexe Diagnostik von Ruderleistung und Rudertechnik im Rennboot mit dem Mobilem Messsystem 2000 - Leitfaden zur Anwendung sowie umfassenden Auswertung und Interpretation*. Humboldt-Universität zu Berlin.
- Mattes, K. (2010). *Forschungsbericht zur Erprobung der neuen Stemmbrettkraftsensoren 2009*, Universität Hamburg.



## Optimierung des Individualstarts auf dem neuen Startblock OSB11 (AZ 071619/10)

Sebastian Fischer, Armin Kibele (Projektleiter) & Kristina Biel

Universität Kassel

### Problemstellung

Mit einer Regeländerung des Weltschwimmverbandes FINA im Sommer 2009 wird seit Anfang des Jahres 2010 bei internationalen Wettkämpfen ein neues Startblockmodell verwendet. Der von der Firma Swiss Timing Ltd. entwickelte Startblock OSB11 zeichnet sich durch eine verlängerte und leicht steilere Oberfläche mit einer im hinteren Teil zusätzlichen Fußstütze aus und soll nach Angaben des Herstellers zu einem „revolutionierten“ Schwimmstart beitragen (siehe Abb. 1).



Abb. 1. links: Standardblock und rechts: OSB11

Für den Top-Kader des DSV (Britta Steffen, Paul Biedermann) hat die Umstellung auf den Trackstart für den neuen OSB11 erst im Jahr 2010 begonnen. Es ist davon auszugehen, dass die neue Bewegungstechnik insbesondere für bisherige Grabstarter nach wie vor mit Problemen in der motorischen Umsetzung verbunden ist. Es kommt hinzu, dass den Schwimmerinnen und Schwimmern noch nicht klar ist, welche Beinstellung den größeren Absprungimpuls herbei führt und welche Justierung zwischen Fußstütze und Blockkante dabei zu wählen ist. Die bisher gewählten Einstellungen beruhen oft eher auf Intuition als auf trainingswissenschaftlicher Erkenntnis. Für den Bereich des Einzelstarts der deutschen Nationalmannschaft verweist der Bundestrainer auf die folgende Problematik:

*„Es muss aber jedem klar sein: wir stehen nicht mehr dort, wo wir vielleicht mal vor Jahren standen, sondern es fehlen jetzt die Top-Kader, außer Britta Steffen und Paul Biedermann. ... Wir haben einen Bereich von Junior-Elitesportlern, wir nennen das Perspektivkaderathleten, das sind alles Athleten, die für 2012 theoretisch eine Finalchance haben.“* (Bundestrainer Dirk Lange, 2009)

Betrachtet man den erweiterten Kreis der Perspektivkader, so wird schnell deutlich, dass die Defizite im Bezug zur Weltspitze einige Zehntelsekunden innerhalb des Startabschnittes ausmachen können. Nur fünf der 27 deutschen Schwimmerinnen bzw. Schwimmer des EM Starterfeldes 2010 in Budapest waren auch schon bei der EM 2006 dabei. Da im Vorfeld von Olympia 2012 ein Generationswechsel vollzogen wird, erscheint es besonders wichtig, die grundlegenden Bewegungstechniken Start und Wende im Vorfeld von Top-Events im Sinne einer Leistungsmaximierung systematisch zu trainieren und dabei in den Trainingslagern ein Messplatztraining durchzuführen. Da die neuen Startblöcke bisher nur an vereinzelten Stützpunkten in Deutschland verfügbar sind, fehlen manchen Schwimmerinnen und Schwimmern schlichtweg ausreichende Trainingsmöglichkeiten, um sich auf den Trackstart mit dem neuen Startblock einzustimmen. Für diese Sportlergruppe kommt daher der Vorbereitung auf internationale Schwimmwettkämpfe in Trainingslagern eine besondere Bedeutung zu. Mittels des Mobilten Messstartblocks sowie der zugehörigen Videotechnik sollen die individuellen Einstellungen überprüft und gegebenenfalls auf Grundlage der dynamischen und kinematischen Daten optimiert werden. Die trainingswissenschaftliche Betreuung hat daher eine wichtige Funktion in der Ansteuerung der athletischen Höchstleistung zu erfüllen.

*„Die Zielstellung: Wir möchten logischerweise eine höhere Qualität in der Wettkampfleistung als bei den Olympischen Spielen 2008 haben. Insofern möchten wir also verschiedene Dinge angehen: Verbesserung der Schwimmtechnik, Verbesserung der athletischen Ausbildung, wissenschaftliche Begleitung. Wobei ich betone: Wissenschaft ist notwendig, Wissenschaft ist gut, Wissenschaft ist ein Vehikel für uns.“* (Bundestrainer Dirk Lange, 2009)

In einer vergleichenden Voruntersuchung konnte an der Universität Kassel aufgezeigt werden, dass mit dem neuen Startblock deutliche Leistungssteigerungen im Startabschnitt zu erzielen sind, wobei die baulichen Veränderungen vornehmlich die Trackstarttechnik begünstigen – jedoch keinen Einfluss auf die Grabstarttechnik ausüben (Biel, Fischer & Kibele, 2009). Es ist daher wichtig, dass alle deutschen Spitzenschwimmerinnen und -schwimmer, die bislang den Grabstart bevorzugten, eine Umstellung auf den Trackstart vornehmen, wobei nach den Untersuchungen der Kasseler Arbeitsgruppe im BISP-Projekt „Startleistung Schwimmen mit besonderer Berücksichtigung der Eintauch- und der Umlenkphase“ (Kibele & Fischer, 2009a) auch eine Optimierung des Eintauchverhaltens einhergehen muss. Sowohl ein steiles als auch ein flaches Eintauchen weist Vorzüge aber auch Nachteile auf, die sich anscheinend wechselseitig aufheben. Im Weiteren zeigen die Ergebnisse im BISP-Projekt „Startleistung Schwimmen – Durchführung einer Lernintervention zu zwei Ausführungsvarianten des Staffelwechsels im Schwimmen“ (Kibele & Fischer, 2009b), dass eine mehrtägige Lernintervention mit der Rückmeldung des horizontalen Kraftmaximums zu deutlichen Verbesserungen der Startleistung führt. Für die

individuell abgestimmte Optimierung des Absprungverhaltens ist ein Messplatztraining erforderlich, das den Schwimmerinnen und Schwimmern die Anpassung an den neuen Startblock erleichtert. Durch die Analyse der horizontalen und vertikalen Kraftverläufe sowie durch eine differenzierte Maximal- und Schnellkraftdiagnostik sollen die individuell optimalen Bedingungen für den Schwimmstart vom neuen Block ermittelt werden. Durch den Einsatz des Mobilten Messstartblocks (MMS) verfügt die Kasseler Arbeitsgruppe über ein Messinstrumentarium, das leicht zu transportieren ist, flexibel an den unterschiedlichsten Trainingszentren zum Einsatz kommen kann und den Schwimmerinnen und Schwimmern im Messplatztraining die erforderlichen Sofortinformationen liefert. Mit den hier durchgeführten Interventionen sollten deutsche Spitzenschwimmerinnen und -schwimmer auf diese Wettbewerbe vorbereitet werden. Die Ziele betreffen dabei zunächst:

- die Umstellung aller Schwimmerinnen und Schwimmer auf die Trackstarttechnik für den neuen Startblock OSB11,
- die Wahl der individuell optimalen Beinstellung,
- den individuell optimalen Justierabstand der Fußstütze,
- die Optimierung in der Kraftentfaltung hin zu einer möglichst hohen horizontalen Abfluggeschwindigkeit sowie eine darauf abgestimmte Eintauchtechnik.

## **Methode**

Im Rahmen dieses Betreuungsprojektes wurden in den dafür vorgesehenen Interventionen die Schwimmerinnen und Schwimmer durch dynamische und kinematische Sofortinformationen auf die für sie individuell optimalen Startbedingungen eingestimmt. Insgesamt umfassten die Interventionen sechs Messtage, drei davon am Bundesstützpunkt Essen (21.11.-24.11.2010) und drei Messtage in Hamburg (11.12.-13.12.2010) mit insgesamt 104 Starts innerhalb der diagnostischen Messstrecke. Für die Vorbereitung auf die Kurzbahn EM in Eindhoven wurden 28 Starts verteilt auf sieben Frauen sowie 35 Starts verteilt auf sieben Männer analysiert. In Hamburg absolvierten acht Athleten und Athletinnen insgesamt 41 Starts. Durch die umfangreiche Nutzung des Betreuungsangebotes wurde die Grundlage geschaffen, die Bewegungstechniken der Top-Kader weiterhin zu optimieren und darüber hinaus die Bewegungstechniken im Startabschnitt des Perspektivkaders zu verbessern.

Dabei erfolgte die Datenerhebung im Wechselbetrieb. So wurden nach jedem Start Sofortinformationen erfasst und für die Athletin bzw. den Athleten anschaulich in Form von Kennwerten und der Videoanalyse mit integriertem Kraftverlauf der Block-, Flug- und Eintauchphase wiedergegeben (siehe Abb. 2). Anschließend wurde in Zusammenarbeit mit dem Trainer der Ansatz zur individuellen Optimierung der Starttechnik besprochen.



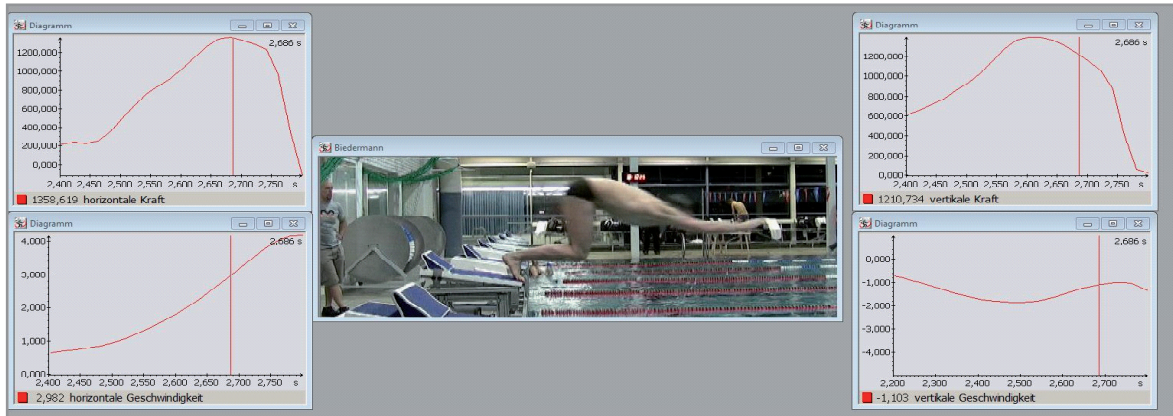


Abb. 2. Sofortinformationen aus der Blockphase beim Start resultierend aus der Erhebung der horizontalen und vertikalen Kraftverläufe

Als Prädiktoren der Startleistung wurden zusätzlich zu den Diagnostikparametern des DSV (mit Blockzeit, Flugzeit, Flugweite und die daraus resultierende horizontale Abfluggeschwindigkeit, der Abflugwinkel als Verbindungslinie zwischen Fuß und Hüfte zur Horizontalen sowie als Kriterium der Startleistung: die Zeitdifferenz zwischen Startsignal und Kopfdurchgang bei 7,5 m) die Kennwerte: Maximum des horizontalen und vertikalen Kraftverlaufes, horizontaler Impuls und Abflugwinkel des KSP's zur Horizontalen (vgl. Kibele, 2006; Kibele, Siekmann, Fischer & Ungerechts, 2007) sowie der relative Geschwindigkeitsverlust für den Bewegungsabschnitt in der Eintauchphase herangezogen. Für die Blockphase ist aus rein funktionaler Sicht eine möglichst kurze Kontaktzeit (zwischen dem Startsignal und dem Abfußen) sowie eine möglichst hohe horizontale Abfluggeschwindigkeit wünschenswert, wobei letzterer Kennwert mechanisch durch ein möglichst hohes horizontales Kraftmaximum in der horizontalen Absprungkraft abgeschätzt wird. Mittels der Integration der horizontalen Kraftkurve kann die horizontale Abfluggeschwindigkeit direkt rückgemeldet werden. Weiterhin wurde die Unterwassergeschwindigkeit in der Gleitphase erfasst. Als Kriterium für eine Leistungssteigerung wurde die Startleistung herangezogen.

## Ergebnisse

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass mit den Interventionen deutliche Leistungssteigerungen im Startabschnitt innerhalb der Betreuungsintervention erzielt werden konnten. So wurde die horizontale Abfluggeschwindigkeit vom Eingangstest zum Ausgangstest um durchschnittlich 0,17 m/s gesteigert. Dabei betrug die Steigerungsrate der männlichen Schwimmer 0,16 m/s und die der weiblichen Schwimmer 0,18 m/s. Somit konnte die Startleistung als Zeitdifferenz zwischen Start und 7,5 m Kopfdurchgang im Mittel um 0,17 s gesteigert werden. Aufgrund des positiven Abschneidens der Nationalmannschaft bei den darauf folgenden Wettkämpfen kann davon ausgegangen werden, dass es sich innerhalb der Intervention nicht nur um kurzfristige Effekte handelt.

*„Nach zehnmal Gold, achtmal Silber und viermal Bronze bei der Kurzbahn EM 2011 war die Freude beim Deutschen Schwimm-Verband (DSV) groß. Leistungssportdirektor Lutz Buschkow, sprach von „überproportional guten Ergebnissen“, Bundestrainer Dirk Lange zog sogar Vergleiche zur goldenen Ära der 90er Jahre: „Alle attackieren nach vorn. Es ist Zug in der Truppe.“ (DSV Pressemitteilung vom 29.11.2010, <http://www.dsv.de/DesktopDefault.aspx?tabID=1&tabIndex=0&page=2&archiv=true>)*

Die drei erreichten Medaillen bei der Kurzbahn WM 2011 in Dubai entsprechen den formulierten Zielvorgaben des Direktors Leistungssport Lutz Buschkow. Rückblickend muss festgehalten werden, dass die Ergebnisse der Kurzbahn EM besonders hoch zu bewerten sind, da die erreichten Medaillen (22 Medaillen) zum einen auf eine Vielzahl (11) von Schwimmerinnen und Schwimmern verteilt sind und zum anderen die Ergebnisse auf den verschiedenen Wettkampfstreckenlängen erzielt wurden. So konnten auf den 50-m-Strecken fünf Medaillen, auf den 100-m-Strecken fünf Medaillen, auf den 200-m-Strecken sechs Medaillen und den 400-m-Strecken zwei Medaillen gewonnen werden. Hinzu kommen noch vier Medaillen resultierend aus den vier absolvierten Staffeln. Für die beteiligten Schwimmerinnen und Schwimmer wurden zumeist persönliche Bestleistungen erzielt. Die deutschen Männer erreichten in den Finalläufen eine durchschnittliche Leistung von 98,38 % gemessen an der persönlichen Bestleistung mit 100 %. Auch für die Frauen war mit 97,02 % ein ähnlich hohes an der Bestleistung orientiertes Niveau zu konstatieren.

## **Diskussion**

Ausgehend von einer stabilen Starttechnik liegt der Arbeitsschwerpunkt in der Betreuung von Top Kaderathleten vor allem in der individuellen Optimierung der Absprung- und Eintauchtechnik. Dabei wird ein vertieftes Verständnis über die Bedingungsstruktur der Startleistung benötigt. Das komplexe Verhalten und die gegenseitige Beeinflussung verschiedener Parameter erfordern eine umfassende Bewegungsdiagnostik, die über Sofortinformationen mit dem Trainer bzw. der Trainerin und dem Athleten bzw. der Athletin besprochen werden muss. Hier kommt insbesondere der Rückmeldung über Kennwerte des Kraftverhaltens eine wichtige Bedeutung zu. Auch wenn die Steigerungsraten der Spitzenathleten und -athletinnen nominell geringer ausfallen als die der Perspektivkaderathleten und -athletinnen, so wird das Messplatztraining von Seiten des Trainerstabes als auch der Athletengruppe als Bereicherung in der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung angesehen.



## Literatur

- Biel, K., Fischer, S. & Kibele, A. (2009). Zur Effektivität des neuen Startblocks (OSB 11) beim Schrittstart im Schwimmen. In K. Witte (Hrsg.), *Biomechanische Leistungsdiagnostik im Schwimmen - Erfahrungen im Leistungssport und Ableitungen für die Ausbildung von Studierenden und Trainern*. Tagungsband: dvs-Symposium Schwimmen: Institut für Angewandte Trainingswissenschaft, 10.-12.09.09 in Leipzig.
- Kibele, A. (2006). *Dynamische und kinematische Bestimmungsgrößen der Startleistung im Schwimmen*. Abschlussbericht zu einem Betreuungsprojekt des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (VF 0708652004). Universität Kassel.
- Kibele, A., Siekmann, T., Fischer, S. & Ungerechts, B. (2007). Biomechanische Leistungsdiagnostik zum Startsprung im Schwimmen. *Leistungssport*, 4, 51-57.
- Kibele, A. & Fischer, S. (2009a). *Startleistung Schwimmen mit besonderer Berücksichtigung der Eintauch- und der Umlenkphase*. Abschlussbericht zu einem Forschungsprojekt des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (AZ 070603/08). Universität Kassel.
- Kibele, A. & Fischer, S. (2009b). *Startleistung Schwimmen – Durchführung einer Lernintervention zu zwei Ausführungsvarianten des Staffelwechsels im Schwimmen*. Abschlussbericht zu einem Forschungsprojekt des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (AZ 070604/08). Universität Kassel.

---

# **Biomechanische Leistungsdiagnostik von leichtathletischen Wurf- und Stoßdisziplinen unter Einsatz eines Inertialmesssystems zum Trainingsmonitoring**

(AZ 070609/09)

Nico Ganter, Kerstin Witte (Projektleiterin) & Jürgen Edelmann-Nusser (Projektleiter)

Universität Magdeburg, Institut für Sportwissenschaft

## **Problem**

In den leichtathletischen Wurf- und Stoßdisziplinen ist eine erfolgreiche Technik durch die Fähigkeit einer maximalen muskulären Leistungsabgabe an das Wurfgerät gekennzeichnet. Da eine Steigerung der Leistungsabgabe über die Erhöhung der Trainingsumfänge im Spitzenbereich nur noch bedingt möglich scheint, liegt eine Alternative in der Optimierung der Wurftechnik (Hildebrand & Perlt, 2007). Dies setzt die Kenntnis der Bewegungsstruktur von erfolgreichen Techniken voraus und benötigt entsprechende Bewegungsanalysen. Für die Erfassung von komplexen Rotationsbewegungen in realen Sportumgebungen, wie z. B. beim Diskuswurf und Kugelstoß können Ganzkörperinertialmesssysteme (IMS) eine lohnende Alternative zu videobasierten Systemen darstellen (Ganter et al., 2010). Auf Basis der Bewegungsdaten besteht zudem die Möglichkeit, über eine anschließende Modellierung und Simulation der Bewegung wertvolle Erkenntnisse zur Charakteristik von erfolgreichen Techniken zu gewinnen. Exemplarisch sollen im Folgenden Ergebnisse einer Bewegungsanalyse und einer anschließenden Modellierung der Drehstoßtechnik im Kugelstoßen dargestellt werden.

## **Methode**

### **Datenerhebung**

Ein männlicher Drehstoßer (23 Jahre; 125 kg; 1,88 m; B-Kader) führte sechs Versuche der Drehstoß-Wettkampftechnik (8 kg Kugel) am Messplatz Wurf/Stoß des IAT Leipzig durch. Alle Versuche wurden vom Sportler unmittelbar im Anschluss auf einer fünfstufigen Skala subjektiv bewertet und für die besten Versuche die Stoßweite gemessen. Die Bewegungsaufzeichnung erfolgte mit einem Ganzkörperinertialmesssystem IMS (MVN, Fa. Xsens Technologies, Niederlande). Das IMS bestand dabei aus 17 Sensoreinheiten, die über Strap-Verschlüsse an den Segmenten des Probanden befestigt wurden. Jede Sensoreinheit integriert 3D Beschleunigungsaufnehmer (Range:  $\pm 5$  g), 3D Gyroskope (Range:  $\pm 1200^\circ/\text{s}$ ) und 3D Magnetfeldsensoren. Aufgrund der im Bereich der Stoßhand zu erwartenden höheren Beschleunigungen, wurden für die Segmente Hand und Unterarm der Stoßseite Sensoreinheiten mit Beschleunigungsaufnehmern im Messbereich  $\pm 18$  g eingesetzt. Die Datenaufzeichnung des IMS erfolgte mit Hilfe der MVN Studio Software

(v2.6, Xsens) mit einer Messfrequenz von 120 Hz. Für das biomechanische Modell mit 23 Segmenten und 22 Gelenken dienten acht anthropometrische Parameter als Eingangsgrößen (Körperhöhe, Schuhgröße, Armspannweite, Hüfthöhe, Kniehöhe, Sprunggelenkhöhe, Hüftweite, Schulterweite). Die Initialisierung des biomechanischen Modells erfolgte über die Standardkalibrierprozedur des Systems (Einnahme verschiedener Posen). Parallel wurde die Bewegung mit zwei Videokameras aus der Seit- und Rückansicht mit einer Bildfrequenz von 200 Hz aufgezeichnet (System Templo, Fa. Contemplas). Die zeitliche Synchronisation von IMS und Videosystem erfolgte über einen vor jedem Versuch aufgezeichneten Sprung des Sportlers, bei dem der Landezeitpunkt aus dem Video und im Beschleunigungssignal des Fußes detektiert wurde. Aus den Videoaufzeichnungen konnten dann die Zeitpunkte der verschiedenen Bewegungsphasen extrahiert werden.

## Modellierung

Zunächst erfolgte der Export der Bewegungsdaten des IMS über die Systemsoftware (MVN Studio v3.1) ins c3d-Format. Für die Modellierung der Drehstoßtechnik wurde die Mehrkörpersimulationsumgebung alaska (v6.0, Institut für Mechatronik, TU Chemnitz) und das biomechanische Menschmodell DYNAMICUS® verwendet. Über Vorgabe von sechs anthropometrischen Parametern erfolgte die Anpassung des Modells an den Sportler. Die Bewegungskordinaten wurden dann als sogenannte „Motion-Marker“ importiert und mit insgesamt 32 „Body-Markern“ des DYNAMICUS-Modells verknüpft. Über die anschließende inverse Kinematik lässt sich die aufgezeichnete Bewegung auf das Modell übertragen und danach können die resultierenden Bewegungsgrößen, wie Körperschwerpunkt, Impuls und Drehimpuls berechnet werden. Eine Beurteilung der Güte der Modellanpassung erfolgt über die Abstände zwischen den zugehörigen Motion- und Body-Markern und deren zeitlicher Veränderung und die visuelle Einschätzung des simulierten Bewegungsablaufs.

## Ergebnisse

Die mittlere Dauer der einzelnen Phasen der sechs Versuche betrug 0,81 s (T1-T2), 0,50 s (T2-T3), 0,12 s (T3-T4), 0,24 s (T4-T5) bzw. 0,23 s (T5-T6; vgl. Abb. 1).

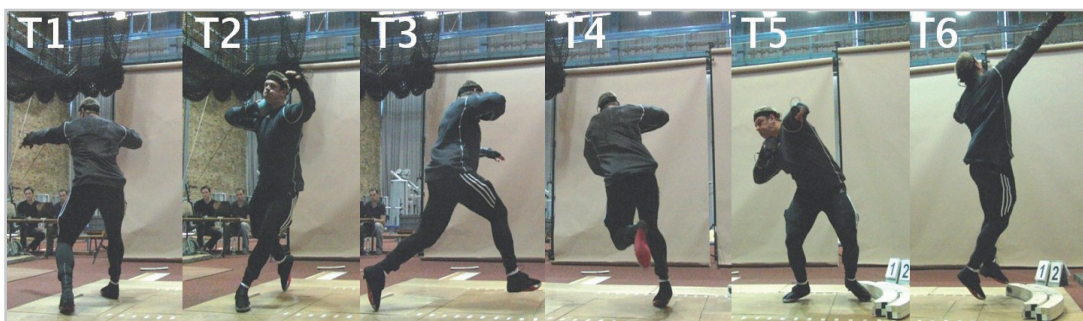


Abb. 1. Phasenstruktur der Drehstoßtechnik: T1-T2: erster Doppelstütz; T2-T3: erster Einzelstütz (links); T3-T4: Flug; T4-T5: zweiter Einzelstütz (rechts); T5-T6: zweiter Doppelstütz und Lösen (Flug)

In Abb. 2 ist der zeitliche Verlauf des Drehimpulses um die Körperlängsachse für vier Versuche dargestellt. Dabei erfolgt die Gegenüberstellung von drei gut bewerteten (V1, V3, V4) und einem schlecht bewerteten Versuch (V2).

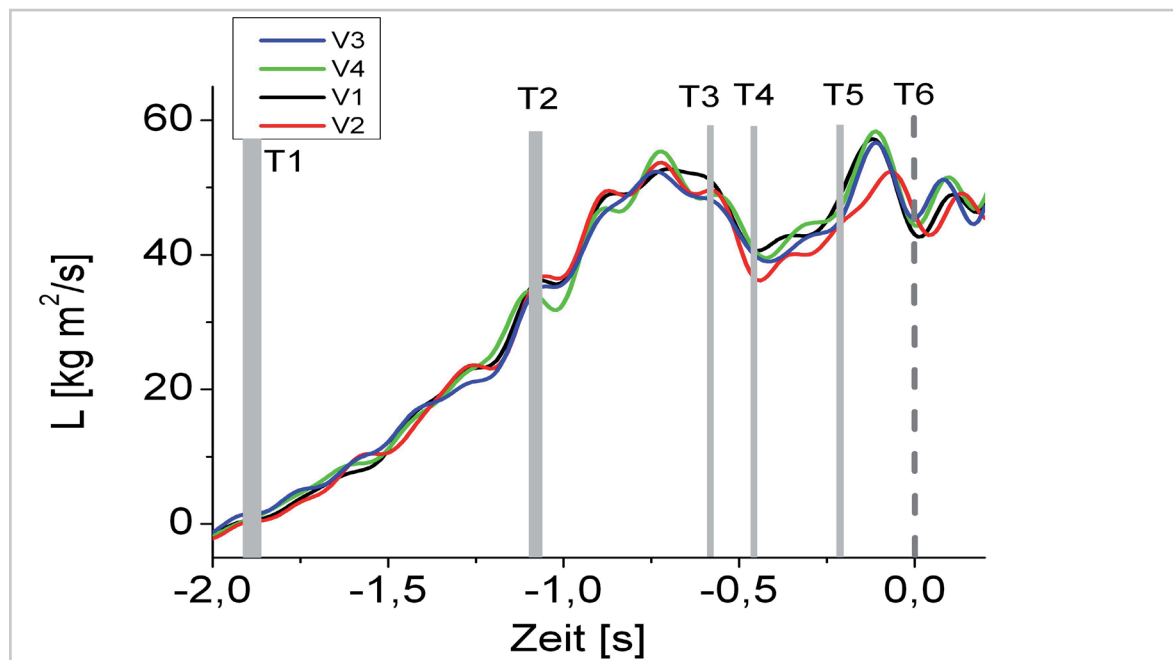


Abb. 2. Zeitlicher Verlauf des Drehimpulses um die Körperlängsachse für vier Versuche (V1-V4)

## Diskussion

Aus den exemplarisch dargestellten Verläufen des Drehimpulses um die Körperlängsachse (Abb. 2) kann eine Charakterisierung der individualspezifischen Drehstoßtechnik im Kugelstoßen erfolgen. Der Aufbau eines Körperdrehimpulses hat eine zentrale Bedeutung für die Rotationstechniken, da er eine erhöhte „Gratisgeschwindigkeit“ des Gerätes für die finale Beschleunigungsphase ermöglicht (Hildebrand & Perlt, 2007). In den ersten beiden Bewegungsphasen (T1-T3) erfolgt zunächst der Aufbau des Drehimpulses bis zum ersten Maximum, während sich dieser zum Ende des Umspringens (T3) und in der anschließenden Flugphase wieder verringert (Abb. 2). Während der nachfolgenden Stützphasen wird dann das zweite Maximum erreicht, wobei sich hier Unterschiede in der Ausprägung zwischen den gelungenen und nicht gelungenen Versuchen ergeben. Vor dem abschließenden Lösen (T6) ist eine Verringerung des Drehimpulses durch die Übertragung auf die Kugel zu beobachten.

Die exemplarisch dargestellten Ergebnisse veranschaulichen die Möglichkeiten einer kombinierten Analyse von rotatorischen Bewegungen mittels Ganzkörperinertialmesssystem und einer anschließenden Modellierung, die einen Erkenntnisgewinn zur Charakteristik von Wurf- und Stoßtechniken liefern können. Dabei lassen sich u. a. Unterschiede zwischen verschiedenen Sportlern und Technikvarianten z. B. in Bezug auf die Wechselwirkungen von Drehimpulsverlauf und den Abflug-

parametern des Gerätes, sowie der daraus resultierenden Werte analysieren. Für eine umfassende Modellierung der Bewegungstechniken muss darüber hinaus die Einbindung der Geräte in Betracht gezogen werden.

### **Literatur**

- Ganter, N., Krüger, A., Gohla, M., Witte, K. & Edelmann-Nusser (2010). Applicability of a full body inertial measurement system for kinematic analysis of the discus throw. In R. Jensen, W. Ebben, E. Petushek, C. Richter & K. Roemer (Eds.), *Proceedings of the 28th Conference of the International Society of Biomechanics in Sports* (pp. 799-803). Marquette: Northern Michigan Univ.
- Hildebrand, F. & Perl, B. (2007). Moderne Techniken des Diskuswerfens. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft*, 14 (2), 39-65.

# Leistungssteigerung mit Hilfe eines biomechanischen Feedbacksystems im Radsport

Validierung im Einsatz auf der Straße  
(AZ 070607/10)

Lorenz Assländer, Florian Jesse, Carolin Lang  
& Björn Stapelfeldt (Projektleiter),

Universität Freiburg, Institut für Sport und Sportwissenschaft,  
Abteilung Sportmotorik

## Einleitung

Im Radsport wird der Vortrieb durch die Übertragung von Kräften auf das Pedal erzeugt. Dabei treten sowohl vortriebswirksame Kräfte  $F_e$  tangential zur Kurbelbewegung, als auch ungenutzte Kräfte  $F_u$  radial zur Kurbelbewegung auf. Mit einem Pedalkraftmesssystem wie dem Powerforce System der Radlabor GmbH (Stapelfeldt et al., 2007) können diese beiden Kraftkomponenten getrennt von einander gemessen werden (Abb. 1).

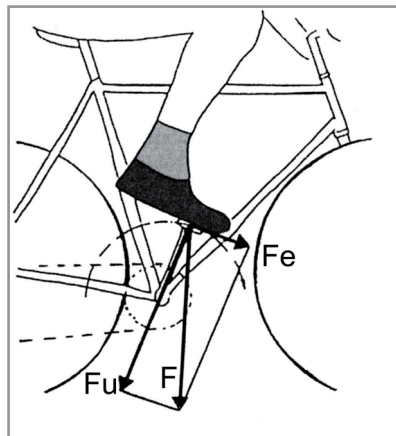


Abb.1. Die auf das Pedal wirkende Kraft  $F$  wird in eine vortriebswirksame Komponente  $F_e$  und eine unwirksame Komponente  $F_u$  zerlegt (Gressmann 2005).

Ein Ziel biomechanischer Analysen ist die Leistungssteigerung. Im Radsport soll dabei die dem Sportler bzw. der Sportlerin zur Verfügung stehende Energie durch Krafteinwirkung auf die Pedale so effektiv wie möglich in Vortrieb umgesetzt werden. Bei gleichem Energiebedarf kann so entweder die Geschwindigkeit erhöht oder bei gleicher Geschwindigkeit der Energiebedarf gesenkt werden.

Pedalkräfte im Radsport waren bereits Gegenstand vieler Arbeiten (Hull und Davis, 1980; Boyd et al., 1996; Hillebrecht et al., 1998; Henke et al., 2001; Korff et al., 2007; Álvarez und Vinyolas, 1996; Dorel et al., 2010). Auch wurden schon einige Studien über den Einsatz von Feedback Systemen im Radsport publiziert (Stapelfeldt et al.,



2008; Wolff und Strunz, 2008). Allerdings fanden sie bisher überwiegend im Labor statt. Eine Neuerung dieses Projektes ist der Einsatz eines Pedalkraftmesssystems mit Online-Feedback auf der Straße.

Eine weitere bisher nicht publizierte Erweiterung ist die online Rückmeldung der muskulären Pedalkraftkomponenten an die Sportlerin bzw. den Sportler. Hintergrund ist, dass eine ungenutzte Kraftkomponente  $F_u$  nicht automatisch bedeutet, dass der Athlet bzw. die Athletin diese Kraft auch mit den Muskeln aufbringt. Sie kann auch durch die Schwerkraft oder die Trägheitskräfte des Beines hervorgerufen werden und ist in diesem Sinne gar keine Kraft, die vom Körper unnötiger Weise aufgebracht wird. Um dem Athleten bzw. der Athletin also ein sinnvolles Feedback über die selbst aufgebrauchten Kräfte bieten zu können, ist es nötig Informationen über die rein muskuläre Kraftkomponente zur Verfügung zu stellen.

Durch invers-dynamische Berechnungen, basierend auf einem Modell der unteren Extremitäten können, die nicht muskulären Anteile (Schwerkraft und Trägheitskräfte) aus den gemessenen Pedalkräften heraus gerechnet werden (Hull und Jorge, 1985; Gregor et al., 1985; Kautz und Hull, 1993). Mit einem im Rahmen dieses Projektes erarbeiteten Algorithmus ist es nun auch möglich, die erzeugten muskulären Pedalkraftkomponenten den Athletinnen und Athleten online zurück zu melden. Dies bietet die Möglichkeit, beispielsweise durch eine Verringerung der ungenutzten Kräfte  $F_{u\_mus}$ , die Trettechnik zu optimieren.

In der vorliegenden Studie wurde die Wirksamkeit des in Freiburg entwickelten Online-Feedback Systems mit Anzeige der muskulären Pedalkraftkomponente im Einsatz auf der Straße überprüft.

## Methoden

Für den Feldtest wurde ein eigenes Messrad aufgebaut, das neben dem Powerforce Pedalkraft Messsystem mit SRM Kurbel und Tacho zur Leistungsmessung auch eine eigens konstruierte Halterung für ein Netbook am Lenker beinhaltet. Die Pedalkräfte wurden dabei per Funkübertragung an das Netbook gesendet und direkt für die Anzeige des Online-Feedbacks verwendet.



Abb.2. Das Messrad mit Netbook und Powerforce Messsystem.



Zunächst wurde eine Eingangsmessung im Labor zur Ermittlung grundsätzlicher anthropometrischer Daten wie Gewicht der Testperson, Schuh und Pedal sowie Segmentlängen des Beines durchgeführt. Nach Erhebung der physiologischen Leistungsparameter ( $VO_2\text{max}$ ) sowie der Einstellung des Testrades auf die Größe der Testperson nahmen aus einem Pool von 16 Athletinnen bzw. Athleten 11 am Feldtest teil. Die Eingangsmessung diente auch der Erstellung eines Technikabbildes, um die Veränderungen durch das Feedback System besser einschätzen zu können.

Die einzelnen Personen der Probandengruppe waren entweder Lizenzfahrer bzw. -fahrerinnen oder Kaderathleten bzw. -athletinnen aus den Disziplinen Rennrad und Mountainbike im Alter zwischen 20 und 38 Jahren ( $m = 31$ ) mit einer  $VO_2/\text{kg}$  zwischen 57,1 und 71,7 ( $m = 65,4$ ).

Der Feldtest wurde mit einem vorgegebenen Belastungsprogramm auf einer leicht ansteigenden, kaum befahrenen Straße in der Nähe von Freiburg durchgeführt. Hierbei wurde versucht die einzelnen Messungen bei möglichst konstanten Umweltbedingungen durchzuführen. Gefahren wurden nach einem vorgegebenen Protokoll zuerst 5 submaximale Intervalle (ca. 240 W) und anschließend 3 maximale Intervalle, wobei zwischen Intervallen mit Feedback und Intervallen ohne Feedback gewechselt wurde. Alle Probanden fuhren für jedes Intervall die gleiche Distanz. Vorgegeben waren bei den submaximalen Intervallen Trittfrequenz und Gang, woraus sich unter Berücksichtigung des Gewichtes von Athlet bzw. Athletin und Rad die Leistung ergibt. Für die maximalen Intervalle wurde eine Obergrenze der Trittfrequenz festgelegt, schalten war in diesen Versuchen erlaubt. Gestartet wurde stets in festen Zeitintervallen, so dass jeweils gleiche Belastungs- und Erholungszeiten auftraten.

Aufnahme, Berechnung und Darstellung der Feedback Parameter wurde mit einer selbst entwickelten Software auf Basis der Programmierumgebung LabView durchgeführt. Die aufgenommenen Pedalkräfte wurden mit einer Funkübertragung auf ein Netbook übertragen. Die Darstellung aktualisierte sich jede Umdrehung und hatte softwarebedingt etwa 500 ms Verzögerung.

Der Probandengruppe wurden zwei Visualisierungen zur Verfügung gestellt, wobei die eine überwiegend bei den submaximalen Intervallen genutzt werden sollte, die andere vor allem bei den maximalen. Das rechte Diagramm zeigt das Verhältnis von tangentialer Pedalkraftkomponente zur radialen Pedalkraftkomponente (Wirkungsgrad, rote Linie) bezogen auf den Kurbelzyklus (oben: oberer Totpunkt, rechts: Druckphase, unten: unterer Totpunkt, links Hubphase). Darüber hinaus geben die Zahlen Aufschluss, wie groß die vortriebswirksame muskuläre Pedalkraftkomponente  $F_{e\_mus}$  im Mittel in den jeweiligen Sektoren ist. Die blaue Linie kennzeichnet den für das linke Diagramm ausgewählten Teilbereich. Dieses Diagramm beinhaltet eine Vektordarstellung und gibt den Probanden Aufschluss darüber, in welche Richtung die eingeleitete Kraft gelenkt werden muss, um einen ökonomischeren Tritt, also eine Erhöhung der Tangentialkraft, bzw. Reduktion der ungenutzten Komponente, zu erreichen.

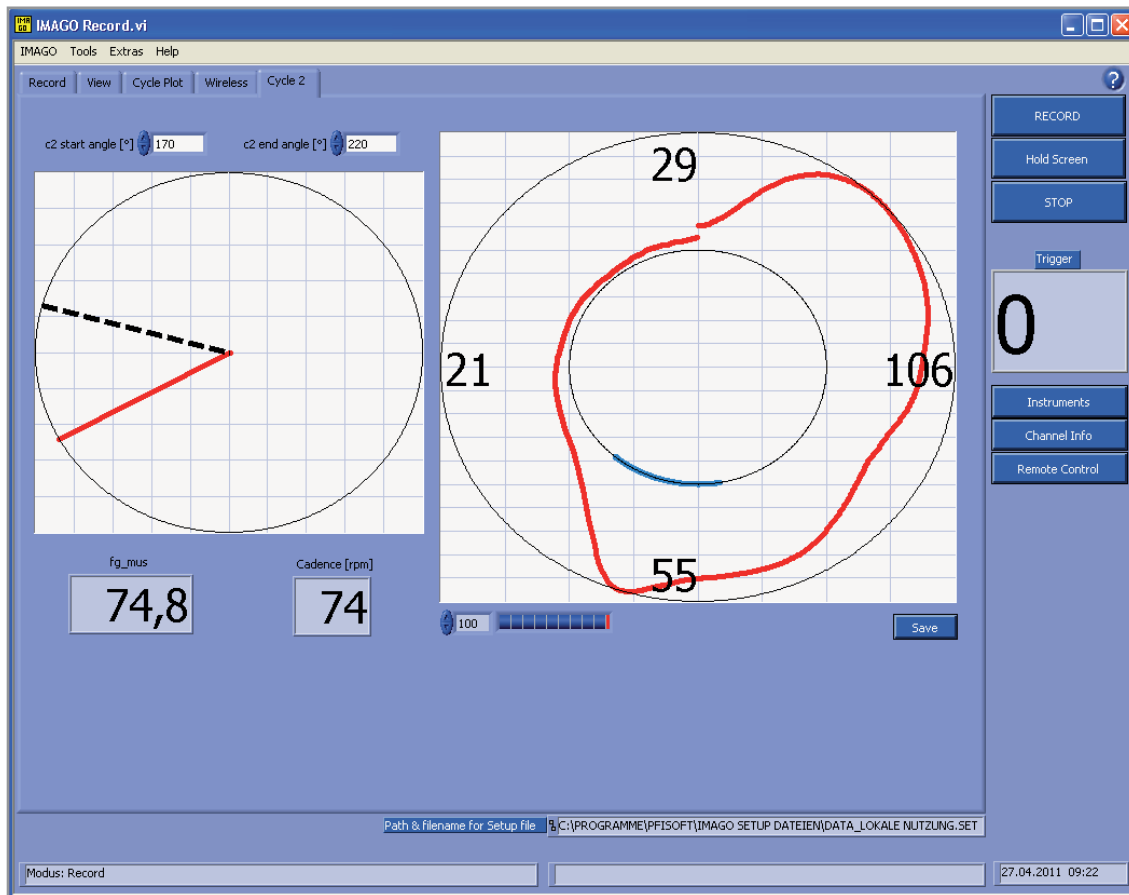


Abb. 3. Die Darstellung des Online-Feedbacks auf dem Netbook.

Zwei Vektoren (Linien) dienen als Orientierung. Die schwarze Linie zeigt in die Zielrichtung, die rote die aktuell erzeugte Richtung der eingeleiteten muskulären Kraft. Ziel ist es nun für die Athleten, die Kraft in die optimale Richtung zu lenken, also die rote Linie in Deckung mit der schwarzen zu bringen. Zu beachten ist hierbei, dass es sich um eine berechnete Größe unter Berücksichtigung der Trägheits- und Schwerkraftkomponente handelt, die sich nicht mit dem taktilen Gefühl der Kraftübertragung am Fuß deckt.

Für die Auswertung wurden Pedalkraftkomponenten und Herzfrequenz aufgezeichnet. Aus diesen Werten wurden verschiedene Parameter wie Leistung, Trittfrequenz, Pedalkraftkomponenten, sowie Effizienzparameter berechnet.

## Ergebnisse

Durch das visuelle Feedback der muskulären Pedalkraftkomponente konnte in dem Feldtest eine signifikante Veränderung der Tritttechnik festgestellt werden. Die veränderte Tritttechnik führte bei den submaximalen Intervallen im Mittel zu einer um bis zu 26 N größeren vortriebswirksamen Pedalkraftkomponente  $F_e$  im Feedback-Bereich zwischen  $170^\circ$  und  $220^\circ$ , zu einer Verringerung der ungenutzten Pedalkraftkomponente  $F_u$  um bis zu 19 N und zu einer Erhöhung des mechanischen Wirkungsgrades  $FoE$  von 61,8 % auf 69,8 % über den gesamten Kurbelzyklus.

## Submaximale Intervalle

Bei den submaximalen Intervallen zeigt sich bei den Intervallen mit Feedback eine um bis zu 21 N geringere Kraft  $F_e$  in der Druckphase, während in der Zugphase die Kraft um bis zu 26 N höher ist. Die ungenutzte Kraftkomponente  $F_u$  nimmt im Bereich zu Beginn und Ende der Druckphase um 25 N bzw. 44 N ab. Im Bereich des Feedbacks kann ebenfalls eine deutliche Reduktion der ungenutzten Kraftkomponente um ca. 43 N beobachtet werden. Im Mittel ist die ungenutzte Kraftkomponente mit Feedback um 19 N signifikant niedriger als ohne Feedback. Alle beschriebenen Unterschiede waren statistisch signifikant.

Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass zum einen die ungenutzte muskuläre Kraftkomponenten reduziert und somit der mechanische Wirkungsgrad verbessert wurde. Zum anderen gab es eine Umverteilung der verrichteten Arbeit innerhalb des Kurbelzyklus, was zu einer Entlastung im Bereich der Hauptvortriebsphase (der Druckphase) führt.

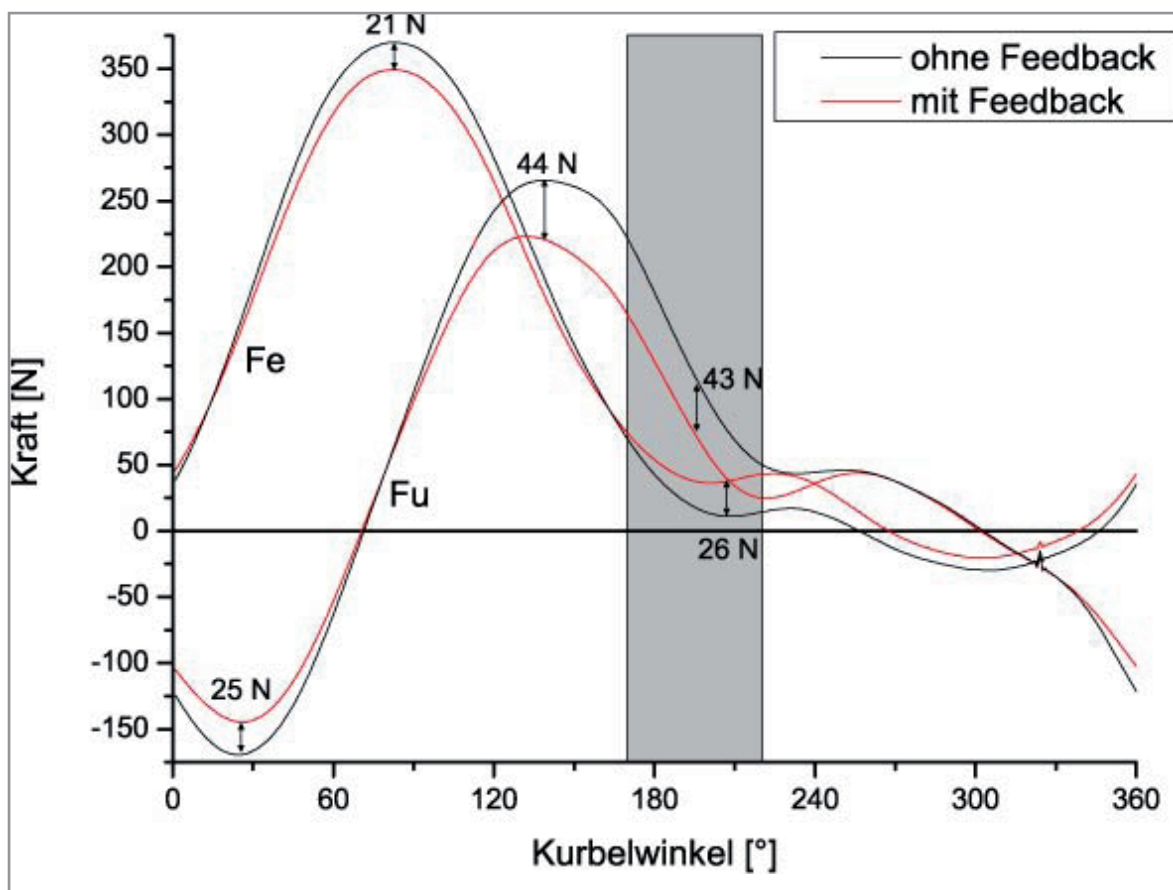


Abb. 4. Durchschnittlicher Kraftverläufe für  $F_e$  und  $F_u$  bei submaximalen Intervallen. In dem grau markierten Bereich (170 bis 220 Grad) wurde das Online-Feedback dargestellt.

## Maximale Intervalle

Bei den mit maximaler Intensität gefahrenen Intervallen zeigt sich sowohl bei  $F_e$  als auch bei  $F_u$  eine Verringerung der Kräfte, ähnlich wie bei den submaximalen Intervallen. Die um bis zu 28 N niedrigere Kraft von  $F_e$  in der Druckphase kann jedoch nicht vollständig durch eine höhere Kraft in der Zugphase ausgeglichen werden (9 N), so dass die Gesamtkraft und somit die Leistung über einen Kurbelzyklus um durchschnittlich 9 N geringer ist.

Die Verringerung der ungenutzten Kraftkomponente  $F_u$  ist in dem Feedback Bereich mit ca. 43 N in gleicher Stärke wie bei den submaximalen Intervallen möglich, nur zu Beginn der Druckphase sind die Unterschiede geringer. Insgesamt wird  $F_u$  über den Kurbelzyklus bei den Intervallen mit Feedback um 16 N signifikant geringer.

## Mechanischer Wirkungsgrad

Der mechanische Wirkungsgrad der Intervalle mit Feedback, ist sowohl bei den reinen Pedalkräften, als auch bei den muskulären Pedalkraftkomponenten für die submaximalen und maximalen Intervalle signifikant größer als bei den Intervallen ohne Feedback. Die höhere Effizienz wird dabei hauptsächlich im dem Feedback Bereich zwischen 170° und 220° Grad sowie zu einem geringeren Teil in der Hubphase erzielt. Während der Druckphase ist nur bei den submaximalen Intervallen eine signifikante Veränderung feststellbar, da hier die Effizienz auch ohne Feedback bereits sehr hoch (nahe 100 %) ist.

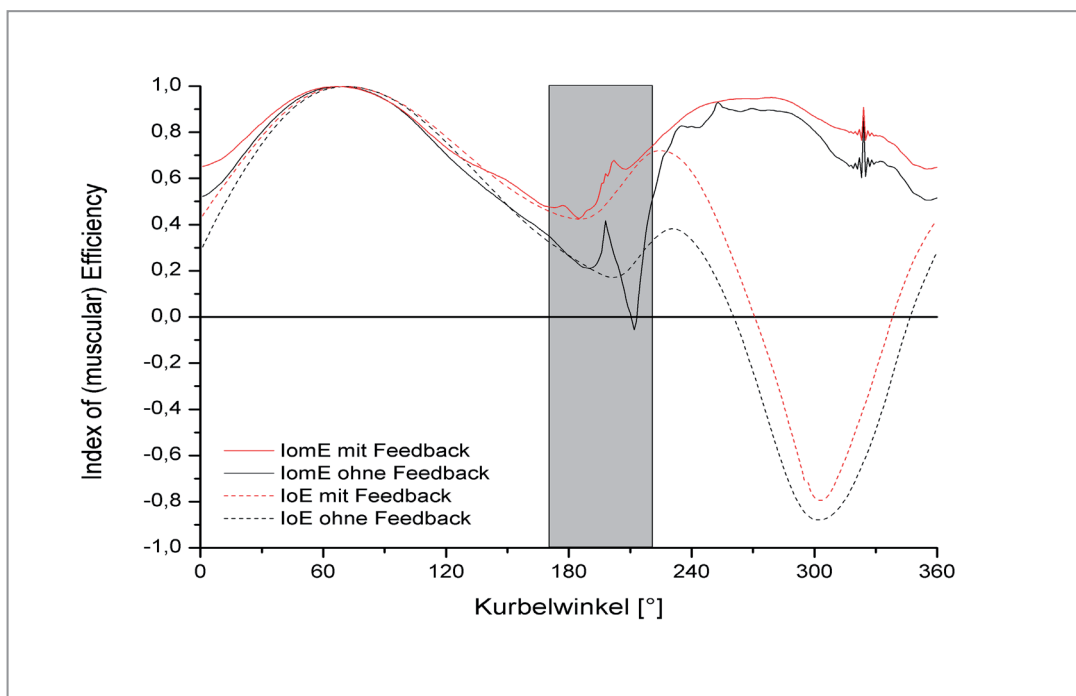


Abb. 5. Mechanischer Wirkungsgrad bei submaximalen Intervallen mit (rot) und ohne Feedback (schwarz). Die gestrichelte Linie gibt den Wirkungsgrad der gemessenen Pedalkraftkomponenten an, die durchgezogene Linie den Wirkungsgrad der muskulären Pedalkraftkomponenten.

## **Physiologische Belastung und Herzfrequenz**

Eine geringere physiologische Belastung, ausgedrückt durch die Herzfrequenz, ließ sich in dem Feldtest, ebenso wie eine Erhöhung der Leistung bei maximaler Belastung, nicht nachweisen. Dies ist auf Grund der neuen, ungelerten Bewegung nachvollziehbar, da diese zum einen eine größere Variabilität zwischen den Versuchen (eigene Experimente) aufweisen, zum anderen auf Grund des neuen Bewegungsmusters eine schlechtere inter- und intramuskuläre Koordination zur Folge haben.

## **Diskussion**

Im Gesamtergebnis war eine Erhöhung der maximalen Leistung durch ein Feedback nicht möglich. Die Werte einzelner Probanden zeigen aber durchaus eine solche Leistungssteigerung. Wir vermuten, dass dies an unterschiedlichen Vorerfahrungen liegt, da diese Athleten entweder schon ein längerfristiges Feedbacktraining in einer anderen Studie absolviert hatten oder im Training ein aktives Ziehen am Pedal integriert haben.

Eine frühere Studie (Stapelfeldt et al. 2007) hat gezeigt, dass es möglich ist durch ein Feedback-Training die Tritttechnik zu verändern. Allerdings konnte hier keine messbare Leistungssteigerung erzielt werden. Auf Grund eigener Beobachtungen und Gesprächen mit Athleten wissen wir, dass Feedback Training oder Training mit Ziehen am Pedal häufig als Ersatz für konventionelles Krafttraining auf dem Rad eingesetzt wird. Die Vermutung ist, dass es aber zusätzlich zu diesem durchgeführt werden muss, da sonst im Bereich der Druckphase weniger Kraft aufgebaut wird, so dass dabei nur eine Umverteilung stattfindet.

## **Zusammenfassung**

Die Probandengruppe war in der Lage das Online-Feedback umzusetzen und die tangentielle Kraftkomponente wie gewünscht in der Zugphase zu erhöhen sowie die radiale Kraftkomponente zu reduzieren. Es fand eine Verlagerung der vortriebswirksamen Kraft von der Druckphase in die Zugphasen und somit eine gleichmäßigere Kraftausübung über den Kurbelzyklus statt. Dies führt zum einen zu einer anderen muskulären Belastung, was speziell in intensiven Rennphasen genutzt werden kann, zum anderen kann hierdurch eine gleichmäßigere Vortriebserzeugung erzielt werden, was vor allem im Bereich des MTB zu einer besseren Traktion führen kann.

## Literatur

- Álvarez, G. & Vinyolas, J. (1996). A New Bicycle Pedal Design for On-Road Measurements of Cycling Forces. *Journal of applied biomechanics*, 12, 130-142.
- Boyd, T., Hull, M. L. & Wooten, D. (1996). An improved accuracy six-load component pedal dynamometer for cycling. *Journal of biomechanics*, 29, 1105-1110.
- Dorel, S., Ccouturier, A., Lacour, J.-R., Vandewalle, H., Hautier, C., & Hug, F. (2010). Force–Velocity Relationship in Cycling Revisited: Benefit of Two-Dimensional Pedal Forces Analysis. *Medicine and science in sports and exercise*, 42, 1174-1183.
- Gregor, R. J., Cavanagh, P. R. & LaFortune, M. (1985). Knee flexor moments during propulsion in cycling – a creative solution to lombard's paradox. *Journal of biomechanics*, 18, 307-316.
- Gressmann, M. (2005). *Fahrradphysik und Biomechanik*. S. 195. Bielefeld: Delius Klasing.
- Henke, T., Monfeld, C. & Heck, H. (2001). Trettechnik – Einzelzyklusdarstellung im Radsport. *BISp-Jahrbuch 2001*.
- Hillebrecht, M., Schwirtz, A., Stapelfeld, B., Stockhausen, W. & Bührle, M. (1998). Trittechnik im Radsport: Der „runde Tritt“ – Mythos oder Realität?. *BISp Forschungsbericht*.
- Hull, M. L. & Davis, R. R. (1980). Measurement of pedal loading in bicycling. *Journal of biomechanics*, 14, 843-856.
- Hull, M. L. & Jorge, M. (1985). A method of biomechanical analysis of bicycle pedaling. *Journal of biomechanics*, 18, 631-644.
- Kautz, S. A. & Hull, M. L. (1993). A theoretical basis for interpreting the force applied to the pedal in cycling. *Journal of biomechanics*, 26, 155-165.
- Korff, T., Romer, L. M., Mayhew, I. & Martin, J. C. (2007). Effect of Pedaling Technique on Mechanical Effectiveness and Efficiency in Cyclists. *Medicine and science in sports and exercise*, 39, 475.
- Stapelfeldt, B., Mornieux, G. & Gollhofer, A. (2007). Wirkung von Feedback-Training im Radsport auf physiologische und biomechanische Parameter. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2006/07* (S. 175-179). Köln: Sportverlag Strauß.
- Stapelfeldt, B., Mornieux, G., Herms, M., Kaulfuß, C. & Gollhofer, A. (2008). Wirkung von Feedback-Training im Radsport auf physiologische und biomechanische Parameter. *BISp Forschungsprojekt VF07\_05\_02\_2005*.
- Wolff, R. & Strunz, J. (2008). Biomechanische Leistungsdiagnostik und Feedback-training zur Optimierung der Trettechnik im Elitebahnradspport. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2008/09* (S. 233-237). Köln: Sportverlag Strauß.



---

## **Kurzfristige neuronale Anpassungen an Ganzkörpervibration und Evaluation der zugrundeliegenden neuronalen Mechanismen**

(AZ 070608/10)

Albert Gollhofer (Projektleiter), Ramona Ritzmann & Andreas Kramer

Universität Freiburg, Institut für Sport und Sportwissenschaften

### **Problem**

Das Ganzkörpervibrationstraining gilt als zeiteffiziente Trainingsform, die die Leistungsfähigkeit steigern kann. Nach akuter Ganzkörpervibration konnten positive Anpassungen in Hinblick auf die Kraft- und Sprungfähigkeiten insbesondere bei Leistungssportlerinnen und -sportlern gezeigt werden (Rittweger, 2010). Die positiven Effekte und vor allem deren Wirkmechanismen konnten jedoch bisher nicht erklärt werden. Da akute Anpassungen nicht auf strukturelle Veränderungen, wie beispielsweise Veränderungen des Muskels (wie Hypertrophie oder Faser-Shift) zurückgeführt werden können, werden in der aktuellen Literatur Modulationen im neuronalen System für die Leistungssteigerungen verantwortlich gemacht (Crochane & Stannard, 2005; Rittweger, 2010). Bisher war jedoch nicht untersucht worden, welche Mechanismen die positiven Effekte der Ganzkörpervibration bewirken können.

Um den Effekt der Ganzkörpervibration besser verstehen zu können, sollte nun im Rahmen dieses Forschungsantrags erstmalig mit einem systematischen Ansatz der Einfluss unterschiedlicher Vibrationsdeterminanten (wie etwa Vibrationsfrequenz, Vibrationstyp und Körperposition des Trainierenden) auf die neuromuskuläre Aktivität bei Ganzkörpervibration evaluiert werden. Basierend auf den Ergebnissen dieser Studie sollten Empfehlungen für die Gestaltung des Vibrationstrainings abgeleitet werden. Weiterhin sollte im Zuge dieses Projektantrags der Frage nachgegangen werden, ob und wie Ganzkörpervibration Reflexe beeinflussen kann. Dafür sollte zunächst der Einfluss der Ganzkörpervibration auf den H-Reflex auf elektrophysiologischer Ebene und auf den Muskeldehnreflex auf mechanischer Ebene untersucht werden. Darauf aufbauend sollte überprüft werden, ob der Reflexbeitrag in einem funktionellen Bewegungsablauf durch Ganzkörpervibration beeinflusst werden kann. Da gerade in den reaktiven Bewegungsabläufen wie etwa im Dehnungs-Verkürzungszyklus der reflektorischen Zusatzaktivierung ein wichtiger leistungsbestimmender Einfluss beigemessen wird (Trimble et al., 2000) wurde exemplarisch anhand von Hoppings die "Short-Latency Response" (SLR) vor und nach Ganzkörpervibration analysiert.



## Methoden

Die Studie bestand aus zwei Untersuchungsreihen: Der erste Teil befasste sich mit dem Einfluss der Determinanten im Vibrationstraining. Im zweiten Teil wurde der Effekt der Ganzkörpervibration auf Reflexantworten untersucht.

- A) In der ersten Untersuchung wurde der Effekt der Vibrationsfrequenz (5, 10, 15, 20, 25 und 30 Hz), des Vibrationstyps (seitalternierend und synchron oszillierend), der Körperposition der Probandin bzw. des Probanden (Kniewinkel: 5, 30 und 60°; Fußstellung: Vorfußstand und planes Stehen) und der Verwendung von Zusatzlast im Hinblick auf die neuromuskuläre Aktivität bei Ganzkörpervibration evaluiert. Veränderungen in der neuromuskulären Aktivierung des M. soleus (SOL), M. gastrocnemius medialis (GM), M. tibialis anterior (TA), M. rectus femoris (RF), M. vastus medialis (VM) und M. biceps femoris (BF) wurden mittels der Elektromyographie (EMG) erfasst. Um den Effekt der Vibration ermitteln zu können, wurde zu jeder der oben genannten Bedingungen ein Durchgang ohne Vibration aufgezeichnet. Die EMGs wurden rektifiziert, integriert und auf die jeweilige Standbedingung ohne Vibration normiert. Zur statistischen Untersuchung der Daten wurde eine Varianzanalyse durchgeführt [Vibrationstyp (2) x Frequenz (7) x Kniewinkel (3) x Fußposition (2) x Zusatzgewicht (2)]. Die statistischen Tests wurden nach Bonferroni korrigiert.
- B) Im zweiten Teil der Studie wurde der Effekt der Ganzkörpervibration auf drei verschiedene Reflexantworten im SOL untersucht: Zuerst wurde der Einfluss der Ganzkörpervibration auf die spinale Erregbarkeit auf elektrophysiologischer Ebene mittels der H-Reflex Technik erfasst. Zum Zweiten wurde die funktionelle Relevanz einer spinalen Erregbarkeitsänderung am mechanisch durch Dorsalflexion ausgelösten Muskeldehnreflex verifiziert. Drittens wurde überprüft, ob eine durch Vibration ausgelöste Änderung der spinalen Erregbarkeit auch auf den Reflexbeitrag im funktionellen Bewegungsablauf des reaktiven Sprungs übertragen werden kann. Dazu wurde das EMG im Zeitintervall der SLR von 30-60 ms nach Bodenkontakt bei Hoppings analysiert. Die Zeitpunkte der Reflexmessung wurden für alle drei Untersuchungen wie folgt festgelegt: vor Ganzkörpervibration (t1), unmittelbar nach Ganzkörpervibration (t2), 5 (t3) und 10 min nach Ganzkörpervibration (t4). Um statistisch zu untersuchen, ob die Ganzkörpervibration die Amplituden des H-Reflexes, des Dehnreflexes oder der SLR verändert, wurde eine Varianzanalyse durchgeführt. Alle statistischen Tests wurden nach Bonferroni korrigiert.

## Ergebnisse

- A) In allen untersuchten Muskeln war die EMG Aktivität während der seitalternierenden Ganzkörpervibration signifikant größer im Vergleich zur synchronen Ganzkörpervibration (SOL +65 %, GM +58 %, TA +56 %, BF +50 %, VM +64 % und RF +31 %;  $p < 0,05$ ). Außerdem zeigten alle Muskeln einen sukzessiven Anstieg der EMG Aktivität mit zunehmender Vibrationsfrequenz ( $p < 0,05$ ).

Dieser frequenzabhängige Anstieg war am deutlichsten ausgeprägt im SOL, GM und TA, also in denjenigen Muskeln, die sich proximal in Bezug auf das Vibrationsgerät befinden. Weniger stark ausgeprägt war dieser Effekt im BF, VM und RF, also in denjenigen Muskeln, die sich distal in Bezug auf das Vibrationsgerät befinden. Ferner verzeichneten alle Muskeln einen Anstieg der EMG Aktivität in den Bedingungen mit Zusatzgewicht im Vergleich zu jenen ohne Zusatzgewicht (SOL +21 %, GM +31 %, RF +18 %, VM +29 %, BF +52 % und TA +12 %  $p < 0,05$ ).

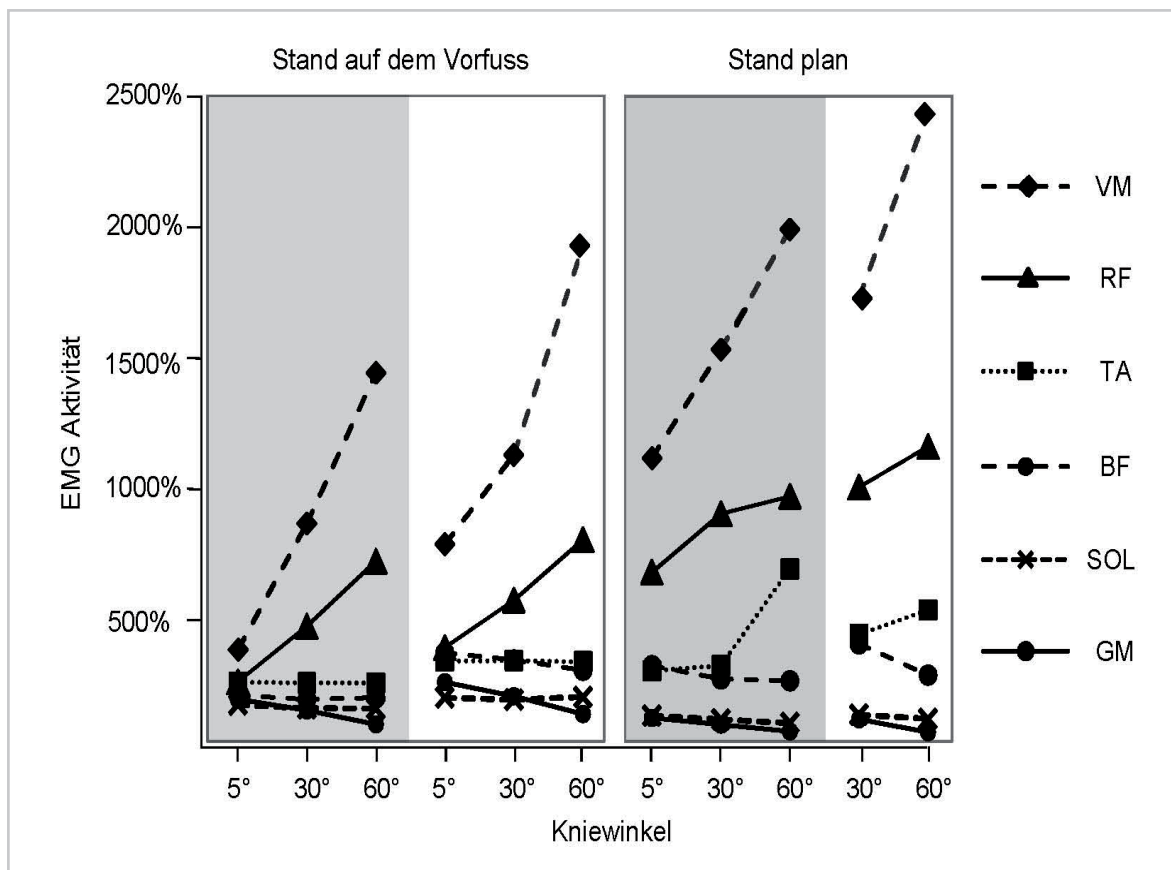


Abb. 1. Veränderung der neuromuskulären Aktivität während Ganzkörpervibration in Abhängigkeit des Kniwinkels (5, 30 und 60°), der Fußposition (Vorfußstand vs. planes Stehen) und der Zusatzlast (in grau die Bedingungen ohne Zusatzlast, in weiß die Bedingungen mit Zusatzlast).

Bei der Untersuchung zum Einfluss der Körperposition zeigte sich, dass die Veränderungen des Kniwinkels und der Fußstellung unterschiedliche Auswirkungen auf verschiedene Muskelgruppen haben: Während RF, VM und TA im 60° gebeugten Knie die höchsten EMG Antworten zeigten, war die neuromuskuläre Aktivierung im SOL, GM und BF im 5° gebeugten Knie am höchsten (Abb. 1). Im Vorfußstand zeigten die Plantarflexoren GM und SOL die höchsten EMG Antworten, wobei im planen Stand die neuromuskuläre Aktivierung im RF, VM, BF und TA am höchsten war.

B) Die H/M-Ratios zeigten eine signifikante Reduktion direkt nach sowie 5 und 10 Minuten nach der Ganzkörpervibration ( $t_1$ :  $0,55 \pm 0,19$ ;  $t_2$ :  $0,48 \pm 0,14$ ;  $t_3$ :  $0,48 \pm 0,16$  und  $t_4$ :  $0,50 \pm 0,16$ ;  $p < 0,05$ ). Diese Reduktion war mit -15 % am stärksten ausgeprägt direkt nach Ganzkörpervibration. Innerhalb der zehn Minuten nach Abbruch der Ganzkörpervibration erholten sich die H/M-Ratios (Abb. 2). Die mechanisch ausgelösten Dehnreflexe zeigten direkt nach der Ganzkörpervibration eine signifikante Reduktion um 30 % ( $t_1$ : 1;  $t_2$ :  $0,70 \pm 0,28$ ;  $t_3$ :  $0,86 \pm 0,28$ ;  $t_4$ :  $1,01 \pm 0,27$ ,  $p < 0,05$ ). Danach konnte ähnlich wie in der H-Reflex Messung eine sukzessive Erholung der Dehnreflexamplitude beobachtet werden (Abb. 2). Die SLR während der Hoppings veränderte sich nicht durch Ganzkörpervibration ( $t_1$ : 1;  $t_2$ :  $1,02 \pm 0,18$ ;  $t_3$ :  $1,07 \pm 0,21$ ;  $t_4$ :  $1,08 \pm 0,22$   $p = 0,14$ )

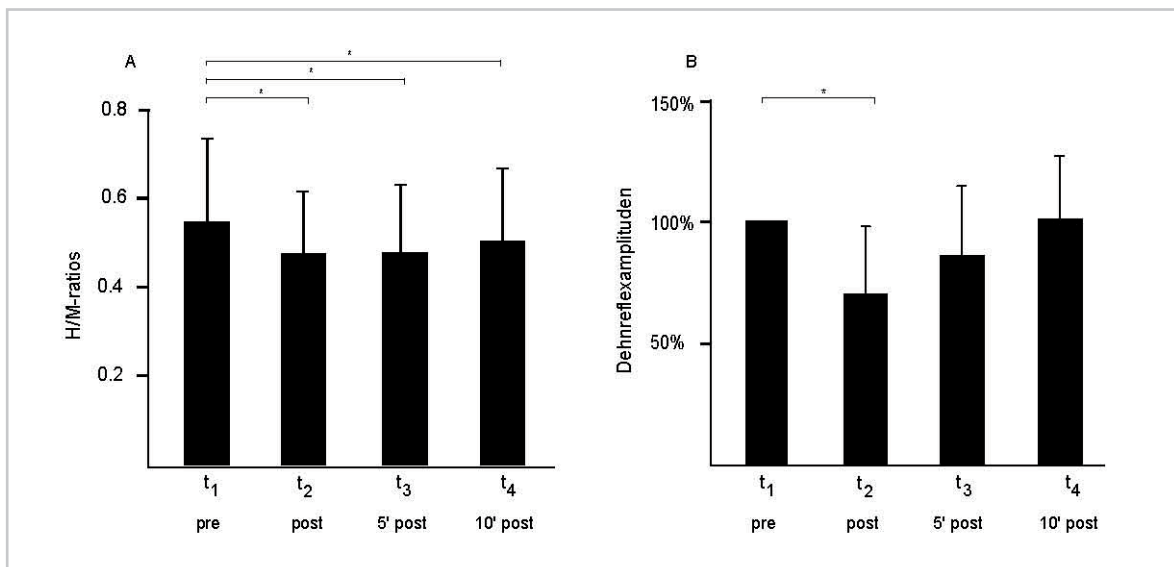


Abb. 2. A zeigt den Mittelwert und die Standardabweichung der H/M-Ratios und B den Mittelwert und die Standardabweichung der Dehnreflexamplituden (normiert auf t<sub>1</sub>) des gesamten Probandenkollektivs vor (t<sub>1</sub>), direkt nach (t<sub>2</sub>), 5 (t<sub>3</sub>) und 10 Minuten nach (t<sub>4</sub>) Ganzkörpervibration. Sowohl die H/M-Ratios als auch die Dehnreflexe zeigten eine starke Reduktion unmittelbar nach Ganzkörpervibration, erholten sich aber sukzessive innerhalb der 10 Minuten nach Ganzkörpervibration. Statistisch signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) sind mit \* markiert.

## Diskussion

Aus beiden Experimenten ergeben sich eine Reihe theoretischer und praktischer Überlegungen, die nun im Folgenden diskutiert und zusammengefasst werden sollen.

In der ersten Untersuchungsreihe zu den Determinanten des Vibrationstrainings konnte gezeigt werden, dass das schrittweise Steigern der Vibrationsfrequenz auch zum schrittweisen Anstieg der neuromuskulären Aktivierung der Muskeln führt. Eine physiologische Erklärung für diese Beobachtung könnten jüngst publizierte Arbeiten von Cochrane et al. (2009) und Ritzmann et al. (2010) liefern; beide schließen aus ihren Ergebnissen, dass die Ganzkörpervibration eine frequenzabhängige Aneinanderreihung von Dehnreflexen erzeugt, die wiederum zu einem frequenzabhängigen Anstieg der EMG Aktivität führt. Obgleich der Zusammenhang von EMG Aktivierung und Vibrationsfrequenz in allen aufgezeichneten Muskeln zu beobachten ist, zeigen insbesondere jene Muskeln, die sich am Unterschenkel befinden, stärkere Effekte im Vergleich zu jenen des Oberschenkels. Erklärungsmodelle für diese Beobachtungen können Arbeit von Bressel et al. (2010) und Pel et al. (2009) liefern, denn sie dokumentieren unterschiedliche Transmissionen des Vibrationsstimulus in Abhängigkeit von der Nähe zum Vibrationsgerät: so konnte festgestellt werden, dass die Beschleunigung vom Fuß über das Knie zur Hüfte je um den Faktor 10 abnimmt (Pel et al., 2009). Diese Abnahme könnte auch die Ursache dafür sein, dass die Muskeln an den verschiedenen Körpersegmenten unterschiedlich stark von der Vibration betroffen sind. Unabhängig von der Vibrationsfrequenz konnte gezeigt werden, dass sich durch die Verwendung von Zusatzlast die neuromuskuläre Aktivierung während der Ganzkörpervibration steigern lässt. Einen ungleich größeren Einfluss scheint allerdings der Vibrationstyp zu haben: bei der Verwendung einer seitalternierenden Plattform konnten eine bis zu 60 % höhere EMG Aktivität im Vergleich zur synchron vibrierenden Platte dokumentiert werden. Aus diesen Ergebnissen lässt sich zusammenfassend ableiten, dass die Kombination aus hochfrequentem Vibrationstraining auf einem seitalternierenden Vibrationsgerät mit Zusatzlast die höchsten neuromuskuläre Aktivierung während eines Ganzkörpervibrationstrainings verursacht. Darüber hinaus konnte festgestellt werden, dass die Körperposition des Trainierenden die neuromuskuläre Aktivität während des Vibrationstrainings ebenfalls beeinflusst. Liegt der Fokus des Vibrationstrainings auf der Oberschenkelmuskulatur, dann empfiehlt sich, das Vibrationstraining in gebeugter Knieposition durchzuführen. Entspricht es dem Trainingsziel, vor allem die Unterschenkelmuskulatur zu trainieren, dann sollte im Vorfußstand ohne Fersenkontakt trainiert werden.

In der zweiten Untersuchungsreihe wurden Kurzzeiteffekte der Vibration auf das Verhalten von Reflexen untersucht. Während die Ganzkörpervibration den H-Reflex und Dehnreflex stark und über einen längeren Zeitraum nach Vibration reduzierte, zeigte die SLR keine Veränderungen. Die hierarchische Anordnung des Experiments – vom elektrophysiologisch ausgelösten H-Reflex zum Reflexbeitrag, der komplex in einen Bewegungsablauf eingebunden ist – und die daraus gewonnenen Erkenntnisse führen zu folgender Überlegung: Die spinale Erregbarkeit ist durch Ganzkörpervibration reduziert, was bedeutet, dass das Ausmaß der Weiterleitung la afferenter Signale zum  $\alpha$ -Motoneuron (la afferente Signale können präsynaptisch

gehemmt werden) oder der Erregungszustand des  $\alpha$ -Motoneurons verändert ist. Die Reduktion der spinalen Erregbarkeit scheint jedoch kompensiert beim reaktiven Springen. Bei diesen schnell ablaufenden Kontraktionen im Dehnungs-Verkürzungszyklus, wie sie etwa bei den Hoppings auftreten, wird dem Dehnreflex eine wichtige funktionelle Bedeutung beigemessen. Dem Dehnreflex wird die Eigenschaft zugeschrieben, die muskuläre Aktivität zeitgenau zu erhöhen und dadurch die muskuläre Stiffness zu steigern. Aufgrund der funktionellen Bedeutung des Dehnreflexes im Dehnungs-Verkürzungszyklus ist es notwendig, dass die Reduktion der spinalen Erregbarkeit nach Ganzkörpervibration durch bahnende Einflüsse oder durch einen erhöhten zentralen Drive absteigender Bahnen vom Gehirn kompensiert werden. Daher lässt sich schlussfolgern, dass akute Ganzkörpervibration Reflexe zu beeinflussen vermag, denn auf niedrigen Komplexitätsniveaus sind H-Reflexe und Dehnreflexes stark gehemmt. Die Verringerung der spinalen Erregbarkeit ist jedoch in komplexen Bewegungsablauf wie dem des reaktiven Sprungs nicht sichtbar oder wird kompensiert. In jedem Fall kann die Verbesserung der Sprungleistung in Folge eines Ganzkörpervibrationstrainings nicht wie in der Literatur beschrieben (Cochrane & Stannard, 2005) auf höhere Reflexaktivität zurückgeführt werden.

## Literatur

- Bressel, E., Smith, G. & Branscomb, J. (2010). Transmission of whole body vibration in children while standing. *Clinical biomechanics* 25 (2), 181–186.
- Cochrane, D. J. & Stannard, S. R. (2005). Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *British journal of sports medicine* 39 (11), 860–865.
- Cochrane, D. J., Loram, I. D., Stannard, S. R. & Rittweger, J. (2009). Changes in joint angle, muscle-tendon complex length, muscle contractile tissue displacement, and modulation of EMG activity during acute whole-body vibration. *Muscle nerve* 40 (3), 420–429.
- Pel, J. J. M., Bagheri, J., van Dam, L. M., van den Berg-Emons, H. J. G., Horemans, H. L. D., Stam, H. J. & van der Steen, J. (2009). Platform accelerations of three different whole-body vibration devices and the transmission of vertical vibrations to the lower limbs. *Medical engineering & physics* 31, 937–944.
- Ritzmann, R., Kramer, A., Gruber, M., Gollhofer, A. & Taube, W. (2010). EMG activity during whole body vibration: motion artifacts or stretch reflexes? *European journal of applied physiology* 110 (1), 143–151.
- Rittweger, J. (2010). Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. *European journal of applied physiology* 108 (5), 877–904.
- Trimble, M. H., Du, P., Brunt, D. & Thompson, F. J. (2000). Modulation of triceps surae H-reflexes as a function of the reflex activation history during standing and stepping. *Brain research* 858 (2), 274–283.

## **Evaluation des Talentsichtungskonzepts des Deutschen Handball-Bundes**

(AZ 070704/09)

Jörg Schorer, Rebecca Rienhoff, Lennart Fischer  
& Bernd Strauß<sup>1</sup> (Projektleiter)

in Kooperation mit Peter Sichelschmidt, Ute Lemmel, Christian Schwarzer,  
Franz Marschall, Andreas Wilhelm & Dirk Büsch

<sup>1</sup>Universität Münster, Institut für Sportwissenschaft, Arbeitsbereich Sportpsychologie

### **Problem**

Im „Programm zur Schwerpunktsetzung sportwissenschaftlicher Forschung“ des Bundesinstituts für Sportwissenschaft sowie im Rahmen des langfristigen strategischen Forschungsprogramms für das wissenschaftliche Verbundsystem Leistungssport steht die Methoden- und Kriterienentwicklung zur Talentsichtung, -prognose und -förderung im Fokus des Forschungsinteresses. Dem Spitzenhandball werden zudem aus Expertenkreisen Entwicklungen im Bereich Athletik, Technik und Taktik prognostiziert, die eine frühzeitige Anpassung erfordern. Aus diesem Grund hat der DHB 2007 ein neues, mehrdimensionales Talentsichtungskonzept etabliert, welches im Rahmen von zwei BISp-Betreuungsprojekten (Roth & Schorer, BISp IIA1 - VF 071602 / 2006-2007; Strauß & Schorer, BISp IIA1 - VF 071602 / 08), die von unserer Arbeitsgruppe durchgeführt wurden, ausschnittsweise evaluiert wurde. Diese Evaluation zeigt, dass die von der Sportpraxis definierten Prädiktoren nur eingeschränkt valide, sensitiv und spezifisch sind (Lidor et al., 2005). Aus diesem Grund erscheint es unabdingbar, die bisherige Testbatterie zu evaluieren und sie um ausreichend sensitive und handballspezifische Prädiktoren zu erweitern.

Da das bisherige Talentsichtungskonzept des DHB lediglich auf dem Begabungsansatz basiert, der eine prospektive Talentdiagnose erstellt, sollen nun auch Elemente aus der Expertiseforschung abgeleitet werden (Hohmann, 2005). Hierbei handelt es sich um einen retrospektiven Ansatz, der anhand von Experten-Novizen-Vergleichen im Hochleistungsbereich Talentvariablen für den Kinder- und Jugendbereich extrahiert. Die Verknüpfung dieser beiden Ansätze, sowie die Entwicklung empirisch validierter Profildiagnosen sollen die Talentsichtung und -entwicklung im DHB optimieren. Durch die enge Zusammenarbeit mit dem DHB können die Ergebnisse in einem nächsten Schritt unmittelbar in den Talentsichtungsprozess integriert und dieser optimiert werden. Dabei soll den Trainerinnen und Trainern des DHB langfristig die Möglichkeit einer selbstständigen Durchführung des entwickelten Maßnahmenkataloges gegeben werden.



## Methoden

Die Ergänzungen der bisherigen Maßnahmen sind wie folgt in verschiedene Schwerpunktbereiche unterteilt und wurden in 2009 und 2010 mit jeweils 480 D-Kader-Athletinnen und Athleten durchgeführt:

**Prädiktoren 1 – Ergänzung anthropometrischer und motorischer Tests:** Aus theoretisch-inhaltlichen Überlegungen und aufgrund empirischer Evidenzen wurde die bereits genutzte *anthropometrische und motorische Testbatterie* durch die Bestimmung der Handgröße (Visnapuu & Jürimäe, 2007), die Messung der Handkraft (Leyk et al., 2007; Roth, 1978; Visnapuu & Jürimäe, 2007), die Bestimmung der maximalen Fußstapplingfrequenz (Kalaycıoğlu et al., 2008) sowie eine modifizierte Sprungkraftdiagnostik, die Anlauf und einbeiniges Absprungverhalten im Sprungwurf für die Rückraum- und Außenpositionen ausreichend berücksichtigt (in Zusammenarbeit mit Dr. Franz Marschall und Oskar Dawo von der Universität des Saarlandes), ergänzt. Für die Bestimmung der Handgröße wird die Wurfhand auf eine Glasscheibe gedrückt, fotografiert und digital vermessen. Die Handkraft wurde mit einem Dynamometer unter standardisierten Bedingungen erfasst. Die Fußstappling-Aufgabe wurde mit einer zweigeteilten Bodenplatte realisiert. Die handballspezifische Sprungkraftdiagnostik soll in Anlehnung an die Überlegungen von Pfeiffer und Jaitner (2003) überarbeitet werden.

**Prädiktoren 2 – Taktiktests:** Des Weiteren war es notwendig, dass sensitive handballspezifische *Taktiktests* für Feldspieler(innen) und Torhüter(innen) mit offenen Bewegungsfertigkeiten, die Antizipations-, Entscheidungs- und Problemlöseleistungen beinhalten, entwickelt und systematisch in die Talentsichtung mit einbezogen werden. Hierbei sind insbesondere aus der Expertiseforschung entlehnte perzeptuell-kognitive Tests respektive Taktiktests zu berücksichtigen, für die weder im Handball noch in anderen Spielsportarten Längsschnittdaten zur Talententwicklung und -prognose vorliegen. Elferink-Gemser et al. (2007) konnten in der Sportart Hockey bei jugendlichen Leistungssportlern nachweisen, dass taktische Komponenten am stärksten zwischen guten und sehr guten Spieler(innen) diskriminieren. Die bisherigen Taktiküberprüfungen in Kleinfeldspielen und Wettkampfspielen wurden ergänzt durch einen Musterwiedererkennungs- und einen Flickertest, die an Touchscreen-Computern durchgeführt wurden.

**Prädiktoren 3 – Techniktest für Feldspieler:** Ebenfalls aus der Expertiseforschung wurde abgeleitet, dass für spätere Spitzenleistungen das Beherrschen der handballspezifischen *Techniken* bereits im Jugendbereich notwendig ist (Davids, Lees, & Burwitz, 2000; Schneider, 1991; Schneider, Bös, & Rieder, 1993). Derartige Talentsichtungskriterien wurden bisher nicht berücksichtigt. Für die Beurteilung der sportlichen Techniken der Feldspieler(innen), d. h. Schlagwurf mit Stemmschritt und Körpertäuschung mit Ball, sowie der Torhüter(innen), die in dieser Jahrgangsstufe lt. Rahmentrainingskonzeption beherrscht werden sollen, wurde zusammen mit Prof. Dr. Andreas Wilhelm von der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel und den DHB-Jugendtrainer(inne)n ein objektives, reliables sowie gleichzeitig praktikables und ökonomisches Bewertungsverfahren erarbeitet. Über einen modifizierten Präzisionswurftest werden die Anzahl der regulär erzielten Treffer und die maximale und



mittlere Ballfluggeschwindigkeit erhoben. Ein Versuch, diese zeitgleich durch eine Technikbewertung zu ergänzen scheiterte, da dies zu einem zu hohen Zeitaufwand führte. Dies muss in den ersten Sichtungslerngang verschoben werden.

**Prädiktoren 4 – Tests für Torhüter.** Für die Torhüter wurden temporale Okklusionstest und Wahlreaktionszeitaufgaben integriert, die mit realen torwartspezifischen Bewegungen realisiert werden müssen. Die Torhüter hatten die Aufgabe, bei zu unterschiedlichen Zeiten abgeschnittenen Videos von 7-Meter Situationen zu entscheiden, wohin der Wurf gehen wird. Vorab wurde eine Wahlreaktionszeitaufgabe gestellt. Die Antwort wurde mittels normaler Torwart-Abwehr-Bewegung in die entsprechende Torecke gegeben. Während der Tests sollten die Bewegungen der Torhüter bezüglich ihrer Technik von Experten bewertet werden. Auch dies sollte verschoben werden.

**Prädiktoren 5 – Psychologische Diagnostik.** In der psychologisch orientierten Expertiseforschung wird der Leistungsmotivation eine wesentliche Bedeutung bei der Aufrechterhaltung von „deliberate practice“ über zehn Jahre beigemessen (Elbe & Beckmann, 2005; Starkes, 2007). Neuere Studien zeigen außerdem, dass die Coping-Strategien eines Athleten bzw. einer Athletin als Prädiktor für seinen bzw. ihren späteren sportlichen Erfolg genutzt werden können (Smith & Christensen, 1995). Auch die Selbstwirksamkeitsüberzeugung scheint nicht nur für sportliche Leistungen per se, sondern auch für die Talententwicklung bedeutsam (Feltz & Chase, 1998), zu der aber bisher noch keine Befunde zur Unterscheidung von Experten und Novizen vorliegen. Eingesetzt wurde die deutsche Version der allgemeinen Achievement-Motivation-Scale (Elbe, Wenhold, & Müller, 2005). Ergänzt wurde dieser Fragebogen durch ein für den Handball modifiziertes motorisches Selbstwirksamkeitsinventar-Handball (Wilhelm & Büsch, 2006) und das übersetzte Athletic Coping Skills Inventory (ACSI-28, Smith, Schutz, Smoll, & Ptacek, 1995).

## **Ergebnisse und Diskussion**

Die Ergebnisse werden entsprechend der fünf Prädiktorengruppen dargestellt und direkt diskutiert. Bei der Ergänzung von anthropometrischen und motorischen Tests zeigt insbesondere der Jump-&-Reach-Test deutliche Unterschiede sowohl für die weiblichen als auch die männlichen Athleten auf. Hierbei scheint insbesondere die Sprunghöhe in ihren verschiedenen Maßeinheiten von Relevanz zu sein. Für die Mädchen können aber auch Unterschiede in der Reichhöhe sowie in den Handmaßen gefunden werden, was dafür spricht, dass die Körpergröße insgesamt von Bedeutung zu sein scheint. Bei den Jungen ist stattdessen das Fußstapping eine weitere differenzierende Variable.

Bei den taktischen Labortests werden nur bei der nicht instruierten Dauer für die Durchführung des Mustererkennungstests bei den Spielerinnen signifikante Unterschiede festgestellt. Die Rückmeldung der Trainerinnen und Trainer beinhaltete, dass die dargestellten Szenen möglicherweise für diese Altersstufen noch zu komplex seien, so dass hier eine Adaption der Schwierigkeitsstufe erfolgen sollte, bevor die Tests als solche negiert werden. Insgesamt war die Akzeptanz durch Spielerinnen und Spieler sowie durch Trainerinnen und Trainer sehr hoch. Sie sehen die Notwen-

digkeit einer solchen Testung, wenngleich die angesprochenen Probleme zunächst beseitigt werden sollten. Ergänzt werden sollte ein reiner Entscheidungstest. Langfristig wäre ein webbasiertes Trainingstool wünschenswert, welches zur zusätzlichen Vermittlung von taktischen Grundmustern im Handball, möglicherweise aber auch in anderen Sportarten genutzt werden kann.

Für die Torhütertests wurde zunächst die Entwicklung der Messmethodik fokussiert. Diese ist gelungen und die ersten Ergebnisse sind vielversprechend, wenngleich auch hier die Adjustierung der Szenenauswahl bedacht werden muss. Ebenso sollte über die Entwicklung eines downloadbaren Trainingstools nachgedacht werden, das die grundlegenden Techniken und Taktiken vermittelt. Vor dem Hintergrund der günstigen Erhebungstechnik und fehlenden Torwartainern im unteren Altersbereich, ist die Implementierung eines solchen webbasierten Tools besonders sinnvoll.

Im Bereich der Technik werden Unterschiede zwischen nominierten und nicht nominierten Athletinnen bzw. Athleten deutlich. Zusätzlich soll im Jahr 2011 einerseits ein weiterer Techniktest bei der Sichtung implementiert werden und andererseits eine direkte Rückmeldung durch die Trainerinnen bzw. Trainer bei der Nachsichtung zu der Qualität der Bewegungsausführung gegeben werden. Dies konnte durch die hohe Aufgabenbelastung der Trainerinnen und Trainer während der Sichtung nicht gewährleistet werden und soll im Rahmen der Nachsichtung, an der etwa 80 Talente teilnehmen, durchgeführt und zeitgleich erfasst werden.

Für die psychologische Diagnostik wurden vier Fragebögen verwendet. Während in fast allen Kategorien bessere Werte der nominierten Spielerinnen und Spieler zu verzeichnen sind, werden diese jedoch nur selten signifikant. Dennoch ist die Akzeptanz bei den beteiligten Akteuren als hoch einzustufen. Eine umfangreichere Rückmeldung wäre hier wünschenswert und könnte möglicherweise, basierend auf den Erfahrungen des Bochumer Basketball Talentprojektes, noch verbessert werden.

Insgesamt konnte im Rahmen des Projektes der Schwerpunkt der Prädiktoren fast vollständig umgesetzt werden. Einzig die Technikbewertung der Torhüter wurde aufgrund der neuen Trainerkonstellation verzögert, um direkt im Konsens mit den Verantwortlichen agieren zu können. Wie die Zusammenfassung der Ergebnisse zeigt, demonstrieren die nominierten Talente häufig bessere Leistungen in den verschiedenen Tests. Jedoch ist dies nur von kurzfristigem Interesse. Ziel des vorgeschlagenen Projektes war und ist es, die Vorhersagekraft auf die spätere Leistung zu untersuchen. Daher ist es dringend erforderlich, längsschnittliche Daten zu gewinnen und die Langfristigkeit des Projektes abzusichern. Die Bereitschaft bei den Projektpartnern dazu ist gegeben, was sich u. a. dadurch dokumentiert, dass bereits im Jahr 2010 alle Talente, aber auch exemplarisch schon alle weiblichen Nationalmannschaften im Jugendbereich erhoben werden konnten. Der Torhütertest stieß auf besonderes Interesse und wurde explizit ein zweites Mal angefragt, da es hier eine hohe Fluktuation vor einer Weltmeisterschaft gab und der Trainer von allen Kandidatinnen Ergebnisse haben wollte.

## Literatur

- Davids, K., Lees, A., & Burwitz, L. (2000). Understanding and measuring coordination and control in kicking skills in soccer: Implications for talent identification and skill acquisition. *Journal of sports sciences*, 18 (9), 703-714.
- Elbe, A. M., & Beckmann, J. (2005). Psychologische Aspekte sportlichen Talents - Persönlichkeitsentwicklung von Eliteschüler/innen des Sports. In E. Emrich, A. Güllich & M.-P. Büch (Eds.), *Beiträge zum Nachwuchsleistungssport* (pp. 139-165). Schorndorf: Hofmann.
- Elbe, A. M., Wenhold, F., & Müller, D. (2005). Zur Reliabilität und Validität der Achievement Motives Scale-Sport – ein Instrument zur Bestimmung des sportspezifischen Leistungsmotivs. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 12, 57-68.
- Elferink-Gemser, M. T., Visscher, C., Lemmink, K. A. P. M., & Mulder, T. W. (2007). Multidimensional performance characteristics and standard of performance in talented youth field hockey players: A longitudinal study. *Journal of sports sciences*, 25, 481-489.
- Feltz, D. L., & Chase, M. A. (1998). The measurement of self-efficacy and confidence in sport. In J. L. Duda (Ed.), *Advances in sport and exercise psychology measurement* (pp. 65-80). Morgantown: Fitness Information Technology.
- Hohmann, A. (2005). Konzeptionelle Aspekte der Talententwicklung. In E. Emrich, A. Güllich & M.-P. Büch (Eds.), *Beiträge zum Nachwuchsleistungssport* (pp. 235-270). Schorndorf: Hofmann.
- Kalaycıoğlu, C., Kara, C., Atbaşoğlu, C., & Nalçacı, E. (2008). Aspects of foot preference: Differential relationships of skilled and unskilled foot movements with motor asymmetry. *Laterality: Asymmetries of body, brain and cognition*, 13 (2), 124-142.
- Leyk, D., Gorges, W., Ridder, D., Wunderlich, M., Rütger, T., Sievert, A., & Essfeld, D. (2007). Hand-grip strength of young men, women and highly trained female athletes. *European journal of applied physiology*, 99 (4), 415-421.
- Lidor, R., Falk, B., Arnon, M., Cohen, Y., Segal, G., & Lander, Y. (2005). Measurement of talent in team handball: The questionable use of motor and physical tests. *Journal of strength and conditioning research*, 19 (2), 318-325.
- Pfeiffer, M., & Jaitner, T. (2003). Sprungkraft im Nachwuchstraining Handball: Training und Diagnose. *Zeitschrift für angewandte Trainingswissenschaft*, 10 (1), 86-95.
- Roth, K. (1978). Interdisziplinäre Analyse der individuellen Leistungsfähigkeit von Hallenhandballfeldspielern. *Beiheft zu Leistungssport*, 13 (Juni), 80-115.
- Schneider, W. (1991). Wie wird man Spitzensportler? *Sportpsychologie*, 5 (2), 13-16.
- Schneider, W., Bös, K., & Rieder, H. (1993). Leistungsprognose bei jugendlichen Spitzensportlern. In J. Beckmann, H. Strang & E. Hahn (Eds.), *Aufmerksamkeit und Energetisierung* (pp. 277-299). Göttingen: Hogrefe.

- Smith, R. E., & Christensen, D. S. (1995). Psychological Skills as Predictors of Performance and Survival in Professional Baseball. *Journal of sport & exercise psychology, 17* (4), 399-415.
- Smith, R. E., Schutz, R. W., Smoll, F. L., & Ptacek, J. T. (1995). Development and validation of a multidimensional measure of sport-specific psychological skills - The atheltici coping skills inventory-28. [Article]. *Journal of sport & exercise psychology, 17* (4), 379-398.
- Starkes, J. L. (2007). The more it changes, the more it is the same thing. Plus ça change, plus c'est la même chose. *International journal of sport psychology, 38* (1), 89-95.
- Visnapuu, M., & Jürimäe, T. (2007). Handgrip strength and hand dimensions in young handball and basketball players. *Journal of strength and conditioning research, 21* (3), 923-929.
- Wilhelm, A., & Büsch, D. (2006). Das Motorische Selbstwirksamkeits-Inventar (MOSI) - Eine bereichsspezifische Diagnostik der Selbstwirksamkeit im Sport. *Zeitschrift für Sportpsychologie, 13* (3), 89-97.

### Weiterführende Literatur

- Baker, J., Cobley, S. & Schorer, J. (2011). *Talent Identification and Development in Sport - International Perspectives*. London: Routledge Chapman & Hall.
- Pabst, J., Büsch, D., Schorer, J., Lemmel, U., Petersen, K.-D., Armbruster, C., Schwarzer, C., Wilhelm, A., Teichmann, R. & Sichelschmidt, P. (2010). *Die DHB-Talentsichtung 2011 – Teil 1*. Handballtraining, 12, 28-33.
- Pabst, J., Büsch, D., Wilhelm, A., Schorer, J. & Strauß, B. (2010). Haben es gute Handballer (selbst) in der Hand? *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge, 2*, 140-153.
- Schorer, J., Büsch, D., Fischer, L., Pabst, J., Rienhoff, R., Sichelschmidt, P. & Strauß, B. (2011). Back to the future - A case report of the ongoing evaluation process of the German handball talent selection and development system. In J. Baker, S. Cobley & J. Schorer (Hrsg.), *Talent Identification and Development in Sport - International Perspectives* (pp.119-129). London: Routledge.
- Schorer, J., Büsch, D. & Strauss, B. (in Druck). Talentsichtung beim Deutschen Handballbund zwischen begabungs- und Expertiseansatz. In C. Fischer, C. Fischer-Ontrup, F. Käpnick, F. J. Mönks, H. Scheerer & C. Solzbacher (Hrsg.), *Individuelle Förderung multipler Begabungen*. Lit-Verlag: Berlin.
- Schorer, J., Baker, J., Lotz, S. & Büsch, D. (2010). Influence of early environmental constraints on achievement motivation in talented young handball players. *International journal of sport psychology, 41*, 42-58.

---

# Technikspezifisches Training zur Verbesserung der neuromuskulären Leistungsfähigkeit bei Anriss- und Platzwechselbewegungen im Judo

(AZ 070705/09-10)

Sebastian Möller, Julian Bergmann & Markus Gruber (Projektleiter)

Universität Potsdam

## Problem

Im Judo zeichnen sich Spitzenkämpfer durch ein dominantes sowie angriffsorientiertes Kampfverhalten mit einer entsprechend hohen Aktivitätskennziffer, einem effektiven Griffkampf und einer erfolgreichen Anwendung judospezifischer Wurftechniken aus. Die aktuellen Entwicklungstendenzen im Männer-Judo weisen Defizite in der Angriffswirkung bei den deutschen Spitzenathleten im Vergleich zum Weltmaßstab auf (Heinisch, 2009). Zudem belegen Untersuchungen zur Anrissbewegung von männlichen Spitzenathleten des Deutschen Judo-Bundes e. V. ein heterogenes Verhalten der Athleten hinsichtlich der erhobenen Kraft-Weg-Verläufe, der Kraft-Zeit-Verläufe und der Bewegungsausführung (Möller, Kittel, Krüger & Wick, 2008). Um die Wirksamkeit einer Wurftechnik beurteilen zu können, müssen prüfbare und aussagekräftige Kennwerte messtechnisch erfasst werden (Nowoisky, 1997). In Zusammenhang mit dem zugrundeliegenden biomechanischen Modell kann danach die Funktionsweise einer Wurftechnik abgeleitet werden. Dies schließt auch die mechanische Relation der Bewegungsphasen einer Wurftechnik ein. Für die Objektivierung der rechten und linken Anrissbewegung fehlte es bislang an geeigneten Messinstrumenten. Zudem liegt unseres Wissens bislang keine wissenschaftliche Prüfung eines judospezifischen Trainings der Anriss- und Platzwechselbewegung zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit in der Wurftechnik vor.

## Methode

15 Athleten der Judo-Nationalmannschaft Männer als auch Männer U20 und aktive Judo-Bundesligakämpfer der Leistungsstützpunkte Berlin, Frankfurt/ Oder und Potsdam nahmen an den Untersuchungen teil. Als Einschlusskriterien galten Einsätze in der 1. Judo-Bundesliga, eine Trainingshäufigkeit von mindestens 14 Trainingseinheiten pro Woche sowie nationale und internationale Wettkämpfe der Männer bzw. Männer U20. Als Ausschlusskriterien wurden aktuelle Beeinträchtigungen des Bewegungsapparates definiert.

Die prospektive Interventionsstudie wurde im Prä-Post-Design und mit einer in Experimental- (N = 7) und Kontrollgruppe (N = 8) geteilten Stichprobe durchgeführt. Der insgesamt achtwöchige Untersuchungsverlauf beinhaltete eine Vorbereitungsphase, eine Eingangsmessung, eine dezentrale Interventionsphase über vier Wochen (Training, Dokumentation des Trainingsumfangs und der -intensität), eine Abschlussmessung und Auswertungsphase im Rahmen der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung zur Europameisterschaft der Männer in Wien.



Zur Erfassung der Anrisskraft wurde das Armkraftzugerät *JERGo*® eingesetzt. Im Rahmen der untersuchungsrelevanten Leistungsdiagnostik folgten 3 Tests im Abstand von je 30 s mit je einer Ausführung der Zielübung, bei dem die Versuchspersonen instruiert wurden, maximal mit der von ihnen gewählten Technik (Stand-Kuzushi / Wurf) am *JERGo*® zu agieren. Den Probanden der Interventionsgruppe wurde ein individuelles Trainingsprogramm ausgehändigt, das zusätzlich zum üblichen Trainingsplan durchgeführt wurde. Die vierwöchige Trainingsphase mit zwei zusätzlichen Übungseinheiten pro Woche begann orts- und athletenabhängig  $\leq 7$  Tage nach der Eingangsmessung. Die Athleten der Kontrollgruppe erhielten keine Intervention, sondern sollten uneingeschränkt weiter trainieren. Analog zur Ausgangsmessung wurde die Abschlussmessung zur Evaluation möglicher Leistungsoptimierungen der Anrissbewegung am *JERGo*®-Testsystem durchgeführt.

In Ergänzung zu den kinematischen und dynamometrischen Messverfahren wurden elektromyographische Messungen durchgeführt. Die EMG-Analyse wurde in der Eingangs- sowie zur Ausgangsmessung eingesetzt. Um eine optimale Bewegungsfreiheit zu gewährleisten, kam ein telemetrisches 12-Kanal-EMG-Messsystem (Noraxon®, USA) zum Einsatz. Mittels sEMG-Messung (Surface Electromyography) wurden die Aktivierungsmuster von vier leistungsbestimmenden Muskeln (M. brachioradialis, M. biceps brachii, M. erector spinae pars lumbalis und M. rectus femoris; bilaterale Ableitung) erfasst.

## Ergebnisse

Die am *JERGo*® ermittelte mechanische Charakteristik der rechten und linken Anrissbewegung ergab eine mit der Theorie übereinstimmende technische Differenzierung des Zugarmes sowie des Hub-Schubarmes im Wurfverlauf. Die beiden Phasen Kuzushi (Gleichgewichtsstörung) und Kake (Wurfausführung) wurden als  $F_{\max}$ -Phasen und der Wurfansatz (Tsukuri) als deutliche Leistungsreserve (Kraftabfall) ermittelt. Bezogen auf den Gewichtsklassenvergleich (60-100 kg) sind keine proportionalen Ergebnisse feststellbar. Anhand der probandenspezifischen Wurftechniken (Seoi-nage, Tai-otoshi) konnten ein typisches Anrissmuster für den Seoi-nage und zwei technikübergreifende Muster analysiert werden, die sich durch den Kräfteinsatz in den Wurfphasen (Kuzushi, Tsukuri und Kake) und in der Betonung des Zug- und Hub-Schubarm-Einsatzes unterscheiden.

Bezogen auf das phasenorientierte Anrisstraining (Intervention) weisen die Ergebnisse der Interventionsgruppe zwar keine signifikanten Effekte auf, jedoch mehrheitlich eine mechanisch wirksamere Anrissbewegung. Die vergleichende Analyse der Bewegungsprofile der Prä- und Postmessung hat eine erkennbare technische Änderung des Armeinsatzes und eine insgesamt höhere mechanische Zweckmäßigkeit der Kraftübertragung auf das *JERGo*® bei den Versuchspersonen nach der Intervention ergeben. In der Kuzushi-Phase wird von den Probanden der Interventionsgruppe auch in der Ausgangsmessung eine vergleichsweise hohe Zeitdauer bis zum Erreichen des Kraftmaximums benötigt, jedoch ist das  $F_{\max}$ -Niveau beim Zugarm und Hub-Schubarm im Durchschnitt zwischen 7-12 % gestiegen, so dass ein deutlich höherer Explosivkraft- und Schnellkraftindex erzielt wurde. Die Teilnehmer der Intervention führten in der Abschlussmessung das Kuzushi mit dem Hub-

Schubarm betonter aus, so dass die Auszugslänge bei gleicher Zeitdauer und das  $F_{\max}$  um 12 % sowie der Kraftstoß um 13 % zunahm. In der Postmessung sind für den Zugarm ebenfalls reduzierte maximale Bewegungsgeschwindigkeiten und zur Ausgangsmessung eine vergleichbare Leistung [W] feststellbar, während ein veränderter Hub-Schubarm-Einsatz zu höheren Geschwindigkeitsmaxima (6 %) und einer höheren Leistung (29 %) führt. Die Entwicklung des Zugarmes ist insofern differenziert zu bewerten, da erst die kombinatorische Anwendung des Zugarmes und Hub-Schubarmes eine latero-ventralen KSP-Verlagerung Ukes in die Falllinie (Kippebene Frontal) bewirken und folglich eine Leistungssteigerung des Zug- und Hub-Schubarmes (Gesamtimpuls) Ziel der Intervention waren. Insgesamt ist jedoch der mechanische Utilisierungsgrad der Versuchspersonen der Interventionsgruppe in der Kuzushi-Phase als geringfügig höher im Anschluss an die Intervention zu bewerten, da der am Uke befindliche Hub-Schubarm deutlich stärker agiert und somit eine effizientere Hochentlastung erfolgt, während der Zugarm durchschnittlich eine höhere Kraft auf einem kürzerem Weg erzeugt.

Die Ergebnisse der Oberflächenelektromyographie-Messungen (sEMG) deuten auf bewegungsspezifische neuromuskuläre Aktivitätsmuster hin. Im Vergleich zur Rumpf- und Beinmuskulatur wird die Armmuskulatur deutlich höher aktiviert und übernimmt somit einen großen Anteil an der Gesamtbewegung. Die gemessenen Muskeln des linken Zugarms werden höher und über eine längere Zeit aktiviert als die Muskulatur des rechten Arms (Hub-Schubarm). Der Aktivierungsverlauf des M. erector spinae pars lumbalis und des M. rectus femoris zeigt, dass die Drehbewegung während des Kuzushi in der Linksauflage über die rechte Körperseite erfolgt. Während der Wurftechniken zeigten sich zwischen dem Zugarm und Hub-Schubarm Unterschiede im mittleren Aktivitätsverlauf und im integrierten sEMG. Die Muskelaktivitäten bestätigen damit die Kraftverläufe des Zug- und Hub-Schubarmes.

## Diskussion

Die Ergebnisse (JERGo<sup>®</sup>) weisen eindeutig auf die sportartspezifische Anforderung einer getrennten Objektivierung und Auswertung der rechten und linken Anrissbewegung in den drei Wurfphasen (Kuzushi, Tsukuri, Kake) hin. Der Zugarm und der Hub-Schubarm werden in den  $F_{\max}$ -Phasen (Kuzushi, Kake) von den Spitzenathleten differenziert eingesetzt, so dass die Anrissbewegung insgesamt als ein entscheidender Wirksamkeitsfaktor der individuellen Leistungsfähigkeit bestätigt werden konnte. Die Annahme von Leistungsreserven bei der Ausführung einer Wurftechnik am JERGo<sup>®</sup> und damit einen entsprechenden Optimierungsbedarf bei Spitzenathleten im Judo konnte ebenso belegt werden. Die Ergebnisse der Interventionsstudie weisen zwar für die Interventionsgruppe in der Postmessung keine statistisch gesicherten Leistungssteigerungen durch das zusätzliche Training auf, jedoch konnte eine mechanisch zweckmäßigere Anrissbewegung nachgewiesen werden, die inhaltlich den Interventionsschwerpunkten und dem Modell der Anrissbewegung zugeordnet werden kann. Mit dem JERGo<sup>®</sup> steht jetzt ein komplexer biomechanischer Messplatz zur Analyse judospezifischer Technik zur Verfügung, der darüber hinaus als Trainingsgerät eingesetzt werden kann. Für eine adäquate Trainingsplanung und -steuerung wäre es sinnvoll, in einem folgenden Schritt praktisch



umsetzbare Referenzwerte (Parameter, Kurvenverläufe) für die Leistungsdiagnostik, sowie überprüfte Trainingsprogramme zur zielgerichteten Ansteuerung dieser Referenzwerte zu ermitteln.

## Literatur

- Heinisch, H.-D. (2009). *Olympiazzyklusanalyse 2004 bis 2008 (Optimierung leistungsunterstützender Maßnahmen in der Sportart Judo)*. IAT. Ergebnisbericht.
- Möller, S., Kittel, R., Krüger, T. & Wick, D. (2008): Analyse und Optimierung angriffsspezifischer Technikelemente – individuelle Bewegungsprofile im Judo. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft*, Heft 1/2008. S. 72- 82.
- Nowoisky, H. (1997). Zur biomechanischen Analyse und Kraftdiagnostik von Kampftechniken in den Olympischen Zweikampfsportarten. In U. Mosebach (Hrsg.), *Judo – Wurf und Fall. Beiträge zur Theorie und Praxis der Kampfsport Judo* (S. 144-161). Schorndorf: Hofmann.

## **Entwicklung eines energetisch orientierten Anforderungsprofils im Eiskunstlaufen** (AZ 070706/10)

Mario Hermsdorf<sup>1</sup>, Sabine Spiegel<sup>2</sup>, Karin Knoll<sup>3</sup>, Andreas Ehrig<sup>3</sup>  
& Ulrich Hartmann (Projektleiter)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universität Leipzig, Institut für Bewegungs- und Trainingswissenschaft der  
Sportarten II, Sportwissenschaftliche Fakultät

<sup>2</sup>Olympiastützpunkt Berlin

<sup>3</sup>Institut für Angewandte Trainingswissenschaft e. V. Leipzig

### **Problem**

Das im Jahr 2005 eingeführte neue Wertungssystem der International Skating Union (ISU) zieht erhebliche Konsequenzen für den Wettkampf und verschiedene Bereiche des Trainings im Eiskunstlaufen nach sich (Knoll & Kretschmer, 2009). Demnach ist die Bewertung der Kürpräsentation umso höher zu bewerten, je später im Verlauf der vierminütigen Kür der Schwierigkeitsgrad der jeweiligen Elemente präsentiert wird. Daher ist die Forderung zu erheben, auch in der zweiten Hälfte der Kürpräsentation eine möglichst stabile Technik auf hohem motorischem Niveau zu präsentieren. Für die physische Leistungsfähigkeit ergibt sich als Folge die Forderung eines möglichst hohen konditionellen Niveaus.

Im Hinblick auf die Leistungsstruktur im Eiskunstlaufen finden sich teilweise immer noch alte Zahlen über die Aufteilung der drei Energiebereitstellungswege (Dal Monte, 1983 in Bompa, 1999). In Anlehnung an Keul (1975) beziffern sich die Anteile der Energiebereitstellung für ein Zeitfenster im Bereich einer fünfminütigen Kür auf ca. 20 % aerob, ca. 10-30 % anaerob laktazid und ca. 60-80 % anaerob alaktazid.

Diese Fakten sind und waren der Deutschen Eiskunstlauf-Union (DEU) bekannt und sie sah zwischen den aktuellen Forderungen und dem vorhandenen Können und Wissen eine große Lücke. Aus diesem Grund wurde auf Bitten der DEU dieses Forschungsprojekt in enger Kooperation mit dem Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT) und dem Olympiastützpunkt Berlin (OSP-Berlin) durchgeführt.

Die Ziele und Absichten des Forschungsprojekts waren

1. die Überarbeitung der physiologischen/stoffwechelorientierten Kenngrößen im Eiskunstlaufen,
2. die Erhebung des aktuellen physiologischen Status Quo bei Kaderathleten bzw. -athletinnen mittels Laborleistungsdiagnostik,
3. die Erhebung physischer Belastungskomponenten mittels Gasstoffwechsel, Nachbelastungslaktatkonzentration und Herzfrequenz bei tatsächlichen Eiskunstlaufbelastungen (Kürbelastungen),
4. die qualitative Bewertung der Sprünge und Sprungkombinationen mittels biomechanischer Parameter.

## Methode

Die Bestimmung des Gasstoffwechsels bzw. der maximalen Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2,max}$ ) im Labor erfolgte im Rahmen der Durchführung eines Vita Max Tests auf einem Laufband. Zur Ermittlung des Ausdauerleistungsniveaus wurde ein submaximaler Stufentest mit Spirometrie im Labor durchgeführt. Die maximale individuelle Laktatbildungsrate wurde mittels supramaximaler Leistung über einen 70-m-Sprint abgeschätzt. Die Bewegungsqualität der Sprünge und Sprungkombinationen als wettkampfrelevantes Außenkriterium wurde über eine 3D-Videoanalyse bestimmt und anhand von biomechanischen Parametern und Technikkriterien objektiviert. Bei einer Kür auf dem Eis als Wettkampfsimulation wurden der Gasstoffwechsel, das Laktat, die Herzfrequenz und die Laufwege und Geschwindigkeiten erfasst.

## Messequipment & Datenerfassung

Letzteres erfolgte über einzelne Streckenabschnitte einer Eiskunstlaufkür mittels des Local Position Measurement (LPM) Systems der Firma InMotio (Niederlande), welches in der Eisschnelllaufhalle in Berlin installiert ist. Die Genauigkeit, mit der die Position der Sportlerinnen und Sportler bestimmt wird ( $\pm 5$  cm), wird durch eine Erfassungsfrequenz von bis zu 1.000 Hz erreicht. Die Daten werden rechnergestützt gespeichert und dann für die weitere Analyse aufbereitet.

Zur Erfassung des Gasstoffwechsels während der gesamten Kürbelastung diente ein portables telemetrisches Spirometriesystem MetaMax 3B der Fa. Cortex Biophysik GmbH (Deutschland). Zudem erfolgte vor, während und nach den Kürbelastungen eine Aufzeichnung der jeweiligen Herzfrequenz; unmittelbar vor Beginn der jeweiligen Kür und im Anschluss an die jeweiligen Belastungen fand die Erhebung der Blutlaktatkonzentration nach bekanntem Schema (Mader et al., 1976) statt. Die Analyse der Flug- und Stützzeiten erfolgte mit einer Bild-Zeit-Analyse aus digitalisierten Videoaufnahmen (Knoll, 2007).

Die biomechanischen Analysen der Sprünge basieren auf 3D-Analysen mit zwei synchronisierten Kameras (DV-Camcorder Panasonic, Aufnahme Frequenz 50 Hz). Die Körperpunkterfassung mittels Software „Mess3D“ (Institut für Angewandte Trainingswissenschaft) gestattet zoom- und schwenkbare Aufnahmen, wie sie auf der 30 x 60 m Eisbahn in der Kür notwendig sind.

## Probanden

Für die Untersuchungen standen fünf männliche und sechs weibliche Eiskunstläufer (B-, C- und D/C-Kader) zur Verfügung. Alter, Größe und Gewicht sind der Tab. 1 zu entnehmen.

Tab. 1. *Alter, Größe und Gewicht der Probanden (Mw.  $\pm$  SD)*

	Gesamt	weibliche Probanden	männliche Probanden
N	11	6	5
Alter [Jahre]	16,4 $\pm$ 2,5	15,8 $\pm$ 1,5	17,1 $\pm$ 3,4
Größe [cm]	164,5 $\pm$ 6,9	161,0 $\pm$ 2,2	168,7 $\pm$ 8,5
Gewicht [kg]	56,9 $\pm$ 7,5	54,5 $\pm$ 5,9	59,7 $\pm$ 9,0

## Kalkulation & Bestimmung des individuellen Stoffwechselumsatzes

Basierend auf den individuellen leistungsdiagnostischen Befunden bzw. metabolischen Gegebenheiten können in Anlehnung an Beneke et al. (2002), Ciba-Geigy (1985), di Prampero (1981), di Prampero und Ferretti (1999), Knuttgen, (1970), Margaria et al. (1933), Margaria und Edwards (1934), Roberts und Morton (1978) und Stegemann (1991) die drei Anteile der Energiebereitstellung berechnet werden.

## Ergebnisse

In Folge werden exemplarisch die Ergebnisse eines Labortests und der Kür dargestellt. Dabei erreichte der Proband bei dem Vita-Max-Test auf dem Laufband und bei der Kür die aus Tab. 2 ersichtlichen Werte. In Abb. 1 sind der Verlauf der Parameter Herzfrequenz (HF), Geschwindigkeit (v), Atemminutenvolumen (VE) und Sauerstoffaufnahme ( $VO_2$ ) während der Kür dargestellt.

Tab. 2. Maximal erreichte Werte für den Vita-Max-Test und für die Kür des Probanden 2

	Vita-Max-Test	Kür
Laktat [mmol/l]	11,5	11,4
t [min:s]	04:17	04:10
HF [1/min]	201	200
VE [l/min]	104,5	114,1
$VO_2$ [l/min]	3,61	3,73
rel. $VO_2$ [ml/min/kg]	62,3	64,3

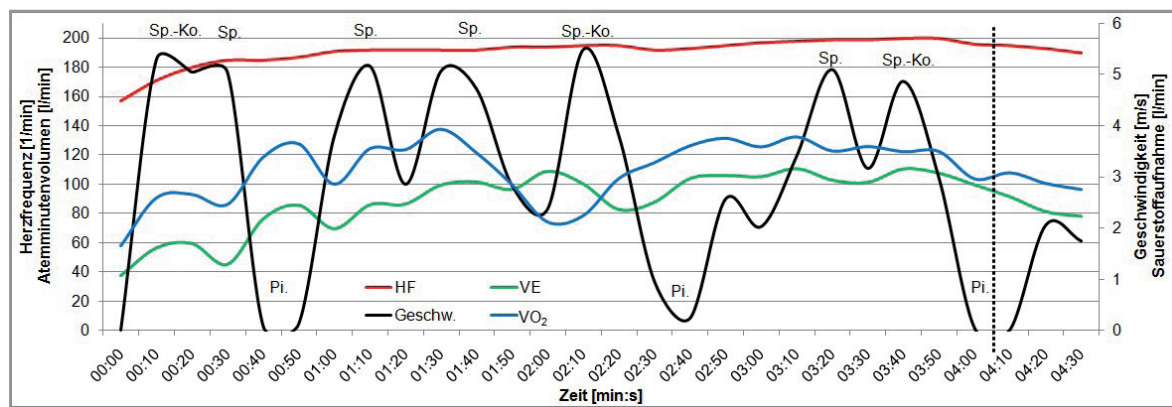


Abb. 1. Gemittelte Werte für die Herzfrequenz (HF), Geschwindigkeit (v), Atemminutenvolumen (VE) und Sauerstoffaufnahme ( $VO_2$ ) während der Kür, Proband 2 (Sp.: Sprung; Sp.-Ko.: Sprungkombination; Pi.: Pirouette)

Die über die Videoanalyse generierten Ergebnisse für die Abfluggeschwindigkeit, Steighöhe, Flugzeit und Kniewinkelverlauf für diesen Probanden zeigen relativ konstante Werte beim Vergleich der ersten Hälfte der Kür zur zweiten.

In Tab. 3 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen einzelner Parameter im Vita-Max-Test im Vergleich zur Kürpräsentation aller Probandinnen und Probanden ersichtlich.

Tab. 3. *Maximal erreichte Werte (Mw.  $\pm$  SD) für den Vita-Max-Test und für die Kür im Vergleich (N = 5)*

	Vita-Max-Test			Kür		
Laktat [mmol/l]	10,1	$\pm$	3,1	9,7	$\pm$	2,5
t [min:s]	03:41	$\pm$	00:38	03:46	$\pm$	00:15
HF [1/min]	198,0	$\pm$	4,1	194,0	$\pm$	7,7
VE [l/min]	99,1	$\pm$	13,1	98,6	$\pm$	13,9
VO <sub>2</sub> [l/min]	3,19	$\pm$	0,68	3,21	$\pm$	0,69
rel. VO <sub>2</sub> [ml/min/kg]	58,3	$\pm$	6,1	59,0	$\pm$	7,4

Unter Zugrundelegung der unter 2.3 aufgeführten Berechnungsmodalitäten können die jeweiligen Anteile der Energiebereitstellungsmechanismen wie folgt quantifiziert werden:

aerobe Energieanteil:  $W_{AER} = 180,4 \pm 58,4$  kJ    74,1  $\pm$  5,1 %

anaerob-laktazider Energieanteil:  $W_{BLC} = 28,4 \pm 10,9$  kJ    11,6  $\pm$  2,9 %

anaerob-alaktazider Energieanteil:  $W_{PCR} = 33,0 \pm 6,9$  kJ    14,3  $\pm$  3,6 %.

Dies ergibt einen Anteil von ca. 70-80 % für den aeroben Energieanteil, ca. 8-14 % für den anaerob-laktazider Anteil und ca. 11-18 % für den anaerob-alaktazider Teil.

Die biomechanische Auswertung über die 3D-Videoanalyse zeigt, dass sich die Sprünge der zweiten Kürhälfte tendenziell von der ersten unterscheiden, bspw. verringern sich die Abfluggeschwindigkeiten und Flugzeiten in der zweiten Kürhälfte.

## Diskussion

Die Ergebnisse des Projektes zeigen zunächst deutlich, dass sich die Probandinnen bzw. Probanden während der Kür (Wettkampfsimulation) erheblich bis nahezu vollständig ausbelasten müssen. Dies wird anhand den erreichten Sauerstoffaufnahmen und Herzfrequenzen im Vergleich zu den Laboruntersuchungen ersichtlich. Bei fast allen Testpersonen weisen die entsprechenden Bezugsparameter bereits in der ersten Hälfte der Kür nahezu maximale Werte auf, eine Erholung im weiteren Verlauf der Kür ist – wie vielfach angenommen – nicht zu verzeichnen. Inwiefern dies am Küraufbau oder an den konditionellen Fähigkeiten der Athletinnen und Athleten lag, müsste durch weitere Untersuchungen versucht werden zu klären.

Auffällig sind die Mittelwerte der Sauerstoffaufnahme (absolute sowie relative) der Kür im Vergleich zum Vita-Max-Test. Diese sind in der Kür gering höher als die, die über einen spezifischen Test für die Ermittlung der maximalen Sauerstoffaufnahme gemessen wurden. An der Stelle kann nur vermutet werden, dass nicht alle Testper-

sonen bei dem Vita-Max-Test, welcher auf einem Laufband stattfand, ihre maximale Sauerstoffaufnahme erreichen konnten. Dies ist denkbar, z. B. bei einem Abbruch auf Grund von koordinativen Problemen mit der hohen Laufgeschwindigkeit. Des Weiteren könnte die Spezifik der Belastung beim Vita-Max-Test im Vergleich zur Kür ausschlaggebend sein. Es ist nicht unmittelbar dieselbe Bewegung wie die beim Eislaufen. Letzteres wurde bereits über Jahre intensiv trainiert und somit motorisch auf einem sehr hohen Niveau automatisiert.

In der Einzelauswertung ist nur eine Probandin mit den folgenden Werten für die Sauerstoffaufnahme auffällig: Vita-Max-Test 2,4 l/min; Kür 2,9 l/min. Auf Grund der geringen Probandenzahl beeinflussen diese Werte den Mittelwert umso stärker.

Weiter konnte deutlich gezeigt werden, dass während einer Kür der aerobe Energieanteil wesentlich größer ist als bisher angenommen (Dal Monte, 1983 in Bompa, 1999). Mit einem 70-80 %-Anteil nimmt er den größten Part der Energiebereitstellung ein. Die anaerobe Energiebereitstellung kommt auf ca. 20-30 %. Somit spielt der oxidative/aerobe Part der Energiebereitstellung (und somit die sog. Ausdauer) eine wesentlich bedeutsamere Rolle als bisher angenommen. Besonders unter Berücksichtigung des seit 2005 geltenden Bewertungssystems spielt dieses Faktum für die Bedeutung der aeroben Leistungsfähigkeit bzw. Ausdauer eine entscheidende Rolle mit weitreichenden Konsequenzen.

Weitere Untersuchungen bei Wettkampfsimulationen und im Training sind notwendig, um die energetischen Einflüsse von einzelnen Sprüngen und anderen Elementen zu untersuchen und eine entsprechende Einordnung vornehmen zu können. Denkbar ist auch, dann einen energetisch individuellen und optimalen Küraufbau zu erarbeiten bzw. Normtabellen für die jeweils physiologisch orientierten leistungsrelevanten Rahmenbedingungen von Eiskunstläuferinnen und -läufern zu entwickeln bzw. diese individuell zu modifizieren.



## Literatur

- Beneke, R., Pollmann, C., Bleif, I., Leithäuser, R. M. & Hütler, M. (2002). How anaerobic is the Wingate anaerobic test for humans? *European journal of applied physiology*, 87, 388-392.
- Bompa, T. O. (1999). *Periodization: Theory and methodology of training*. 4th Ed. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Ciba-Geigy (1985). *Wissenschaftliche Tabellen Geigy. Teilband Körperflüssigkeiten*. (Scientific tables Geigy, Volume body fluids). Ciba-Geigy, Basel, 225-228.
- Dal Monte (1983). *The functional values of sport*. Firenze: Sansoni.
- di Prampero, P. E. (1981). Energetics of muscular exercise. *Reviews of physiology, biochemistry and pharmacology*, 89, 143-222.
- di Prampero, P. E. & Ferretti, G. (1999). The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. *Respiration physiology*, 118, 103-115.
- Keul, J. (1975). Die Bedeutung des aeroben und anaeroben Leistungsvermögens für Mittel- und Langstreckenläufer(innen). *Lehre der Leichtathletik 17&18*, pp 593-632.
- Knoll, K. (2007). Stabilität von Dreifach-Dreifach-Sprungkombinationen im Eiskunstlaufen. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft*, 14 (2), 98-112.
- Knoll, K. & Kretschmer, A. (2009). *Weltmeisterschaften im Eiskunstlaufen*. Forschungsbericht. Leipzig: IAT.
- Knuttgen, H. G. (1970). Oxygen debt after submaximal exercise. *Journal of applied physiology*, 29, 651-657.
- Mader, A., Liesen, H., Heck, H., Philippi, H., Rost, R., Schürch, P. & Hollmann, W. (1976). Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt Sportmedizin*, 27, 80-88, 109-112.
- Margaria, R., Edwards, H. T. & Dill, D. B. (1933). The possible mechanisms of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. *American journal of physiology*, 106, 689-715.
- Margaria, R. & Edwards, H. T. (1934). The removal of lactic acid from the body during recovery from muscular exercise. *American journal of physiology*, 107, 681-686.
- Roberts, A. D. & Morton, A. R. (1978). Total and alactic oxygen debts after supramaximal work. *European journal of applied physiology*, 38, 281-289.
- Stegemann, J. (1991). *Leistungsphysiologie. Physiologische Grundlagen der Arbeit und des Sports (Physiological basics of exercise)*. Stuttgart: Thieme.



---

## **Wettkampfanalyse im Beachvolleyball mittels Positionsdaten**

(AZ 070708/10)

Daniel Link (Projektleiter), Thore Haag, Christina Rau & Martin Lames

Technische Universität München, Lehrstuhl für Trainingswissenschaft und  
Sportinformatik

### **Motivation**

Zur Vorbereitung der A-Kaderathleten bzw. -athletinnen entsendet der Deutsche Volleyball Verband (DVV) regelmäßig Spielbeobachter (Scouts) auf internationale Turniere, die Videoaufnahmen der Weltspitze im Wettkampfgeschehen anfertigen und innerhalb des deutschen Trainerstabes verteilen. Eine Schwierigkeit ist die softwaregestützte Vorstrukturierung dieser Videos nach speziellen Spielsituationen (z. B. Annahmequalität, Anlaufrichtung, Schlagrichtung oder Abwehrkonstellation). Diese Klassifikation ist zum einen für die zielgerichtete Qualitative Analyse des Videomaterials wichtig, zum anderen lassen sich zeitnah Statistiken generieren, die erste Hinweise über Auffälligkeiten einzelner Spieler bzw. Spielerinnen liefern.

In diesem Projekt wurde ein Spielbeobachtungsverfahren entwickelt, bei dem Ballwechsel nach ihren räumlich-zeitlichen Strukturen mittels Positionsdaten klassifiziert werden. Durch die Erfassung relativ weniger charakteristischer Positionen der Spielenden und des Balls können nicht nur eine ganze Reihe von Spielsituationen flexibel identifiziert werden, sondern es ist auch zu erwarten, dass sich die Positionsdaten automatisiert erheben lassen und so eine Vorstrukturierung erheblich schneller möglich ist.

### **Methodik**

Die zeitlich-räumliche Konstellation beim Angriffsaufbau wurde mit Hilfe von sieben Positionen (siehe Abb. 1) abgebildet, deren erstmalige Erfassung und Analyse Gegenstand des Projekts war:

- Position A: Angreifer beim ersten Ballkontakt ( $t_0$ )
- Position B: Zuspieler beim Ballkontakt Zuspiel ( $t_1$ )
- Position C: Angreifer beim Ballkontakt Zuspiel ( $t_1$ )
- Position D: Angreifer beim Absprung ( $t_2$ )
- Position E: Blockspieler beim Absprung des Angreifers ( $t_2$ )
- Position F: Abwehrspieler beim Absprung des Angreifers ( $t_2$ )
- Position G: Abwehrspieler beim Ballkontakt des Angreifers ( $t_3$ )

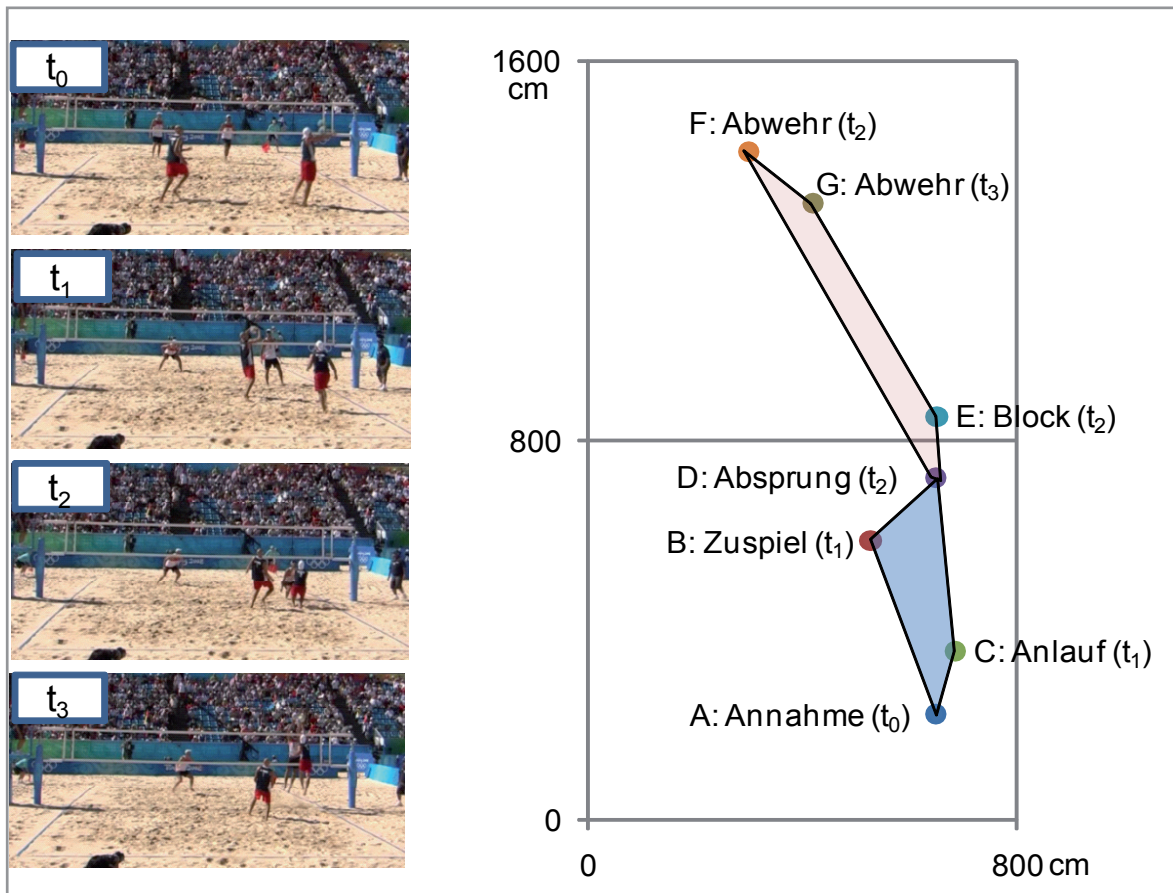


Abb. 1. Charakterisierung der räumlich-zeitlichen Konstellation eines Ballwechsels über 7 Positionen (A-G). Die Positionen bilden zwei Vierecke mittels derer sich der K1 (A, B, C, D; blau) und der K2 (D, E, F, G; rot) potentiell klassifizieren lassen. In Klammern der Zeitpunkt, zu dem diese gemessen werden ( $t_0$ : Annahme,  $t_1$ : Zuspiel,  $t_2$ : Absprung,  $t_3$ : Ballkontakt Angriffsschlag)

Die 7er-Tupel sind sowohl von theoretischer als auch von praktischer Bedeutung. Aus der Sicht der theoretischen Leistungsdiagnostik handelt es sich um eine Modellierung, mit der das prozessuale und interaktive Geschehen in einem höchst leistungs- und erfolgsrelevanten Bereich erfasst wird. Zwar liegt ein recht hoher Abstraktionsgrad vor, so sieht man beispielsweise von der jeweiligen Annahme- und Zuspieltechnik ab, da man unterstellt, dass die wesentlichen Informationen in den resultierenden Positionsdaten stecken. Andererseits haben die jeweiligen Positionen, ihre Relationen untereinander und abgeleitete Parameter starke praktisch-semantische Gehalte (z. B. Lateralität der Annahme, Anlaufdynamik und -richtung, Zuspielwinkel, Schlagoptionen, Täuschungsaktionen des Abwehrspielers bzw. der -spielerin), die es sehr wohl erlauben, den Kern des Geschehens abzubilden.

Aus Sicht der praktischen Leistungsdiagnostik, also für den konkreten Einsatz mit Athletinnen und Athleten in Wettkämpfen, kann dieser Art Modellierung eine hohe Bedeutung bescheinigt werden. Für den Spitzenbereich ist dieser Ansatz bei der Suche nach teamspezifischen Regelmäßigkeiten von besonderem Interesse. Die

Analyse des K1 erfolgte über das durch die Positionen A, B, C und D gebildete Viereck in Zusammenschau mit den Positionen E und F. Es besteht die Erwartung, dass Angreifende in ähnlichen räumlichen Spielkonstellationen – insbesondere in kritischen Spielsituationen – ähnliche Lösungen präferieren. Die Positionsdaten sollen verwendet werden, um Spielzüge zu klassifizieren und in Zusammenschau mit den weiteren Daten (Angriffserfolg, Richtung, Schlagtechnik, Spielstand) Stereotypen bei Spielerinnen und Spielern zu identifizieren.

## Ergebnisse

Exemplarisch für die Anwendung des Verfahrens soll hier eine Analyse des Teams Dallhauser/Rogers (USA) auf den OS 2008 und der WM 2009 dargestellt werden. Dallhauser/Rogers sind Olympiasieger 2008 und konnten auf dem Weg zum Weltmeistertitel 2009 von Brink/Reckermann (GER) im Halbfinale bezwungen werden. Voraussichtlich wird dieses Team ein wesentlicher Konkurrent für die nächsten Jahre, insbesondere im Hinblick auf die OS 2012, sein.

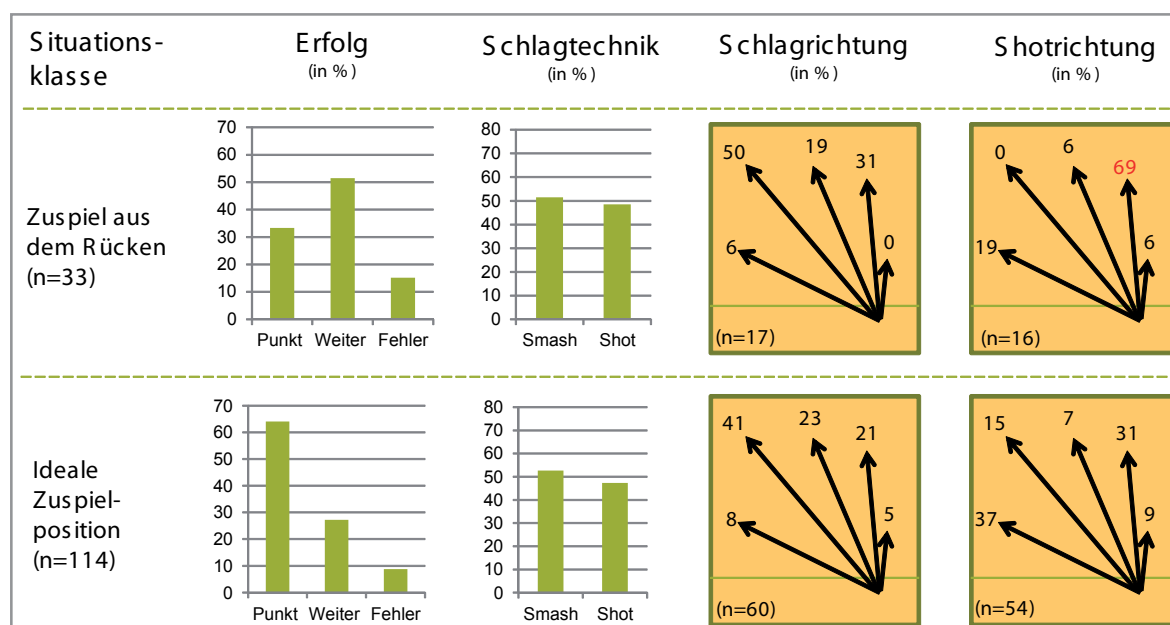


Abb. 2. Vergleich der Erfolgsquoten und Angriffstypen im Vergleich zwischen der Spielsituation „Zuspiel aus dem Rücken“ und „ideale Zuspielposition“. Die Stichprobe besteht aus Spielzügen über den Spieler Rogers (USA) im Sideout von der rechten Spielfeldseite. Auffällige Unterschiede sind die niedrige Erfolgsquote und die Tendenz zu Longline-Shots beim Zuspiel aus dem Rücken.

Abb. 2 zeigt beispielsweise ein typisches Spielerprofil (Todd Rogers, USA), bei dem deutlich wird, dass sich das Angriffsverhalten im Falle eines Zuspiels aus dem Rücken deutlich ändert. In diesem Fall ist es für den Angreifenden deutlich schwieriger einen Punkt erzielen, da er den von schräg hinten anfliegenden Ball rechtzeitig fixieren muss und Bewegungen des Gegners nach diesem Zeitpunkt schlechter wahrnehmen kann. Darüber hinaus ist der Schlag technisch schwieriger. Rogers

zeigte dementsprechend in diesen Fällen eine deutlich geringere Erfolgsquote. Insbesondere konnten viele Bälle (52 %) vom Gegner weitergespielt werden.

Ebenfalls lassen sich Rückschlüsse auf die Handlungspräferenzen von Rogers in dieser Situation wie folgt ziehen: Rogers zeigt in Bezug auf das Verhältnis von hart geschlagenen Bällen zu Shots keine Verhaltensunterschiede. Auch bei der Richtung der hart geschlagenen Bälle ist kein wesentlicher Unterschied festzustellen. Lediglich auf extrem diagonal oder longline geschlagene Bälle verzichtet er hier – wahrscheinlich weil ein solcher Schlag aus dieser Situation besonders riskant ist. Bemerkenswert hingegen ist die Veränderung der Schlagrichtung bei Shots: hier spielt Rogers einen deutlich höheren Anteil der Bälle longline (69 %), während er in allen anderen Situationen die Bälle recht gleichmäßig longline und diagonal verteilt. Einem potentiellen Gegner könnte also geraten werden, in Situationen, in denen Rogers einen Ball aus dem Rücken gestellt bekommt, auf einen Shot longline zu spekulieren.

## Diskussion

Das Projekt zeigte, dass mit Hilfe von Positionsdaten Spielzüge im Beachvolleyball nach leistungsdiagnostisch relevanten Kriterien klassifiziert werden können. Der wesentliche Vorteil – der sicherlich auf andere Sportarten übertragbar ist – besteht darin, dass sich potentiell zum einen die Zeit für die Spielanalyse wesentlich verringert (durch die zukünftige Erfassung von Positionsdaten über Tablett-PCs sowie automatische Bilderkennungsverfahren) und zum anderen neue Auswertungsoptionen geschaffen werden. Diese Klassifizierung von Ballwechseln nach ihren räumlich/zeitlichen Strukturen ist somit die „Eintrittskarte“ in eine teilautomatisierte Spielbeobachtung.

## Literatur

- Ahmann, J. (2009). *Anwendung neuer Paradigmen in der systematischen Spielbeobachtung im Beach-Volleyball*. Unveröffentlichte Studienarbeit zur Erlangung des Diplomtrainers. Trainerakademie Köln. Köln
- Link, D., Ahmann, J., Haag, T., Rau, Ch. & Lames, M. (2010). Leistungsdiagnostik im Beachvolleyball auf Basis von Positionsdaten. In B. Strauß, B. Halberschmidt & J. Schorer (Hrsg.), *Höchstleistung in den Sportspielen. Vom Talent zur Expertise. Abstractband* (S. 47). Münster.
- Link, D. & Lames, M. (submitted). Classification of Rallies in Beachvolleyball using Position Data. International Conference on Computer Science in Sport, Shanghai 2011.

---

## **Entwicklung eines Messplatzes zur Technikdiagnostik im Volleyball** (AZ 070802/08)

Claas H. Kuhlmann<sup>1</sup> (Projektleiter), Falk Zaumseil<sup>2</sup>, Karen Roemer<sup>3</sup>  
& Thomas L. Milani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Technische Universität Dortmund, Leibniz-Institut für Arbeitsforschung  
(früher: Technische Universität Chemnitz, Institut für Sportwissenschaft)

<sup>2</sup> Technische Universität Chemnitz, Institut für Sportwissenschaft

<sup>3</sup> Michigan Technological University, USA, Department of Kinesiology and  
Integrative Physiology  
(früher: Technische Universität Chemnitz, Institut für Sportwissenschaft)

### **Problem**

Der Angriff im Volleyball stellt innerhalb der Verteilung der Punktelemente das mit Abstand punkträchtigste Spielelement dar und liegt bei den Medaillengewinnern der zurückliegenden WM 2006 bei den Herren zwischen 59 % und 65 %. Gegenüber der WM 2002 ist der Anteil nach einem Rückgang der Eigenfehlerquote um 3 % weiter angestiegen.

Der durchschnittliche Punktanteil der Elemente Block (10 %) und Aufschlag (4 %) ist deutlich geringer als der durchschnittliche Punktanteil des Angriffs und des Anteils „Fehler Gegner“ (25 %). Eine Analyse der Angriffsverteilung am Netz hebt die Bedeutung der Angriffsposition 4 hervor, auf welcher der Hauptanteil aller Angriffe abgeschlossen wird. Im Seniorenbereich liegt er bei ca. 30-40 %. Brasilien spielte im Jahr 2006 als Weltmeister 35 % aller Angriffe über diese Position. Im Nachwuchsbereich kann der Anteil bis zu 50 % betragen. Die iranische Mannschaft als Jugendweltmeister 2007 vollzog 43 % aller Angriffe auf Position 4. Aus trainingsmethodischer Sicht sind daher alle Angriffe auf Position 4 bei ausgewählten Passarten von besonderem Interesse (Kuhlmann et al., 2008).

Wie vorangegangene interne Untersuchungen zeigten, ist die Bewegungsanalyse der Wettkampfbewegung mit sehr hohem Aufwand verbunden. Hierbei handelt es sich um personellen und zeitlichen Aufwand, da das Digitalisieren und das anschließende Auswerten der Daten nur manuell erfolgen kann. Aus diesem Grund ist der Zeitraum von der Aufnahme zur Technikanalyse bis zur Weitergabe der Ergebnisse an die verantwortlichen Trainer bzw. Trainerinnen sehr lang. Für die Praxis ist dieser Zeitaufwand nicht hinnehmbar. Es muss daher nach Alternativen gesucht werden, mit denen der Zeitaufwand reduziert werden kann. Dies ist bei Laboruntersuchungen der Fall. Hier kann auf Messsysteme zurückgegriffen werden, die von sich aus leichter auszuwerten sind, und es können bestimmte Auswertevorgänge mit Hilfe von zu entwickelnden Auswerteroutinen automatisiert werden. Dies lässt den Schluss zu, dass Zeit- und Personalaufwand deutlich reduziert werden könnten.



Wagner und Krug (1998) postulierten bereits vor über 10 Jahren, dass computer-gestütztes Training mit modernen Messplätzen in fast allen Sportarten zu einem unverzichtbaren Trainingsmittel werden. Sie begründen dies mit dem Vorteil, dass computergestützte Messplätze gegenüber traditionellem Videoeinsatz den Vorteil des gezielten individuellen Feedbacks ermöglichen.

Entsprechend ist es das Ziel der vorliegenden Projektarbeit, einen Messplatz zu entwickeln, der in relativ kurzer Zeit eine Rückmeldung über die technische Ausführung des Angriffsschlags im Volleyball ermöglicht. Hierdurch erhalten die verantwortlichen Trainer bzw. Trainerinnen die Möglichkeit, gezielt die Bewegungsausführung ihrer Sportler und Sportlerinnen zu schulen und die technischen Defizite zu verbessern. Mit Hilfe des Messplatzes soll es ermöglicht werden, technische Parameter zu erkennen und darzustellen, die mit bloßem Auge nicht mehr erkennbar sind, die aber trotzdem hohe Relevanz für eine erfolgreiche Bewegungsausführung haben.

## **Methode**

In verschiedenen Aufnahmesets wurden bis zu zehn digitale High-Speed Kameras (3 x Basler (Typ A602fc-2), 1 x Vosskühler (Typ HCC-1000) bzw. 8 x Basler, 2 x Vosskühler) jeweils mit einer Aufnahme Frequenz von 100 Hz verwendet, die rund um das Spielfeld während verschiedener Spiele in der Europaliga positioniert waren. Das genaue Wettkampfsetup ist u. a. bei Kuhlmann et al. (2008) beschrieben. Die Kameras wurden mit 16 Markern mit bekannten 3D-Koordinaten kalibriert. Es wurde eine Systemgenauigkeit von  $9.9 \pm 7.7$  mm (x-Richtung);  $4.7 \pm 1.4$  mm (y-Richtung);  $8.3 \pm 4.4$  mm (z-Richtung) ermittelt. In einem Laborversuch wurde die Genauigkeit der Winkelberechnung von SIMI Motion überprüft. Ein konstruierter Winkel von exakt  $90^\circ$  wurde von der Bewegungsanalysesoftware SIMI Motion über einen definierten Zeitraum berechnet und mit den realen Werten verglichen. SIMI gab für diesen Winkel bei einer Bildfrequenz von 100 Hz  $89,44 \pm 0,19^\circ$  an. Durch die Wettkampfanalyse konnte ein aktuelles Bild der Technik im internationalen Spitzenvolleyball ermittelt werden, da die Angriffstechnik der Außenangreifer von 4 verschiedenen Nationalmannschaften analysiert wurde.

Anschließend an die Wettkampfanalyse wurde ein Laborsetup erstellt, welches die in der Wettkampfuntersuchung bestimmten leistungsrelevanten Parameter (siehe hierzu u. a.: Roemer, Kuhlmann & Milani, 2008; Kuhlmann, Roemer & Milani, 2009) erfassen und darstellen kann.

## **Ergebnisse und Diskussion**

Als Ergebnis dieses Projektes sollte ein Messplatz vorliegen, der leistungsrelevante Parameter, die vorab bestimmt worden waren, erheben und darstellen kann. Wichtig war der Praxisbezug, also eine schnelle Rückmeldung. Bisher benötigten 3D-Analysen für den Angriffsschlag durch den hohen Aufwand der manuellen Digitalisierung der Bewegung sehr viel Zeit. Dies stand in keinem Verhältnis zum Nutzen. Mit Hilfe des Messplatzes sollte sowohl eine Möglichkeit geschaffen werden, Parameter zu erkennen als auch ein zeitnahes Feedback zu gewährleisten.

Hierzu wurde ein 12-Kamera-Viconsetup (MX3) gewählt. Das System wurde mit der Software NEXUS verwendet. Für die Software gab es im Verlauf des Projektes immer wieder Updates, so dass in diesem Rahmen keine bestimmte Version benannt werden soll. Das Labor wurde mit einem 44 mm dicken mobilen Schwingboden (Fa. Speed-Lock) ausgelegt. Unter dem Schwingboden befand sich eine entkoppelte Kraftmessplatte (Kistler, 60 x 90 cm). Der die Kraftmessplatte bedeckende Teil des Schwingbodens war ebenfalls entkoppelt. Im Labor wurde ein Volleyballnetz genutzt, welches in allen Belangen (Fadenstärke, Maschengröße, Abmaß, Netzantennen, etc.) dem Reglement der FIBA entsprach. Die Netzbreite wurde an die Laborbedingungen angepasst. Für die Tests wurde der offizielle FIVB Spielball verwendet (Mikasa, MVP200 color). Dieser hatte einen Umfang von 66 cm und ein Gewicht von 273 Gramm. Damit entsprach der Ball den offiziellen Wettkampfbestimmungen. Der Balldruck wurde im Rahmen der Messungen kontrolliert und konstant gehalten, um mögliche Einflüsse des Sportgerätes auf die Bewegung zu minimieren. Der Ball wurde mit mehreren selbstklebenden, quadratischen Reflektorfolien versehen, die als Markersatz dienten. Diese Reflektoren wurden durch VICON erkannt. Somit war gewährleistet, dass die Ballkinematik durch VICON aufgenommen werden und ggf. ausgewertet werden konnte. Die Versuchspersonen wurden mit 39 reflektierenden Markern nach dem „Plug-In-Gait-Modell“ (VICON) versehen. Um die zuvor bestimmten Parameter zu erfassen und auswerten zu können, waren folgende Datensätze notwendig:

- Markerposition → Datensatz enthält x-y-z Koordinaten aller 39 Marker + zusätzlich die Marker des Balls,
- Körperschwerpunkt (KSP) → Datensatz enthält die x-y-z Koordinaten des Körperschwerpunkts (der KSP wurde durch VICON aufgrund des Plug-in Gait Models errechnet),
- Winkeldaten → Datensatz enthält die x-y-z Winkeldaten von den Gelenken (Sprunggelenk, Kniegelenk, Hüftgelenk, Ellbogengelenk, Handgelenk),
- Kraftmessplatte → Datensatz enthält die Kraftdaten der Bodenreaktionskraft in x-y-z Richtung.

Um diese Datensätze zu exportieren und weiter verarbeiten zu können, wurde ein Script zur Automatisierung entwickelt. Mit Hilfe dieses Scripts wurden die aus Nexus exportierten Daten in die MATLAB-ähnliche Entwickleroberfläche „R-Project“ eingelesen. Auch hier wurde ein Script entwickelt, um die Parameter automatisiert berechnen und auswerten zu können.

Mit Hilfe des Messplatzes können die Ergebnisse der Technikdiagnostik nun bereits nach ca. einem Tag vorliegen. Bisher war eine Ergebnispräsentation aufgrund des hohen Aufwandes mit SIMI-Motion erst nach mehreren Wochen möglich. Entsprechend kann nun diese Technikdiagnostik in das laufende Techniktraining im Nachwuchssport eingebunden werden.



## Literatur

- Kuhlmann, C. H., Roemer, K. & Milani, T. L. (2009). Elite outside hitters in volleyball do not meet their individual possible maximum impact height in high spike jumps. *Proceedings of the XXVII Conference of the International Society of Biomechanics in Sports (ISBS)*, 2009, Limerick, Ireland.
- Roemer, K., Kuhlmann, C. H. & Milani, T. L. (2008). Investigation of Shoulder Kinematics in Volleyball Spikes. *Proceedings of the XXVI Conference of the International Society of Biomechanics in Sports (ISBS)*, 2008, Seoul, Korea.
- Wagner, K. & Krug, J. (1998). Meßplätze und computergestütztes Training – Stand und Entwicklungsanspruch. In J. Mester & J. Perl (Hrsg.), *Informatik und Sport*. Köln: Sport und Buch Strauß.

---

# Informationstechnologische Unterstützung für eine optimierte Trainingssteuerung im Gruppentraining von Nachwuchsradsportlern (AZ 070801/09)

Thomas Jaitner (Projektleiter)<sup>1,2</sup>, Thomas Bang<sup>2</sup> & Konstantin Gensow<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität Dortmund, <sup>2</sup>Technische Universität Kaiserslautern

## Problem

Im Nachwuchstraining des Bund Deutscher Radfahrer (BDR) ist das Gruppentraining das bevorzugte Trainingsmittel für die Entwicklung der Grundlagenausdauer. Laut Rahmentrainingsplan sollen Gruppen- und Einzeltraining in diesem Altersbereich in einem Verhältnis von 70 % zu 30 % stehen (BDR, 2002). Gegenüber dem Einzeltraining hängt beim Gruppentraining die Leistung, die der einzelne Fahrer bzw. die einzelne Fahrerin aufbringen muss, von der Position innerhalb der Gruppe ab. Im Windschatten kann die bei gleicher Geschwindigkeit zu erbringende Leistung bis zu 38 % geringer sein, wodurch sich dementsprechend auch die kardiovaskuläre und metabolische Beanspruchung reduziert (Neumann, 2000). Damit auch in der Gruppe ein möglichst optimales Training orientiert an den individuellen Trainingsvorgaben jedes Athleten bzw. jeder Athletin realisiert werden kann, muss daher die Geschwindigkeit und Formation der Gruppe, die Position jedes Einzelnen innerhalb der Gruppe sowie insbesondere die Wechselreihenfolge den Trainingszielen und dem Leistungszustand angepasst werden (u. a. Lindner, 2005). Insbesondere im Nachwuchstraining stellen die oft heterogenen Leitungsvoraussetzungen eine besondere Herausforderung für die Trainingssteuerung dar. In der Trainingspraxis werden die Steuerungsparameter von den Trainerinnen und Trainern anhand ihrer Erfahrungen subjektiv festgelegt und orientieren sich oft primär an Rahmenbedingungen wie Anzahl der Fahrenden, Straßenzustand und Witterungsbedingungen. Gesicherte empirische Erkenntnisse z. B. über optimale Gruppengrößen für das Grundlagenausdauertraining liegen bislang nicht vor.

Mit dem beantragten Forschungsprojekt sollen Möglichkeiten zur Optimierung des Gruppentrainings im Nachwuchsradsport mit Hilfe von Informationstechnologen untersucht werden. In dem hier beschriebenen ersten Teilprojekt lag der Fokus zunächst darauf, die Auswirkungen unterschiedlicher Gruppengrößen auf die Trainingsbeanspruchung im Grundlagentraining zu untersuchen.

## Methode

Zwölf Nachwuchsradsportler im Alter von 17 bis 19 Jahren führten in unterschiedlichen Gruppengrößen (3, 6 und 9 Fahrer) mehrere Trainingseinheiten im Grundlagenausdauerbereich auf einer Radrennbahn durch. Alle Sportler waren Mitglied eines Bundes- bzw. Landeskaders und verfügten über mehrjährige Trainingserfahrung im Leistungssport. Die Trainingsvorgaben wurden auf der Basis eines Stu-

festests festgelegt, den jeder Proband unmittelbar vor der Trainingsphase gemäß den Vorgaben des BDR (2002) absolvierte.

Während der Trainingsphase wurden in jeder Trainingseinheit Herzfrequenz, Leistung, Geschwindigkeit und Trittfrequenz sowie die Führungslängen jedes Probanden erfasst. Die Erhebung der Führungslängen dient dabei primär zur Kontrolle der Trainingsvorgaben. Die Aufzeichnung der Daten erfolgte mittels Leistungsmesssysteme der Hersteller ergomo© und SRM©. Insgesamt wurden 33 verwendbare Trainingseinheiten ausgewertet.

## Ergebnisse

Wird die Trainingsintensität orientiert am Führenden im oberen Bereich der Grundlagenausdauer (G) 1 festgelegt, zeigt sich bei den untersuchten Nachwuchsradsportlern, dass bei einer Gruppengröße von 3 Radsportlern etwa 54 % der Trainingsbeanspruchung im Zielbereich (G1) liegt und ca. 38 % des Trainings mit Beanspruchungen unterhalb des G1-Bereichs durchgeführt wird. Bei einer Gruppengröße von 6 Sportlern verschieben sich diese Anteile auf 36 % G1 und 61 % unterhalb G1. Bei einer 9er-Gruppe liegt der Anteil der Beanspruchung im G1-Bereich bei weniger als einem Viertel.

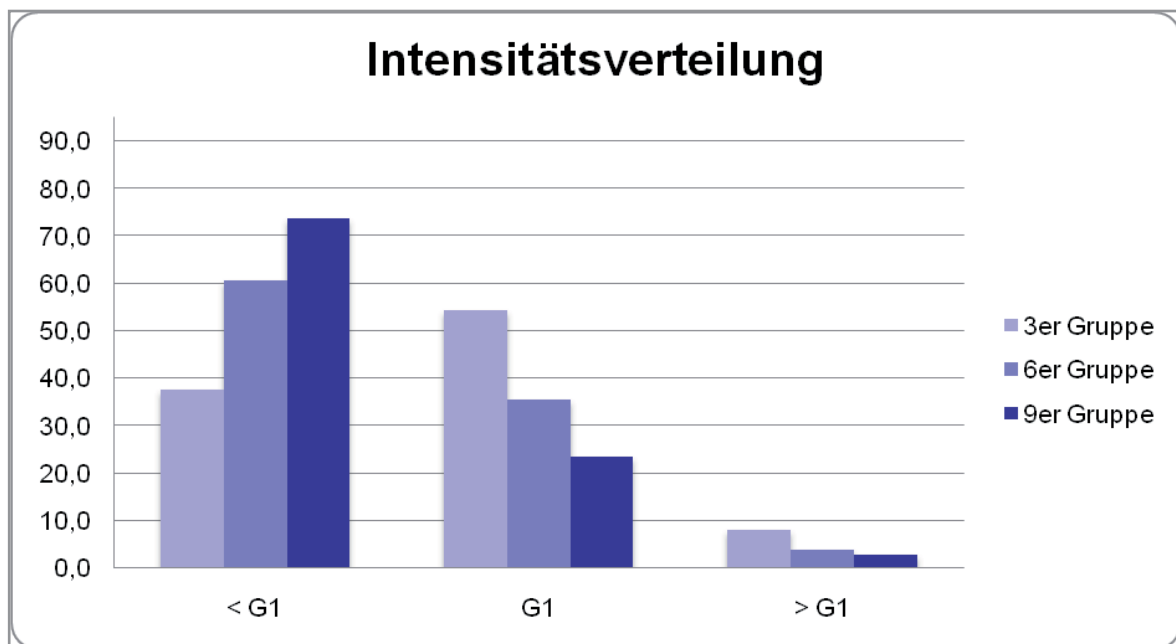


Abb 1. Mittlere Intensitätsverteilung der Trainingsbeanspruchung bei einer typischen Führungsbelastung (entspricht dem oberem G1-Bereich)

## Diskussion

Anhand der Ergebnisse des Teilprojektes lassen sich unmittelbar Rückschlüsse ableiten, die zu einer Effektivierung des Gruppentrainings im Nachwuchsbereich beitragen können. Dabei zeigt sich zunächst, dass auch bei einer submaximalen Belastung im Grundlagenausdauerbereich der Windschatteneffekt bereits so starke Auswirkungen zeigt, dass bereits bei kleinen Gruppengrößen nur etwa 62 % der Trainingsbeanspruchungen in einem Bereich liegen, der funktionale Adaptationen erwarten lässt. Dieser Anteil nimmt mit zunehmender Gruppengröße deutlich ab. Modellrechnungen zeigen aber auch, dass eine etwa 10 % Erhöhungen der Trainingsbelastung während der Führung in den G1/G2-Übergangsbereich den Anteil der Trainingsbeanspruchung im G1-Bereich um bis zu 20 % erhöhen kann. Dieser Effekt ergibt sich insbesondere für die größeren Gruppen.

Basierend auf diesen Ergebnissen sollen in der zweiten Projektphase Potenziale informationstechnologischer Unterstützung im Nachwuchsleistungssport untersucht und ein Trainingssteuerungssystem für das Gruppentraining (Jaitner & Trapp, 2008) evaluiert werden. Dieses System soll anschließend routinemäßig im Gruppentraining des Nachwuchsleistungssports eingesetzt werden und die Leistungsentwicklung junger Radsportler nachhaltig unterstützen. Dabei besteht ein möglicher besonderer Vorteil darin, dass aufgrund der hohen Adaptivität und Flexibilität des Systems unterschiedliche Komponenten z. B. Radcomputer und Leistungsmesssysteme unterschiedlicher Hersteller mit geringem Aufwand integriert und zusammen genutzt werden können oder in Abhängigkeit der vorhandenen Geräte eine Trainingssteuerung auf der Basis eingeschränkter bzw. unterschiedlicher Parameter (z. B. nur Herzfrequenz und Geschwindigkeit) erfolgen kann.

## Literatur

- BDR (2002). NachwuchsprogrammEjournal. Zugriff am 3.3.2011 unter [www.radnet.de](http://www.radnet.de).
- Jaitner, T. & Trapp, M. (2008). An Ambient Intelligence System to support Team Training in Cycling. *E-Journal Bewegung und Training*, 2, S. 66-72.
- Lindner, W. (2005). Radsporttraining: Methodische Erkenntnisse, Trainingsgestaltung, Leistungsdiagnostik. München: blv.
- Neumann, G. (2000). Physiologische Grundlagen des Radsports. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 169-175.



## **Dynamische Analyse der Sitzposition im Radsport** (AZ 070803/09)

Andreas Bruch, Lorenz Assländer, Jennifer Schuster, Pablo Merk  
& Björn Stapelfeldt (Projektleiter)

Universität Freiburg, Institut für Sport und Sportwissenschaft,  
Abteilung Sportmotorik

### **Einleitung**

Neben der körperlichen Leistungsfähigkeit des Sportlers bzw. der Sportlerin kommt im Radsport dem möglichst effizienten Einsatz der körperlichen Ressourcen eine hohe Bedeutung zu. Ziele sind hier v. a. die Belastungen auf Gelenke und Bewegungsapparat zu minimieren, aber trotzdem das individuelle Maximum an Leistung zu erreichen. Um diese Ziele zu erreichen, werden veränderbare Parameter des Rades auf die individuelle Anthropometrie des Sportlers bzw. der Sportlerin abgestimmt und an persönliche Voraussetzungen und Bedürfnisse angepasst.

Im Radsport stellt die Sitzposition eine veränderbare Größe dar, die entscheidendes Optimierungs-Potential bietet. Die Sitzposition ist durch die räumliche Anordnung von Sattel, Lenker und Tretlager festgelegt und grenzt die biomechanischen Rahmenbedingungen für die Pedalierbewegung des Fahrers/der FahrerIn ein. Die Einnahme einer zur Anthropometrie des Fahrers bzw. der FahrerIn passenden Sitzposition kann direkte Leistungssteigerungen durch eine effiziente Kraftübertragung mit sich bringen und dabei Fehlbelastungen und langfristige Schädigungen des Bewegungsapparates vermeiden. Eine nicht zum Fahrer bzw. zur FahrerIn passende Sitzposition hingegen kann abgesehen von Leistungseinbußen auch zu Überlastungsverletzungen und ernsthaften Schäden am Bewegungsapparat führen.

Bisherige wissenschaftliche Studien zu diesem Thema betrachteten vorwiegend die Auswirkungen von veränderten Sattelhöhen während der Pedalierbewegung. Dabei wurden allerdings meist nur einzelne Parameter wie Gelenkwinkel, Pedalkräfte und Muskelaktivität genauer analysiert (Gonzalez et al., 1989; Kautz et al., 1991; Stapelfeldt, 2001; Bruder, 2006; Dorell et al., 2009). Zur Auswirkung von Veränderungen der Sitzposition auf Gelenkmomente liegen noch wenige Publikationen vor (Gregor, 1985; Wangerin, 2007).

Das Radlabor Freiburg hat auf Basis einer Studie (BISP VF070807/07) den Zusammenhang zwischen Körper- und Positionsmaßen im Radsport erstmals wissenschaftlich belegt. Hierbei wurde eine Formel entwickelt, auf deren Grundlage individuelle Sitzpositionsempfehlungen für den Fahrer bzw. die FahrerIn gegeben werden (Frey, 2005).

Ausgehend von dieser Grundposition (im Folgenden Nullposition genannt) werden im Rahmen der vorliegenden Studie die Auswirkungen horizontal sowie vertikal veränderter Sitzpositionen unter dynamischen Bedingungen untersucht. Dafür wurden im Zeitraum von Oktober bis November 2009 in Zusammenarbeit mit dem Sportinstitut der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg Messungen an 14 Testpersonen im

Radlabor durchgeführt. Zusätzlich zu den oben genannten, bereits in anderen Studien angewandte Messmethoden (Kinematik, Pedalkraftmessung, EMG) wird die Inverse Dynamik als weiteres Mittel zur Analyse der Sitzposition hinzugezogen.

Ziel ist es, die Veränderungen der Messwerte bei unterschiedlicher Sitzposition darzustellen und biomechanisch zu erklären. Weiterhin werden auftretende Probleme aufgezeigt, sowie mögliche Ansätze zur Optimierung der Standardeinstellung diskutiert.

## Methoden

Als Testpersonen für die Studie dienten 14 erfahrene Radsportler, überwiegend Profis sowie einige Amateure auf sehr hohem Niveau aus den Bereichen Mountainbike (MTB), Straße und Triathlon. Die durchschnittlichen  $VO_2$ max-Werte belegen mit  $70 \pm 4$  ml/kg/min das hohe Niveau der Beteiligten.

Da die Änderungen der jeweiligen Sitzpositionen nicht relativ zur Körpergröße sondern absolut erfolgten, war es notwendig, dass alle Testpersonen über eine vergleichbare Körpergröße verfügten ( $179,65 \pm 2,27$  cm). Um durch Ermüdung bedingte Veränderungen im Trittmuster während der Testphasen zu minimieren, war eine Leistung von 250 Watt an der individuellen anaeroben Schwelle (iaS) Voraussetzung für die Probandengruppe. Abb. 1 zeigt den Messaufbau, der für den gesamten Studien-Ablauf identisch war.

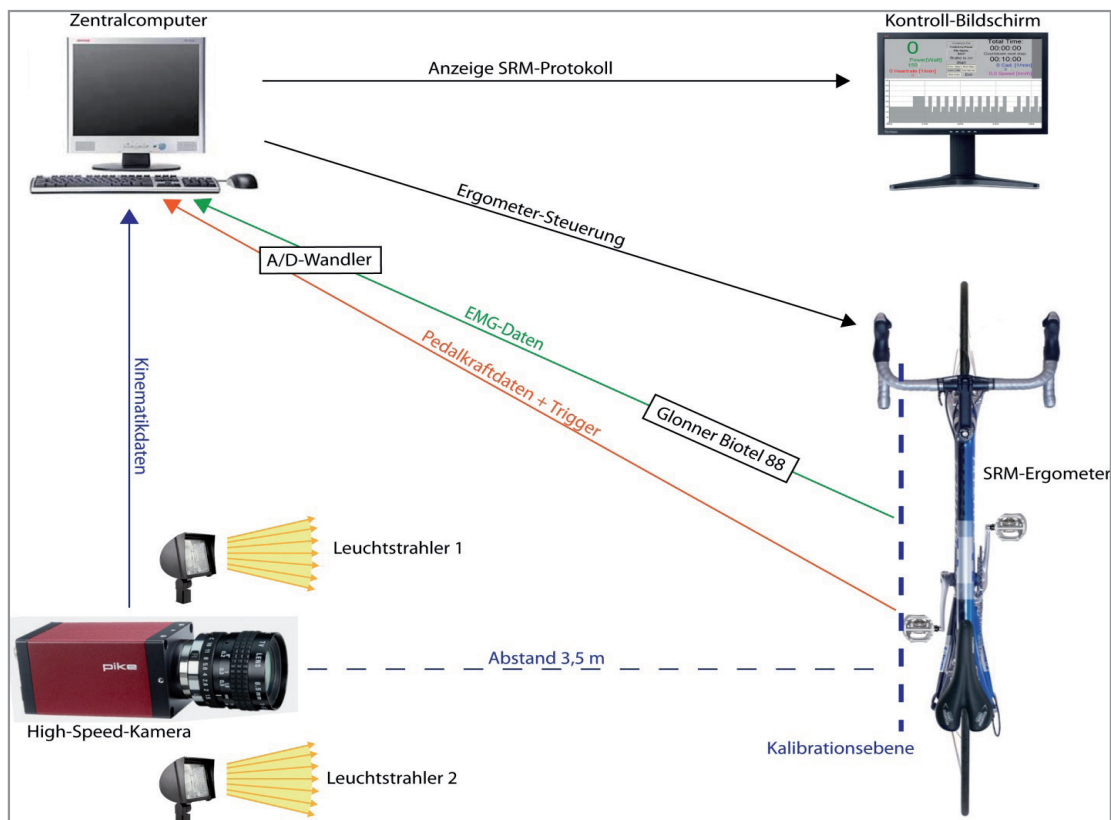


Abb. 1. Schematischer Messaufbau



Der Ablauf der Messungen erfolgte ebenfalls bei jeder Testperson identisch wie folgt: Nach einer Kalibrationsmessung wurden mit Hilfe des Radlabor Bike Scanners<sup>1</sup> die individuellen anthropometrischen Daten der Testpersonen sowie die Sitzpositions-Daten der Probanden-Räder ermittelt. Auf Grundlage der gemessenen Daten wurde anschließend eine Null-Position festgelegt und das randomisierte Messprotokoll erstellt. Abb. 2. zeigt das Messprotokoll des SRM-Ergometers.

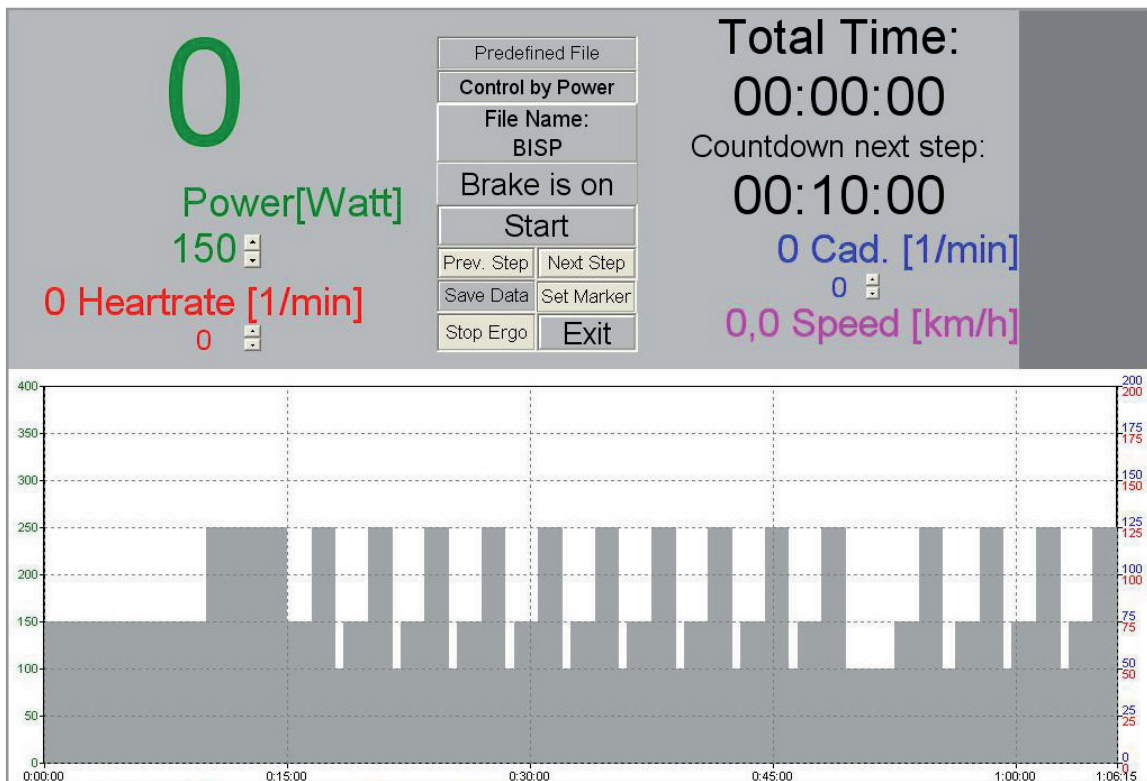


Abb. 2. SRM-Protokoll

Nach einer 15-minütigen „Warmfahrphase“ in der aktuellen Sitzposition der Testpersonen wurden folgende Veränderungen durchgeführt:

Die erste (Null1) und letzte (Null2) der insgesamt 10 Messungen mit Rennradlenker wurden in der Nullposition durchgeführt. Für die übrigen 8 Messungen wurde die Sattelhöhe in randomisierter Reihenfolge um jeweils 2,5 und 5 cm nach oben bzw. unten ( $SH \pm 2,5 / \pm 5$ ) sowie die Sattelposition um 4, 8 und 12 cm nach vorne ( $SP -4 / -8 / -12$ ) und 3 cm nach hinten ( $SP +3$ ) verstellt. Anschließend wurde ein Zeitfahr- lenker montiert und weitere 4 Aeropositionsmessungen aufgezeichnet. Ausgehend von einer ersten Messung in der Nullposition wurde der Sattel um 4, 8 und 12 cm nach vorne ( $AE-4 / -8 / -12$ ) verstellt.

Bei jeder der 14 Sitzpositionsstufen setzte sich die Fahrdauer aus einer Gewöhnungsphase von 90 sec bei einer Belastung von 150 Watt und einer Messphase von 90 sec bei 250 Watt zusammen. Innerhalb der Messphase wurde die Testperson zu einem festen ihm unbekanntem Zeitpunkt über 20 sec hinweg aufgenommen.

<sup>1</sup> Der Bike Scanner ist eine Eigenentwicklung des Radlabors und dient zur Laser-gestützten Messung individueller Anthropometrie-Daten sowie zur exakten Vermessung der Rad-Sitzposition.

## Ergebnisse

Die folgende Zusammenfassung greift aus der umfangreichen Menge der erhobenen Daten einige für die Fragestellung relevante Aspekte heraus. Einführend werden die Auswirkungen der Positionsveränderungen auf die Winkelverläufe dargestellt. Es folgt die Darstellung der entsprechenden Pedalkraftdaten. Beide Darstellungen werden sehr verkürzt wiedergegeben zu Gunsten der folgenden Berechnungen der Gelenkmomente, welche alle anderen Parameter mit einbeziehen. Aufgrund methodischer Probleme sind die Ergebnisse der EMG-Ableitungen noch nicht vollständig verfügbar und fließen daher nur ansatzweise in die Diskussion mit ein.

## Kinematik

Die Betrachtung der Gelenkwinkel kann hier nur sehr verkürzt erfolgen. Beachtet werden muss einfühend, dass die individuelle Varianz im Verlauf der Gelenkwinkel sehr groß ist. Exemplarisch werden im Folgenden die Auswirkungen von Veränderungen der Sattelhöhe auf den Sprunggelenkwinkel dargestellt.

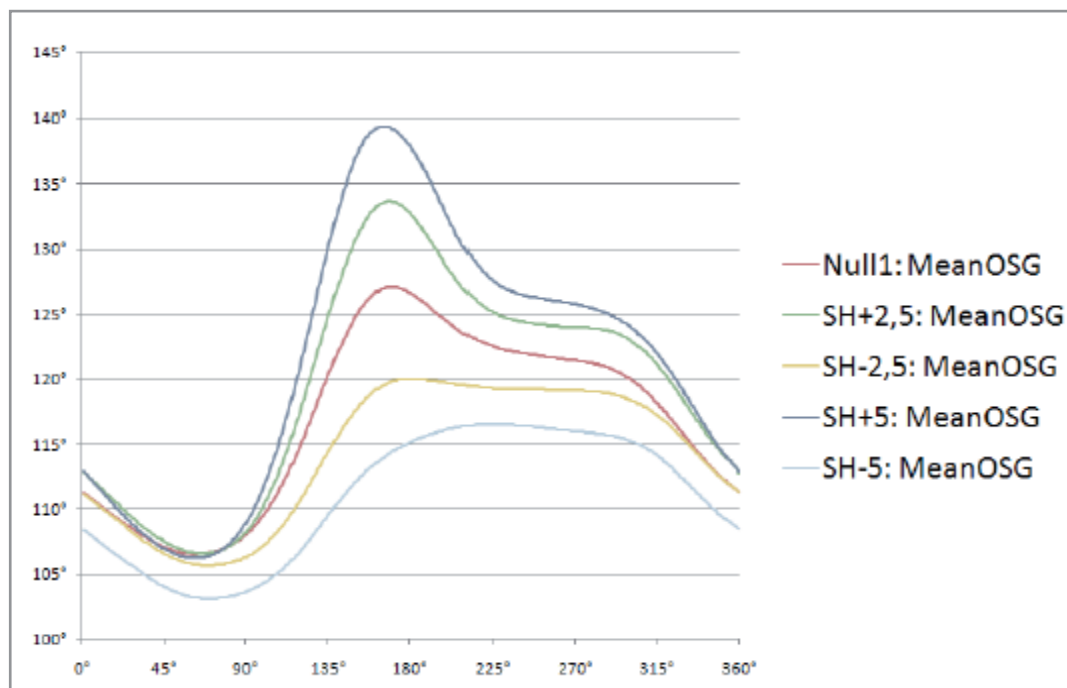


Abb. 3. Mittelwertkurven der Sprunggelenkwinkel bei Veränderungen der Sattelhöhe

Veränderungen der Sattelhöhe spiegeln sich in den gemessenen Sprunggelenkwinkeln wider. Bei einer gegenüber der Nullposition erhöhten Sattelposition erscheinen die entsprechenden Kurven nach oben verstärkt. Die Fußgelenkwinkel im oberen Totpunkt sind verglichen mit denen in Nullposition nur minimal größer. Die Kurven nähern sich über den Verlauf des ersten Sektors aneinander an und sind infolge dessen in der ersten Hälfte des zweiten Sektors sehr ähnlich. Im Gegensatz zu dieser Darstellung sind bei Veränderungen der Sattelposition keine systematischen Auswirkungen auf die Sprunggelenkwinkel zu beobachten.

## Pedalkräfte

Ähnlich der Darstellung der Ergebnisse der Winkelverläufe werden auch die Pedalkraftdaten hier nur ansatzweise dargestellt, um im anschließenden Kapitel alle drei Parameter im Kontext der Gelenkmomente zu betrachten und weiter auszuwerten. Der Fokus liegt hier auf der Darstellung der Einflüsse der Positionsveränderungen auf die effektive Kraft ( $F_e$ ), die tangential zum Kurbelkreis wirkt. Der Vergleich der Kraftkurven beider Nullmessungen zeigt keine signifikanten Unterschiede, so dass auch hier die auftretenden Veränderungen als Resultat der Positionsveränderungen interpretiert werden können. Abb. 4 zeigt exemplarische die muskuläre Komponente der effektiven Kraft ( $F_e$ ) bei Veränderungen der Sattelhöhe.

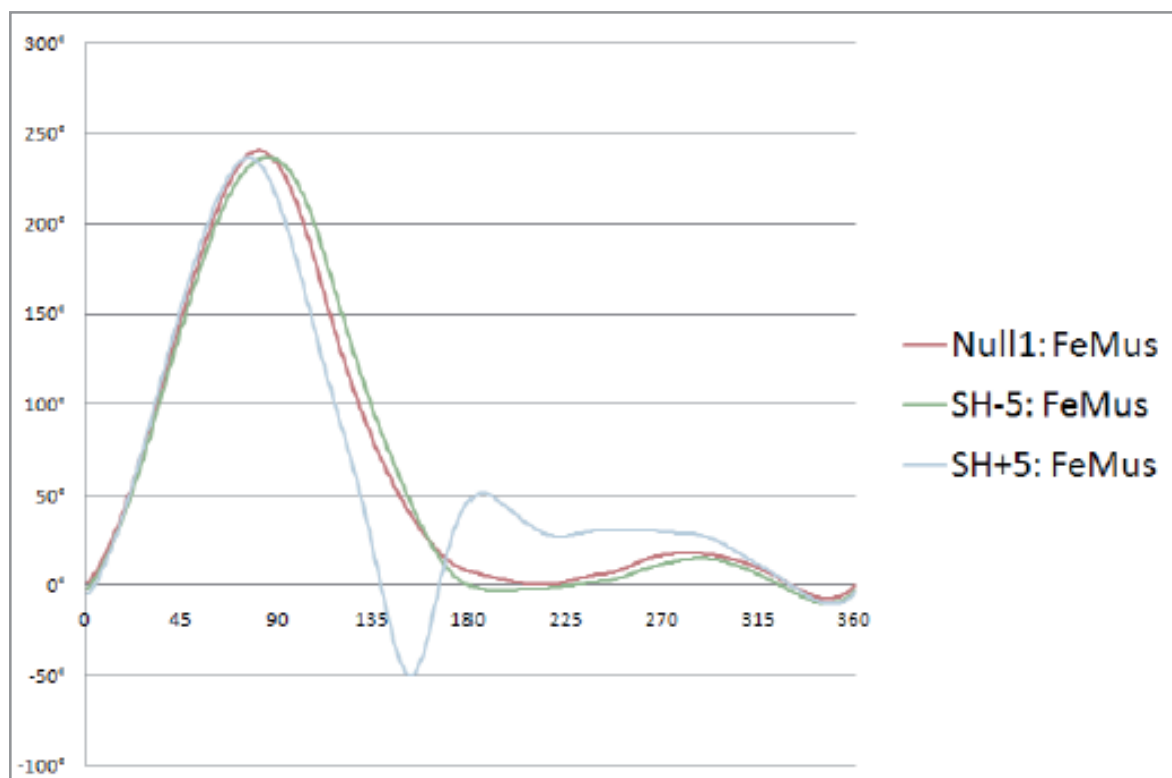


Abb. 4. Mittelwertkurven der muskulären Komponenten der effektiven Kraft  $F_e$  bei Veränderung der Sattelposition

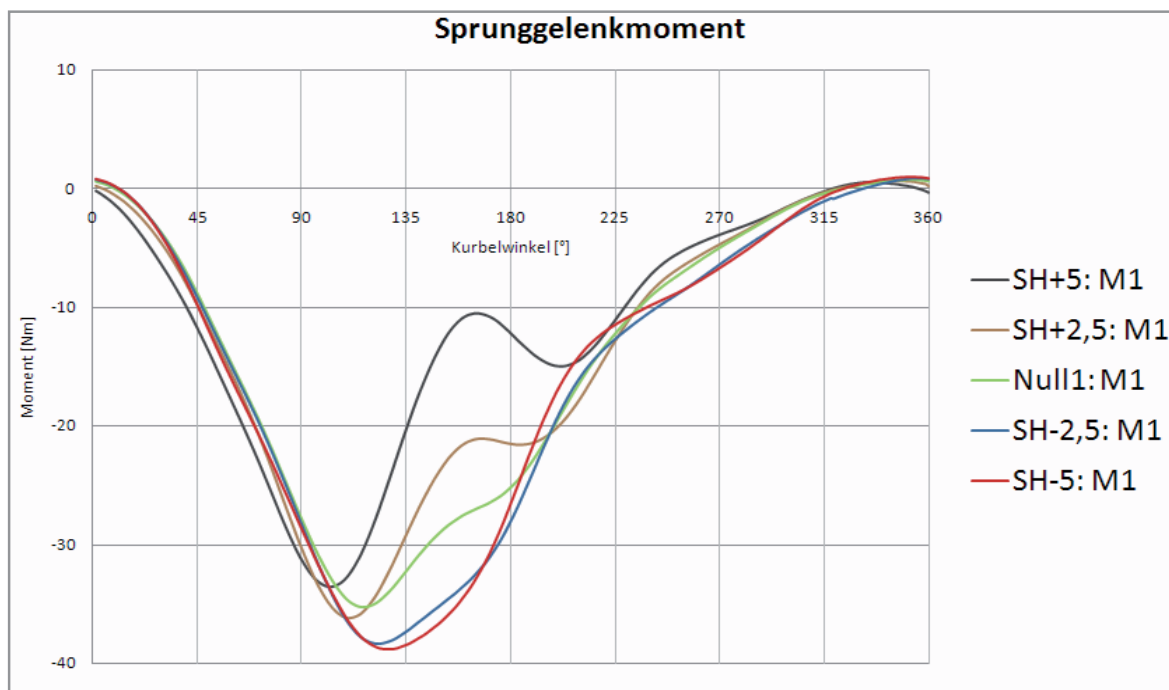
Während die Pedalkraftkurven der Messungen 0 und -5 relativ ähnlich verlaufen, fällt der ungewöhnliche Verlauf der Mittelwertkurve bei der um 5 cm erhöhten Sattelposition sofort ins Auge. Kurz vor Erreichen des unteren Totpunkts fällt die Kraftkurve ins Negative, um kurz nach 180° einen deutlich positiven Verlauf zu zeigen. Einen wichtigen Aspekt für die folgende Diskussion stellt der in Tab. 1 gezeigte biomechanische Wirkungsgrad dar.

Tab. 1. *Biomechanische Wirkungsgrade bei Veränderungen der Sattelhöhe*

	Sektor I	Sektor II	Sektor III	Sektor IV	Gesamt
Null1	0,72	0,90	0,27	-0,63	0,52
SH-2,5	0,70	0,89	0,27	-0,64	0,50
SH-5	0,69	0,89	0,29	-0,65	0,50
SH+2,5	0,69	0,92	0,31	-0,61	0,56
SH+5	0,73	0,92	0,55	-0,44	0,69

## Gelenkmomente

Einführend sind in Abb. 5 wiederum exemplarisch die über einen Kurbelzyklus berechneten Gelenkmomente des Fußgelenks bei Veränderungen der Sitzhöhe dargestellt. Negative Werte entsprechen einer Plantarflexion des Sprunggelenks,



positive Werte einer Dorsalextension.

Abb. 5. Mittelwertkurven der Sprunggelenkmomente bei Variation der Sattelhöhe  
 Insgesamt weisen die gewonnenen Ergebnisse über die Gelenkmomente bei Variation der Sitzposition keine durchgehend kontinuierlich abgestuften Veränderungen auf. Dennoch lassen sich eindeutige Trends festhalten, die durch die Verschiebung des Sattels hervorgerufen werden. So zeigt sich bei einer horizontalen Verschiebung, dass ein Vorverlagern des Sattels zu einer im Kurbelzyklus später ablauf-

fenden Koordination führt. Da der Fahrer hierbei auf einer Kreisbahn um das Tretlager in Vorwärtsrichtung bewegt wird, kann dies in einer virtuellen Verschiebung des Nullpunkts im Kurbelzyklus dargestellt werden. Wird der Sattel um einen definierten Wert nach vorne verschoben, so werden vor dem unteren Totpunkt gleiche Momentwerte erst bei einem dementsprechend größeren Kurbelwinkel erreicht. Vor allem im Sprunggelenk weisen die Veränderungen der Gelenkmomente einen annähernd linearen Zusammenhang zur Verschiebung des Sattels auf.

Ein vergleichbares Ergebnis ergibt sich bei der Auswertung der Aeropositionsmessungen. Auch hier ist der Trend der Rechtsverschiebung, jedoch insbesondere an Knie- und Hüftgelenk, erkennbar. Begründet durch einen höheren Wirkungsgrad und geringere Momentwerte im negativen Bereich kann auch hier die nach vorne verlagerte Extremposition als sinnvolle Alternative zur Standardaeroposition dienen. Grundsätzlich führt die Aeroposition jedoch zu einer weniger ökonomischen Tritttechnik und sollte nur Anwendung finden, wenn der geringere Strömungswiderstand wesentliche Vorteile mit sich bringt.

## Diskussion

Zielsetzung dieser Studie ist die dynamische Untersuchung der Auswirkungen von Veränderungen der Rad-Sitzposition auf den Fahrer bzw. die FahrerIn. Folgende Aspekte standen im Mittelpunkt der Studie: Die Winkelverläufe des Sprung-, Knie-, und Hüftgelenks, die Aktivität der für die Pedalierbewegung wichtigsten Muskeln der unteren Extremität, der Verlauf der Pedalkräfte, sowie die Gelenkmomente des Sprung-, Knie-, und Hüftgelenks. Diskutiert werden im Folgenden v. a. die Veränderungen der Gelenkmomente, da diese alle anderen gemessenen Parameter mit einbeziehen.

Grundsätzlich ist zu beachten, dass die berechneten Werte der Sprunggelenkmomente verglichen mit denen der Hüfte genauer sind. Grund hierfür ist, dass die berechneten Daten auf einem anatomischen Modell basieren. Für die Berechnung der Sprung- und Kniegelenkmomente werden hierbei weniger Annahmen getroffen, als für die Hüfte notwendig sind. Je weiter entfernt sich ein Gelenk von der Pedalachse befindet, umso mehr Modellparameter und Abschätzungen fließen demnach in die Berechnung ein. Durch die zusätzlich geringere interindividuelle Streuung der Sprunggelenkdaten innerhalb einer Sitzeinstellung entstehen hier die repräsentativsten Mittelwertkurven.

Aufgrund der überwiegend hohen Standardabweichung der einzelnen Mittelwertkurven, verursacht durch die stark streuenden Einzeldaten der Hüftgelenkmomente, lassen sich kaum eindeutig sitzpositionsabhängige Veränderungen festhalten.

Im Prinzip kann durch die Analyse der Gelenkmomente im Rahmen dieser Studie festgestellt werden, welche Sitzpositionen eine erhöhte Belastung für die Gelenke darstellen und an welchen Gelenken diese besonders stark zum Tragen kommt. Für eine weitere ausführlichere Interpretation der Gelenkmomente ist allerdings eine vollständige Verarbeitung und Auswertung EMG-Daten hinzu zu ziehen, um auftretende Koaktivität sicher zu erkennen und die daraus entstehenden Einflüsse auf die Gelenkmomente zusätzlich in die Beurteilung mit einzubeziehen.

Auf die eingangs gestellte, übergeordnete Frage nach der „optimalen Sitzposition“ kann man auf der Grundlage der hier vorliegenden Studie abschließend durchaus einige Schlüsse ziehen. Zunächst bestätigen die hier vorliegenden Ergebnisse in großen Teilen die Ergebnisse der vorausgegangenen Studie (BISp VF070807/07). In vielen Bereichen bestätigen alle gemessenen Parameter, dass die in der Vorgängerstudie als optimal empfohlenen Werte für die Sitzposition auch der hier vorliegenden Überprüfung standhalten. Komplexer wird die Fragestellung, wenn man im Detail definieren will, wie eine „optimale Sitzposition“ exakt aussehen soll. An diesem Punkt bieten die hier vorliegenden Ergebnisse eine sehr gute Basis für spezielle Anwendungsbereiche, welche eine spezielle „optimale Sitzposition“ erfordern. Während bei Patientengruppen im präventiven und rehabilitativen Bereich der Fokus etwa auf eine minimale Belastung des Kniegelenks gelegt wird, benötigt der Profi-Triathlet bzw. die -Triathletin die Einstellung des Antriebs, die ihm bzw. ihr in der Zeitfahrposition eine bestmögliche Leitungsfähigkeit ermöglicht. Beiden Beispielen bieten die hier vorliegenden Daten sehr gute Möglichkeiten zur Einstellung ihrer individuell optimalen Sitzposition.



## Literatur

- Andrews, J. G. (1982). On the relation between resultant joint torques and muscular activity. *Medicine and science in sports and exercise* 14, 361-367.
- Aszländer, L. (2009). *Analyse der Tritttechnik beim Radfahren mit Hilfe eines invers dynamischen Modells*. IfSS Freiburg.
- Bruder, F. (2006). „Welche Auswirkung hat die Sitzposition auf die Fertigkeit „Runder Tritt“? IfSS Freiburg.
- Dorell, S., Couturier, A. & Hug, F. (2009). Influence of different racing positions on mechanical and electromyographic patterns during pedalling. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 19 (1), 44-54.
- Ericson, M. O. (1988). Muscular function during ergometer cycling. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine* 20, 35-41.
- Frey, F. (2005). *Radposition bei Elitefahrer/innen im Straßensport - eine empirische Feldstudie zur Radsitzposition in Abhängigkeit individueller Körpermaße*. IfSS Freiburg.
- Gonzalez, H. and Hull, M. L. (1989). Multivariable optimization of cycling biomechanics. *Journal of biomechanics* 22, 1151-1161.
- Gregor, R. J. (2000). Biomechanics of Cycling. In W. E. Garret & D. T. Kirkendall (Hrsg.), *Exercise and Sport Science Philadelphia* (pp. 515-537). Berlin: Lippincott Williams.
- Gregor, R. J., Cavanagh, P. R. & LaFortune, M. (1985). Knee flexor moments during propulsion in cycling – a creative solution to lombard's paradox. *Journal of biomechanics* 18 (5), 307-316.
- Henke, Th., Monfeld, C. & Heck, H. (2001). Trettechnik-Einzelzyklusdarstellung im Radsport. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch 2001* Köln (S. 127-144).
- Kautz, S. A., Feltner, M. E., Coyle, E. F. & Baylor, A. M. (1991). The pedaling technique of elite endurance cyclists: changes with increasing workload at constant cadence. *International journal of sports biomechanics* 7, 29-53.
- Stapelfeldt, B. (2001). Muskuläre Koordination von Eliteradfahrern im Stufentest auf dem SRM-Ergometer. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *Wettbewerb zur Förderung von Nachwuchswissenschaftlern – Ergebnisband der prämierten Arbeiten*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Stapelfeldt, B. & Aszländer, L. (2009). Biomechanik des Radfahrens. In A. Gollhofer & E. Müller (Hrsg.), *Handbuch Sportbiomechanik* (S. 317-340). Schorndorf: Hofmann Verlag.
- Wangerin, M., Schmitt, S., Stapelfeldt, B., & Gollhofer, A. (2007). Inverse Dynamics in Cycling Performance. In Th. M. Buzug (Ed.), *Advances in Medical Engineering* (pp. 329-334). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.





# Untersuchungen zur weiteren Vervollkommnung der Anschlagtechniken Liegend und Stehend im Biathlonschießen (AZ 070803/10)

Dirk Siebert (Projektleiter) & Nico Espig

Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät,  
Institut BTW der Sportarten II, FG Wintersport

## Problem

Generelle Zielstellung beim Schießen im Biathlon, in Bezug auf das Schießergebnis, sind möglichst kleine Bewegungen der Laufmündung im Moment der Schussabgabe (Koch, 2001). Diese werden neben dem Ausprägungsgrad der allgemeinen Schießtechnikelemente Zielen, Atmung und Abzug auch von der Qualität der Anschlagpositionen sowie von Schwankungen des Gesamtsystems „Sportlerin-Waffe“ bzw. „Sportler-Waffe“ beeinflusst (Bühlmann et al., 2001). In vorangegangenen Untersuchungen konnten eine Vielzahl entscheidender Leistungsparameter und deren komplexer Zusammenhänge bereits aufgeklärt werden. Durch einen spezifischen Biathlon-Schießmessplatz sind diesbezüglich Aussagen zu Kraft-Zeit-Verläufen an Abzug, Unterstützungsgurt und Schafthappe sowie zu Wegen und Beschleunigungen der Laufmündung unmittelbar vor und nach der Schussabgabe möglich (Nitzsche, 2009). In Bezug auf die Qualität der Anschlagstabilität verweisen Bühlmann et al. (2001) auf eine gewisse gezwungene Haltung der Sportlerin bzw. des Sportlers im Anschlag, die dadurch bedingt ist, dass sie bzw. er das Gewehr abzustützen und auf das Ziel auszurichten hat. Es muss deshalb in jedem Anschlag Muskelarbeit geleistet werden. In den beiden Anschlagarten Liegend und Stehend weist Sklortz (2008) durch EMG-Untersuchungen einen direkten Zusammenhang zwischen Winkeln verschiedener Anschlagpositionen und den damit verbundenen unterschiedlichen Spannungszuständen der Muskulatur unter Ruhe- sowie Belastungsbedingungen nach. Festgestellt wird, dass je weniger die Muskelgruppen angespannt sind und je gelöster der Anschlag ist, desto geringer die Möglichkeit besteht, die Waffe durch Muskelanspannung in Bewegung zu bringen. Hinsichtlich Schwankungen des Systems Sportlerin/Sportler-Waffe untersuchten Bozsik und Bretz (1994) mittels einer Kraftmessplatte Bewegungen des Körperschwerpunkts<sup>1</sup> während des Schießens im Biathlon. Diese Untersuchungsergebnisse geben Aufschluss über das Maß von Systemschwankungen. Gezeigt wird, dass die Körperschwankungen parallel zur Schussrichtung (Frontalebene) deutlich kleiner sind, als die Schwankungen senkrecht zur Schussrichtung (Sagittalebene). Als Ursache hierfür kann u. a. eine mechanisch instabile Körperhaltung der Schießenden benannt werden (Gianikellis et al., 2001). In einem Modell zur Analyse der Bewegungen des KSP sowie der Stabilität der Körperhaltung konnten Systemschwankungen auf die Interaktion der verschiedenen Körpersegmente zurückgeführt werden.

<sup>1</sup> Der Begriff Körperschwerpunkt wird im Folgenden auch mit KSP abgekürzt und bezieht sich aus messtechnischer Sicht auf das Lot des KSP (COF, center of force).

Trotz dieser verschiedenen Untersuchungsansätze sind gegenwärtig Zusammenhänge zwischen Schwankungen des Gesamtsystems Sportlerin/Sportler-Waffe und deren Auswirkungen auf die Laufmündungsbewegungen ungeklärt. Dies betrifft insbesondere das Ausmaß von Systemschwankungen im Moment der Schussauslösung sowie das Ausmaß von Schwankungen über den gesamten Verlauf einer Biathlon-Schusserie. Weiterhin bestehen Erkenntnisdefizite hinsichtlich der Zusammenhänge zwischen Anschlagpositionen bzw. Anschlagswinkeln und den Schwankungen des KSP. Im Hinblick auf die Unterstutzungsfläche in beiden Anschlagarten ist die Lage des KSP in Abhängigkeit der Anschlagpositionen ebenfalls ungeklärt.

Ziel dieses dreijährigen Forschungsvorhabens ist es, durch die Analyse weiterer leistungsrelevanter Parameter der Schießtechnik das komplexe Beziehungsgefüge des Schießens im Biathlon weiter aufzuhellen. Auf dieser Basis sollen Ursachen für positive bzw. ungünstige Leistungsdispositionen im Moment der Schussauslösung und im Verlauf einer Biathlon-Schusserie benannt werden. Übergeordnete Zielstellung ist dabei eine optimale Laufmündungsdämpfung, als Grundvoraussetzung für ein fehlerfreies Schießen (Koch, 2001). Als entscheidende Parameter werden dabei die Anschlagstabilität am Gewehr, Abzugsverhalten, Druckverteilung der Unterstutzungsfläche (Ellenbogen, Füße), Schwankung des KSP, verschiedene Anschlagpositionen sowie Körperwinkel und deren Veränderungen über den Zeitraum der einzelnen Schussphasen erhoben.

Diesbezüglich standen in der ersten Projektphase (2010) zwei zentrale Hauptfragestellungen im Mittelpunkt der Untersuchungen. Zunächst galt es zu klären, welchen Einfluss die Art der Vorbelastung auf die Schwankungen des Gesamtsystems Sportlerin/Sportler-Waffe im Biathlonschießen hat. Des Weiteren war in dieser Projektphase von Interesse, welche Auswirkungen die Schwankungen des Gesamtsystems Sportlerin/Sportler-Waffe im Anschlag Stehend auf die Laufmündungsbewegungen haben.

## **Methode**

Die Untersuchungen im Jahr 2010 wurden mittels standardisierter Abläufe im Rahmen leistungsdiagnostischer Untersuchungen von Biathletinnen und Biathleten durchgeführt. Dabei wurden insgesamt acht Biathlonschießserien mit jeweils fünf Schuss in Biathlonreihenanzordnung realisiert. Im Anschlag Liegend und Stehend wurden jeweils zwei Schusseriesen unter Ruhebedingungen sowie nach standardisierter Vorbelastung absolviert. Beteiligt an diesen Untersuchungen waren 43 Sportlerinnen und Sportler mit einem durchschnittlichen Alter von  $17,9 \pm 2,9$  Jahren. Alle Altersklassen ab J16 (Einführung Kleinkalibergewehr), alle Leistungszentren sowie alle Kaderkategorien des Deutschen Skiverbandes waren in den Untersuchungen vertreten.

Die Bewegungen sowie Beschleunigungen der Laufmündung wurden mittels des bereits existierenden Biathlon-Schießmessplatzes (Nitzsche, 2009) über Lasertriangulation an einer speziellen optischen Einheit an der Laufmündung erfasst. Diese Laufmündungsbewegungen wurden durch die Software Shooting Educator Biathlon (Spezialmesstechnik Ilmenau) für den Zeitraum 0,3 sec vor dem Schuss bis zur

Schussauslösung bestimmt. Dabei wurden die horizontalen und vertikalen Wegeänderungen sowie die Spurlänge der Laufmündung berechnet. Schwankungen des Gesamtsystems Sportlerin/Sportler-Waffe wurden mittels Footscan® Balance System erhoben. Diese zeichnet mit etwa 8200 Sensoren statische und dynamische Druckbelastungen in einem Spektrum von 0-200 N/cm<sup>2</sup> zeitliche und räumliche Parameter sowie die daraus resultierenden Bewegungsgeschwindigkeiten auf. Gemessene Schwankungen des KSP wurden als Standardabweichung der Schwankungskomponente in Schussrichtung (SD\_X) bzw. 90° zur Schussrichtung (SD\_Y) sowie als Spurlänge des KSP ermittelt. Zur Beantwortung weiterer Fragestellungen des laufenden Forschungsprojektes kam ebenfalls eine 3D Videoanalyse mittels Simi Motion zum Einsatz. Dabei wurden mit zwei High Speed Kameras (120 fps, Auflösung 659 x 490 Pixel) zusätzlich entsprechende Winkel von Anschlagpositionen und deren Veränderungen während einer Schusserie erfasst. Die Integration dieses Messsystems erfolgte auf Grund des verzögerten Projektstarts relativ spät im Untersuchungsjahr 2010. Daher können zum gegenwärtigen Zeitpunkt keine statistisch abgesicherten Untersuchungsergebnisse bezüglich der Bewegungsanalyse gegeben werden. Alle drei angewendeten Messsysteme wurden durch eine Anpassung der jeweiligen Software zusammengeführt und es konnten entsprechend der Hauptfragestellungen alle leistungsrelevanten Messwerte synchron erfasst und den jeweiligen Schussphasen zugeordnet werden. In Abb. 1 wird der Untersuchungsaufbau schematisch dargestellt.

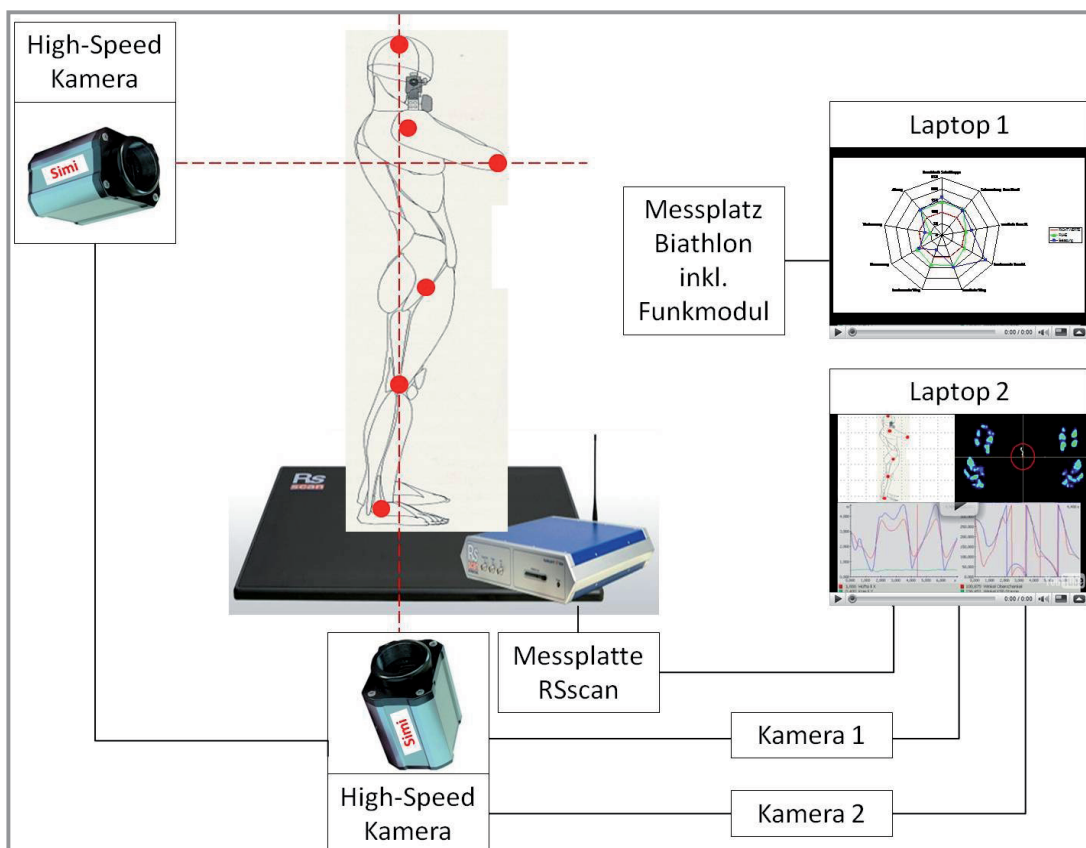


Abb. 1. Untersuchungsaufbau – Anschlag Stehend (Siebert, 2009)

## Ergebnisse

Dargestellt werden erste ausgewählte Untersuchungsergebnisse dieses Forschungsvorhabens.

Bei Betrachtung der Laufmündungsbewegungen in Abhängigkeit der Vorbelastungsart zeigen die Untersuchungsergebnisse, dass beim Schießen nach einer standardisierten Vorbelastung die Spurlänge der Laufmündung signifikant größer ist (vgl. Tab. 1).

Tab. 1. *Deskriptive Statistik der Laufmündungsbewegungen, N = 43*

	Spurlänge in mm, Ruhe	Spurlänge in mm, Bel.
Mittelwert	0,58	0,62
Std.abw.	0,18	0,41
Minimum	0,40	0,29
Maximum	1,26	2,89

Beim Vergleich der Systemschwankungen zwischen dem Schießen ohne und mit Vorbelastung kann konstatiert werden, dass die Spurlänge des KSP nach Vorbelastung im Durchschnitt um 17,43 mm hoch signifikant ( $P < 0,001$ ) größer ist. Bei isolierten Betrachtung zum Schwankungsverhalten in der Frontalebene und in der Sagittalebene können diesbezüglich ebenfalls signifikante Unterschiede ( $P = 0,002$  für SD\_X und  $P = 0,017$  für SD\_Y) nachgewiesen werden (vgl. Tab. 2). Betrachtungen der Schwankungsmaße des KSP in der Frontalebene zeigen unter Ruhe- und Belastungsbedingungen generell größere Bewegungen als in der Sagittalebene.

Tab. 2. *Deskriptive Statistik der Stabilometrie, N = 43, SD = Standardabweichung*

	SD von Weg X in mm, Ruhe	SD von Weg Y in mm, Ruhe	Weg COF in mm, Ruhe	SD von Weg X in mm, Bel.	SD von Weg Y in mm, Bel.	Weg COF in mm, Bel.
Mittelwert	0,35	0,17	110,96	0,41	0,21	128,39
Std.abw.	0,10	0,06	27,88	0,17	0,11	43,65
Minimum	0,22	0,10	68,15	0,21	0,09	70,71
Maximum	0,76	0,33	220,73	1,05	0,65	304,92

Ausgehend von diesen Untersuchungsergebnissen gilt es in den folgenden Projektphasen abzuklären, welche individuelle Vorbelastung möglichst kleine Laufmündungsbewegungen zur Folge hat. Aus trainingsmethodischer Sicht wären diese Aussagen u. a. für die Gestaltung des Anlaufverhaltens an den Schießstand interessant.

Neben dem Einfluss der physischen Vorbelastung wurde weiterhin der Einfluss von Schwankungen des KSP auf die Laufmündungsbewegungen untersucht. In diesem Zusammenhang konnte lediglich ein statistischer Zusammenhang ( $R = 0,310$ ,  $P = 0,043$ ) der Schwankung des KSP und der Laufmündungsbewegung unter Ruhebedingungen nachgewiesen werden (vgl. Tab. 3).

Tab. 3. *Deskriptive Statistik der Laufmündungsbewegungen, N = 43*

	Spurlänge in mm, Ruhe	Spurlänge in mm, Bel.
Mittelwert	0,58	0,62
Std.abw.	0,18	0,41
Minimum	0,40	0,29
Maximum	1,26	2,89

## Diskussion

Der nicht nachweisbare statistische Zusammenhang zwischen Bewegungen des KSP und der Laufmündung nach entsprechender Vorbelastung stellt ein unerwartetes Untersuchungsergebnis dar. Eine mögliche Ursache kann in der größeren Streuung der Messwerte beim Belastungsschießen benannt werden. In diesem Zusammenhang wird angenommen, dass die Sportlerinnen und Sportler sehr unterschiedlich auf die realisierte Vorbelastung reagieren und individuelle Kompensationsstrategien bezüglich der Laufmündungsdämpfung wählen. Im Hinblick auf die Anschlagpositionen bzw. Anschlagswinkel wird diese Annahme durch Untersuchungen von Mitra und Fraizer (2004) gestützt, die synergetische Fußgelenks- und Hüftgelenksstrategien bei der Realisierung der Haltearbeit zur Stabilisierung des Anschlags aufzeigen. Im weiteren Projektverlauf bleibt demnach nachzuprüfen, welche Kompensationsstrategien die Sportlerin bzw. der Sportler nutzt, um Körperschwankungen auszugleichen. Mittels der Simi Motion 3D Videoanalyse sollen entsprechende Aussagen getroffen werden.

Die Erkenntnisse zum Ausmaß der KSP-Schwankungen stehen entgegen den Aussagen von Bozsik und Bretz (1994), die deutlich kleinere Körperschwankungen in der Frontalebene im Vergleich zu den Schwankungen in der Sagittalebene nachweisen. Anzumerken ist, dass beide Untersuchungen einen relativ geringen Stichprobenumfang aufweisen ( $N = 13$  und  $N = 43$ ). Die Unterschiede in diesen Ergebnissen sollen in weiteren Untersuchungen mittels eines größeren Stichprobenumfangs aufgeklärt werden.

**Fazit:** Auf der Basis der bisherigen Untersuchungsergebnisse kann davon ausgegangen werden, dass sich das Untersuchungsdesign zur Beantwortung der Hauptfragestellungen bewährt hat. Mit diesem neuen Untersuchungsansatz lassen sich differenziertere Aussagen hinsichtlich leistungsbestimmender Parameter der sehr komplexen Schießtechnik treffen. Anzustreben ist, diese Untersuchungsergebnisse durch einen größeren Stichprobenumfang zu verdichten und durch weiterführende Untersuchungen valide Aussagen bezüglich der Einflüsse verschiedener Leistungsparameter auf die Laufmündungsdämpfung abzuleiten.

## Literatur

- Bühlmann, G., Reinkemeier, H. & Eckhardt, M. (2001). *Die Technik. Wege des Gewehrs* (2. Aufl.). Münster: Eigenverl.
- Bozsik, A. & Bretz, K. K. R. J. (1994). *Body Sway in Biathlon Shooting*. Hungarian Ski Federation, Hungarian University of Physical Education, Klopfer GmbH.
- Gianikellis, K., Pantrigo, J. J. & Vara, A. (2001). *Stabilometry applied on the analysis of individual technique in the air-rifle shooting*. Biomechanics Symposia 2001, University of San Francisco.
- Koch, M. (2001). *Untersuchungen zur weiteren Präzisierung der Biathlonschießtechnik mittels neuer Mess- und Auswertverfahren*. Dissertation, Universität Leipzig.
- Mitra, S. & Fraizer, E. V. (2004). Effects of explicit sway-minimization on postural--suprapostural dual-task performance. *Human movement science*, 23 (1), 1–20.
- Nitzsche, K. (2009). *Biathlon-Schießmessplatz – Möglichkeiten zur Objektivierung der Biathlonschießleistung*. Forschungsbericht, Universität Leipzig.
- Sklortz, E. (2008). *Elektromyographische Untersuchung (EMG) zur Präzisierung der Anschlagtechniken Liegend und Stehend im Biathlon*. Studienbegleitende Arbeit, Trainerakademie Köln des DOSB.



---

## **Objektivierung der Biathlonschießleistung und Weiterentwicklung des Schießmessplatzes** (AZ 071637/08 und 071601/09)

Dirk Siebert (Projektleiter)<sup>1</sup>, Klaus Nitzsche<sup>1</sup> & Michael Koch<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät,  
Institut BTW der Sportarten, FG Wintersport

<sup>2</sup>Institut für Angewandte Trainingswissenschaft Leipzig

### **Problem**

Das Biathlonschießen wird durch die Technikelemente Anschlags-, Abzugs-, Ziel- und Atemtechnik sowie deren Koordination bestimmt (Nitzsche, 1998). Die Schwierigkeit für Trainerinnen und Trainer besteht bei der Beurteilung des Leistungsniveaus im Biathlonschießen darin, dass sie nur die „äußere“ Struktur der Handlung beurteilen und demzufolge beeinflussen können. Die differenzierten Einflussgrößen auf die Schießleistung sind somit nur als Außenansicht zu erfassen und reichen für die Qualitätsbeurteilungen, die für ein fehlerfreies Schießen erforderlich sind, nicht aus. Durch den Einsatz eines biathlonspezifischen Schießmessplatzes können sowohl den Trainerinnen und Trainern als auch den Sportlerinnen und Sportlern diese erforderlichen Qualitätsangaben und damit auch Reserven für eine weitere Verbesserung des schießtechnischen Niveaus aufgezeigt werden.

In den Jahren 2008 und 2009 wurde im Rahmen von zwei universitären Betreuungsprojekten dieser biathlonspezifische Schießmessplatz bei der unmittelbaren Vorbereitung des deutschen Biathlon-Teams auf die Olympischen Winterspiele in Vancouver 2010 eingesetzt. Des Weiteren fand der Messplatz bei der Vorbereitung deutscher Biathletinnen und Biathleten im Nachwuchsbereich auf die JWM in Canmore (2009) sowie Torsby (2010) und bei der langfristigen Vorbereitung von Nachwuchsbathleten seine Anwendung.

### **Methode**

Insgesamt wurden 143 Sportleruntersuchungen in allen Kaderkreisen des Deutschen Skiverbandes am Schießmessplatz durchgeführt. Die leistungsdiagnostischen Untersuchungen wurden entsprechend dem trainingsmethodischen Aufbau im Jahresverlauf in die einzelnen Vorbereitungsphasen realisiert (vgl. Tab. 1).

Tab. 1. *Übersicht der realisierten Untersuchungen in den Projektjahren 2008 und 2009*

Etappen im Jahresverlauf	2008	2009	Gesamt
Vorbereitungsphase 1 (Mai - Juni) Entwicklung allgemeiner Leistungsvoraussetzungen (Grundlagenausdauer; schießtechnische Grundfertigkeiten)	75	58	133
Vorbereitungsphase 2 (Juli - September) Entwicklung spezieller Leistungsvoraussetzungen (komplexes Training)	48	62	110
Vorbereitungsphase 3 (Oktober - November) Entwicklung allgemeiner und spezieller Leistungsvoraussetzungen mit speziellen Trainingsmitteln und komplexem Training	35	23	58
Gesamt	158	143	301

Auf der Grundlage eines standardisierten Untersuchungsprogramms (4 Serien mit und 4 Serien ohne physische Vorbelastung) wurden im Rahmen der schießdiagnostischen Untersuchungen folgende Parameter objektiviert:

- Trefferergebnis,
- Schießrhythmus,
- Schwankungsmaß der Laufmündung nach Wegeveränderung (x/y und in Summe),
- Schwankungsmaß der Laufmündung nach der Beschleunigung (horizontal/vertikal/Summe),
- Verkantungsmaß des Gewehrs in jeder 5-Schuss-Serie,
- Kraft-Zeit-Verlaufskurve am Abzug,
- Kraft-Zeit-Charakteristik an der Schaftkappe (Höhe der Kraft/Schwankungsmaß),
- Kraft-Zeit-Charakteristik am Unterstützungsgurt (Höhe der Kraft/Schwankungsmaß),
- Haltefähigkeit der Laufmündung ohne Schussabgabe (3-sec-Zeitspanne),
- Art und Richtung der Laufmündungsbewegung vor Schussabgabe,
- Bewegung des Körperschwerpunktes in Bezug zur Unterstützungsfläche über die gesamte Schusserie,
- Gewichtsverteilung zwischen linkem und rechtem Bein bzw. linkem und rechtem Arm bei der Anschlagpositionierung über die gesamte Schusserie.

Die Auswertung der leistungsdiagnostischen Untersuchungen in der Sportler- bzw. Trainergruppe erfolgte direkt am Untersuchungsort. Des Weiteren wurden für die Trainerinnen bzw. Trainer statistische sowie grafische Auswertungen auf einem Datenträger (CD) mit den sportlerindividuellen Schießprofilen und den trainingsmethodischen Konsequenzen zu jeder realisierten Untersuchung erstellt.

## **Ergebnisse**

Mit den leistungsdiagnostischen Untersuchungen am Schießmessplatz konnten die Schießqualitäten der Sportlerinnen und Sportler generell verbessert werden. Weiterhin konnte das Schießleistungsniveau im Saisonverlauf stabiler gestaltet werden. Reserven im schießtechnischen Niveau und entsprechende Lösungsvorschläge zu deren Beseitigung wurden unmittelbar nach jeder Messserie aufgezeigt. Als Auswertungsparameter und damit als Anleitungsindikatoren wurden die Laufmündungsbewegung nach Wege- und Beschleunigungsveränderung, die Laufmündungsbewegung nach Art und Richtung, der Kraft-Zeit-Verlauf der Abzugsbetätigung, die Kraftwirkung am Unterstützungsgurt und an der Schaftkappe, das Verkantungsmaß des Gewehrs, die Schießrhythmusgestaltung, Treffer- bzw. Fehlerlagen sowie die Gewichtsverteilung der Arme und Beine in beiden Anschlagarten interpretiert. Aus dieser Ergebnis- und Messdateninterpretation wurde für jede Sportlerin bzw. jeden Sportler ein individuelles Leistungsprofil sowie daraus resultierende trainingsmethodische Empfehlungen für den weiteren Trainingsabschnitt erarbeitet.

Die Untersuchungsergebnisse bestätigten in allen Kaderkreisen vorliegende Forschungsergebnisse und langjährige Erfahrungen zu diesem Problemkreis, dass fehlerfreie Schießergebnisse an eine hochgradige Laufmündungsdämpfung im Moment der Schussabgabe geknüpft sind (Koch, 2001). Diese Laufmündungsdämpfung wird neben der Art und Weise der physischen Vorbelastung, der psychischen Verfassung und äußerer Einflussfaktoren entscheidend von den auch messtechnisch erfassbaren Schießtechnikelementen und tangierenden Einflussgrößen bestimmt.

## **Diskussion**

Zusammenfassend kann eingeschätzt werden, dass im Anschluss- und Hochleistungsbereich die Hauptreserve in der Vervollkommnung sowie Stabilisierung der Kraft-Zeit-Gestaltung bei der Abzugsbetätigung liegt. Durch zu abrupte und ungleichförmig gestaltete Kraftimpulse auf den Abzugsbügel treten Kraftübertragungen auf den gesamten Gewehrlauf auf, die eine vorgegebene und erforderliche hochgradige Laufmündungsdämpfung negativ beeinflussen. Des Weiteren sind in der Art der Anschlagpositionierung weitere Reserven zu erschließen.

Insbesondere im Nachwuchsbereich wird die Feinzielphase wesentlich stärker durch Laufmündungsschwankungen beeinflusst, was sich in prozentual höheren Fehlleistungen äußert. Die Ursachen hierfür sind sehr vielschichtig und müssen mit folgenden Hauptschwerpunkten trainingsmethodisch weiter erschlossen werden:

- Schulung der Abzugsdynamik nach vorgegebener Kraft-Zeit-Verlaufscharakteristik,
- kontinuierliche Optimierung der Anschlagposition Liegend durch stetige Anpassung des Unterstützungsgurtes, der optimalen Findung des Unterstützungsarmwinkels und der optimalen Druckgestaltung an der Schaftkappe zur Anschlagstabilisierung,
- Stabilisierung der Anschlagposition Stehend durch normgerechte Ausführung der Fußstellung zur Schussebene, der unverspannten Beinposition bei gleichmäßiger Gewichtsverteilung und der normgerechten Hüft- bzw. Oberkörperposition,
- Stabilisierung des Schießrhythmus und der Koordination der Technikelemente Zielen, Atmung und Abzug.

Im Mittelpunkt der trainingsmethodischen Maßnahmen stand demnach ein vielseitiges Übungsprogramm, insbesondere zur Stabilisierung und Vervollkommnung der Anschlagpositionen und der Abzugsbetätigung. Zukünftig ist dieses verstärkt in den Trainingsprozess einzubeziehen. Die realisierten Untersuchungen am Schießmessplatz gewährleisteten besonders im Nachwuchstrainingsbereich eine optimale Gewehranpassung zur Sicherung der erforderlichen Stabilität in der Anschlagpositionierung, welche als Folge der Wachstumsprozesse jugendlicher Athleten verloren gehen kann. Die individuellen trainingsmethodischen Schwerpunkte sollten auch zukünftig nach jedem Messeinsatz mit Trainerinnen bzw. Trainern und Sportlerinnen bzw. Sportlern festgelegt werden.

**Fazit:** Die Wirkung der Schießleistungsobjektivierung geht als ein Baustein in die Komplexleistung Biathlon ein. Die Ergebnisse der zweiten bzw. dritten Leistungsobjektivierung innerhalb einer Saison zeigen, dass das Qualitätsniveau schießtechnischer Voraussetzungen zum Teil deutlich verbessert werden konnte.

## Literatur

- Koch, M. (2001). *Untersuchungen zur weiteren Präzisierung der Biathlonschießtechnik mittels neuer Mess- und Auswertverfahren*. Dissertation, Universität Leipzig.
- Nitzsche, K. (Hrsg.) (1998). *Biathlon: Leistung – Training – Wettkampf. Ein Lehrbuch für Trainer Übungsleiter und Aktive* (1. Aufl.). Wiesbaden: Limpert.

## **Trainingsbegleitende Diagnostik und Messplatztraining im Biathlon-Laufbereich**

(Frauen und Männer) im Rahmen universitärer Betreuung des Spitzensports  
(AZ 071616/09)

Martina Clauß, Hartmut Herrmann (Projektleiter bis 30.03.2009)  
& Maren Witt (Projektleiterin)

Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, Institut ABTW

### **Problem / Zielstellung**

Die Ziele des Vorhabens bestanden:

- (1) Im Weiterführen und Qualifizieren der seit 1999 im Biathlon-Laufbereich unter Sportart semispezifischen Bedingungen (Skiroller auf Asphalt und Skiroller auf Laufband) begonnenen diagnostischen Messungen.

Mit systematisch im Mehrjahresverlauf durchgeführten diagnostischen Messungen sporttechnischer Bewegungsparameter-Daten und Leistungskennziffern sollte den Sportlerinnen und Sportlern sowie ihren Trainern Hilfestellung beim Einschätzen der Wirksamkeit des in den Vorbereitungsperioden 2009-2010 vollzogenen trainingsmethodischen Vorgehens zu den Leistungsstrukturfaktoren Skatingtechnik und Kondition gegeben werden.

- (2) Im Weiterführen sowie methodischen Weiterentwickeln des seit 2001 im Biathlon-Laufbereich an den Trainingsorten der Athleten und Athletinnen durchgeführten Messplatz-Trainings.

Anhand Computergestützter „Video-Messdaten-Combi-Visualisierungen“ sowohl individuell beherrschter als auch durch Bewegungsanweisungen beeinflusster Skatingtechnik-Realisierungen wurde angestrebt, beim Training und Wettkampf mit dem menschlichen Auge nicht zu beobachtende Zusammenhänge zwischen Körperbewegung und den sie ursächlich beeinflussenden dynamischen Bewegungsparametern den Athletinnen und Athleten sachbezogen darzulegen, sowie erkannte Bewegungstechnikreserven und deren Interpretationen, einschließlich empfohlener Bewegungskorrekturen, verständlich zu begründen.

- (3) Im unter wettkampfspezifischen Bedingungen Operationalisieren und wissenschaftstheoretisch gestützten Aufbereiten kinematischer Bewegungsparameter-Daten zu durch nationale und internationale Spitzenathletinnen und -athleten realisierten Skatingtechnik-Ausführungen.

Die auf der Grundlage von Videobild- und Schrittstrukturanalysen identifizierten Ergebnisse zu individuellen Leistungsreserven beim Ausführen der Skatingtechniken des deutschen Biathlon-Auswahlkaders waren vor Beginn der UWW auf die OS Vancouver 2010 dem DSV-Auswahlkader und ihren Trainern in Form einer „Trainer-Schnellinformation“ zu übergeben. Des Weiteren sollten an nati-

onalen und internationalen Spitzenathletinnen und -athleten aktuell erhobene Daten spezieller Skatingtechnik-Bewegungsparameter die in den Jahren 2007 bis 2009 analysierten Datensätze ergänzen, sodass auf ihrer Grundlage der im Olympiazzyklus 2007/2010 vollzogene nationale und internationale Entwicklungstrend zu den Skatingtechniken und ihren Ausführungen durch den Spitzensportbereich wissenschaftlich gestützt abzuleiten war.

## **Methode**

Bei den unter den Zielstellungen (1) und (2) durchgeführten Untersuchungen kam das u. a. in Clauß und Herrmann (2009) gekennzeichnete Verfahrensspektrum wieder zum Einsatz. In diese diagnostischen Datenerhebungen und das Messplatztraining konnten 2009 aber erstmals nur Sportlerinnen und Sportler (N = 13) des Biathlon-Bundesleistungszentrums Ruhpolding einbezogen werden. Beide Vorgehensweisen erfolgten jeweils zu den drei Skatingtechniken (1-2 Skatingtechnik mit Führungsarm, 1-2 Skatingtechnik mit betontem Armschwung und 1-1 Skatingtechnik) in den Trainingsbelastungsbereichen SB und GB.

Die Methodik der Wettkampfuntersuchungen ist aus Herrmann und Clauß (2009) zu entnehmen. Unter dieser Zielstellung (3) fanden Untersuchungen zu den genannten drei Skating-Technikausführungen, realisiert durch Frauen und Männer während des Biathlon-WC Oberhof 2010, statt.

## **Ergebnisse (ausgewählte)**

Nachfolgend werden nur aus erstellten und an den DSV/Biathlon übergebenen Trainerinformationen exemplarisch entnommene Ergebnisse gezeigt, zumal dieses Projekt auf die universitäre Betreuung des Spitzensports gerichtet war.

Mit der Abb.1 ist ein exemplarisches „Visualisierungsergebnis“ (Bildschirmausdruck) zur 1-1 Skatingtechnikausführung ausgewiesen. Derart aufbereitete Analyseergebnisse ergänzten einerseits gedruckte Diagnostik-Datenlisten zu seit 1999 wissenschaftstheoretisch gestützt vereinbarten biomechanischen Bewegungsparametern, Zweckmäßigkeitkriterien sportlicher Bewegungstechniken dieser zyklischen Bewegungen und trainingsmethodischen Leistungskennziffern. Andererseits bildeten sie die Grundlage für das sportlergerechte Erläutern der nicht zu beobachtenden Zusammenhänge zwischen Körperbewegung und den sie ursächlich beeinflussenden dynamischen Bewegungsparametern. Hierbei war schrittweise vorzugehen. Dazu waren die Bewegungsparameter-Zeit-Verläufe einzeln oder komplex darzustellen.





Abb. 1. Bildschirmausdruck der Programmoberfläche „Video-Messdaten-Combi-Visualisierung“

Die nachfolgende Abb.2 zeigt ein exemplarisches Ergebnis aus der durchgeführten Wettkampfunteruchung. Der Focus lag hierbei auf einem Geben von Empfehlungen für das in der UWW auf die OS Vancouver 2010 individuell durchzuführende Skatingtechniktraining.

Es wird empfohlen, die Betrachtung/Bewertung der beiliegenden Videos auf der Grundlage folgender Hinweise zu den Sporttechnikknotenpunkten vorzunehmen.

<p><b>Gleitphase [4R-1L-2L; 4L-1R-2R]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hinweis                     <ul style="list-style-type: none"> <li>–Zu starke Körperstreck- und Senkbewegung in der Gleitphase</li> <li>–<b>Knotenpunkt:</b> Die Körperstreckbewegung „auf dem Gleitski“ hat aus dem Kraftstoß/Impuls des vorher gehenden Bein-/Skiabdrucks zu resultieren! Von daher sollte nach Abschluss der Bein-/Skiabdruckphase in der Gleitphase nur noch eine verzögerte Streckbewegung ausgeführt werden. Diese führt zur anzustrebenden <b>Hochentlastung</b> des gleitenden Ski. Das gleiche gilt für das nach vorn-oben Führen der Arme für den Stockeinsatz!</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Stockabdruckphase [2L-3L; 2R-3R]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hinweis                     <ul style="list-style-type: none"> <li>– Beim Stockabdruck wird vorrangig Druck auf die Stöcke durch ein Beugen des Oberkörper im Hüftgelenk erzielt und zu wenig über eine aktive Armbewegung!</li> <li>–Die Retroversion der Oberarme im Schultergelenk ist zu gering, die Ellbogengelenköffnung erfolgt zu zeitig und ist zu groß! (Stockabdruckbewegungen mit gestreckten Armen führen nur zu geringer Abdruckwirkung!)</li> <li>–Zum Abschluss der Stockabdruckphase die Arme nebst Stöcke nicht hinten verweilen lassen, sondern sofort mit Beginn der nachfolgenden Beinabdruckphase nach vorn-oben beschleunigen!</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Beinabdruckphase [3L-4L; 3R-4R]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hinweis                     <ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Bein-/Skiabdruckbewegung eher beginnen! Während des Hauptanteils dieser Bewegungshase hat Tina das andere Bein nebst Ski bereits in den Schnee gesetzt. (Eine Abdruckbewegung, die unter der Bedingung einer geschlossenen Beinnette ausgeführt wird, ist aus muskelphysiologischer Sicht uneffektiv)</li> <li>–Der Oberkörper ist in dieser Bewegungsphase stärker „aufzurichten“! Mit seiner Streckung (seinem Aufrichten) bereits mit dem Beginn des Bein-/Skiabdruckes beginnen!</li> </ul> </li> </ul>
---	--	---

Abb. 2. 1-1 Skatingtechnik am „leichten“ Anstieg (3 Grad)/Sportlerin BaT



## Diskussion

Wiederum konnte konstatiert werden, dass sich dieses durch das BISp-Bonn geförderte und hier nur auszugsweise dargestellte universitäre Betreuen des Spitzensports insbesondere für die Biathlon-Sportpraxis, aber auch für den sportwissenschaftlichen Erkenntnisgewinn bewährt hat. Unter anderem weil die Autoren auch Mitglieder der DSV-Trainerschule sind, war – bis in alle Kaderbereiche hinein – ein kontinuierlicher Transfer aktuell identifizierter Ergebnisse und gewonnener Erkenntnisse mit dem Bearbeiten dieses Projektes gegeben.

## Literatur

- Clauß, M. & Herrmann, H. (2009). Die Skatingtechniken 2006. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2007/08* (S. 161–165). Köln: Sportverlag Strauß.
- Herrmann, H. & Clauß, M. (2009). Wettkampfuntersuchungen zu den Leistungselementen „Sporttechnik“ und „Kondition“ im Biathlon/Laufbereich. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2008/09* (S. 221–226). Köln: Sportverlag Strauß.

---

## **Durchführung eines Messplatztrainings zur Verbesserung der taktischen Kompetenzen der weiblichen U17–Jugendnationalmannschaft des Deutschen Handballbundes**

(AZ 071608/09-10)

Hilke Zastrow<sup>1,2</sup>, Markus Raab<sup>2</sup> (Projektleiter) & Nele Schlapkohl<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universität Flensburg, Institut für Bewegungswissenschaften und Sport

<sup>2</sup>Deutsche Sporthochschule Köln, Psychologisches Institut

### **Einleitung**

Die Aussage, dass die richtige Taktik über Sieg oder Niederlage einer Mannschaft entscheiden kann, wird häufig nachgewiesen und zitiert (Zastrow et al., 2010). Dazu zählt neben der Mannschaftstaktik ganz besonders der individualtaktische Bereich. In den großen Sportspielen wie Fußball, Handball oder Basketball befinden sich beispielsweise die Angriffsspielerinnen und -spieler in Situationen, in denen sie unter Druckbedingungen taktisch richtige Entscheidungen treffen müssen. Auch mannschaftstaktische Vorgaben können nur dann zum Erfolg führen, wenn jeder Einzelne der Spielenden richtige Entscheidungen trifft. Das individuelle Entscheidungsverhalten ist somit für den Erfolg von enormer Bedeutung und nimmt daher im Training eine wichtige Position ein. Gerade bei Spitzen- und Nationalmannschaften sind die Möglichkeiten für ein intensiveres Entscheidungstraining jedoch sehr gering. Die Diskussion über die zu hohe physische Belastung von Spielerinnen bzw. Spielern ist groß und macht deutlich, dass ein Aufstocken von Trainingseinheiten in der Halle kaum realisierbar ist. Nationalmannschaften haben zusätzlich das Problem, nur selten gemeinsam trainieren zu können. Dies gilt besonders für die Jugend- und Juniorenmannschaften. Es bleibt den Trainerinnen und Trainern in den kurzen Lehrgängen kaum Zeit für mannschaftstaktisches Training, umso mehr rückt die Kleingruppen- und Individualtaktik in den Vordergrund. Zudem fordert der Deutsche Handballbund in der Rahmentrainingskonzeption eine größere Anzahl von „kopflastigen“ Trainingseinheiten auch außerhalb der Sporthalle für seine Nachwuchsspielerinnen bzw. -spieler (DHB, 2009).

Das 3D-videobasierte Messplatztraining zur Verbesserung der taktischen Kompetenzen von Handballspielerinnen und -spielern, das in dem Forschungsprojekt „Entwicklung eines Messplatztrainings für taktische Kompetenzen im Handball“ (II A1-070805/07-08) entwickelt wurde, geht dieser Forderung nach. Es bietet Trainerinnen bzw. Trainern die Möglichkeit taktisch zu trainieren, ohne eine weitere physische Belastung der Spielenden. Des Weiteren können mit einem 3D-Videosystem die verschiedenen gruppentaktischen Auslösehandlungen einer Mannschaft und die daraus folgenden individuellen Entscheidungssituationen trainiert werden. Die sofortige Rückmeldung, welcher Spieler bzw. welche Spielerin sich in den verschiedenen Situationen wie entschieden hat, ist für die weitere Trainingsplanung der Trainerinnen und Trainer von großer Bedeutung.

1. Aus der bisherigen Zusammenarbeit mit dem Deutschen Handballbund und den gesammelten Erfahrungen ergaben sich folgende Ziele für das Betreuungsprojekt: Diagnostik des aktuellen Leistungsstandes im Bereich Entscheidungsverhalten.
2. Intervention durch gezieltes Entscheidungstraining zur Verbesserung des taktischen Verhaltens.

## Diagnostik

Das erste Ziel des Betreuungsprojektes war es, den aktuellen Leistungsstand im Bereich Entscheidungsverhalten der weiblichen U17-Nationalmannschaft zum Beginn des Projektzeitraumes zu bestimmen. Zu diesem Zweck wurde auf das Testverfahren aus dem Projekt „Entwicklung eines Messplatztrainings für taktische Kompetenzen im Handball“ zurückgegriffen. In Absprache mit der zuständigen DHB-Trainerin wurden die Videosequenzen aus dem Projekt (VF 070805/07-08) an die Anforderung der U17-Nationalmannschaft angepasst. Die Grundlage für das Messplatztraining bildet das bereits von Raab, Zastrow und Lempertz (2007) verwendete Messplatzsystem MotionLab. MotionLab wurde an die Anforderungen des 3D-videobasierten Messplatztrainings angepasst. Der Test besteht aus einem 3D-Videopräsentationssystem und einem interaktiven Votingsystem (Zastrow et al., 2010). Zu Beginn des ersten Schulungslehrgangs wurde mit allen anwesenden Spielerinnen ein Prätest durchgeführt, um den aktuellen Leistungsstand der Mannschaft festzustellen. Den Spielerinnen wurden verschiedene Videosequenzen mit Angriffshandlungen vorgespielt. Sie sollten per Knopfdruck eine Handlungsoption für den Ballführer auswählen. Für die Auswertung des Entscheidungsverhaltens wurden als abhängige Variablen der Mittelwert der Entscheidungsqualität und –zeit verwendet. Zur Ergebnisrückmeldung wurden dem Trainerteam die verwendeten Videoszenen sowie eine Aufstellung mit der erzielten Punktzahl der einzelnen Spielerinnen übermittelt. Auf diese Weise konnte die Entscheidungsleistung der einzelnen Spielerinnen in verschiedenen Spielsituationen, aber auch im Vergleich untereinander analysiert werden. Die Ergebnisse lagen zwischen ca. 44 % und 81 % guter Entscheidungen. Des Weiteren erhielt das Trainerteam eine Auflistung der getroffenen Entscheidungen der einzelnen Spielerinnen für jede Szene (Tab. 1).

Tab. 1. *Exemplarische Auswahl der Liste der Entscheidungen*  
(KM = Pass zum Kreismitte; RM = Pass zum Rückraummitte)

Name	Szene 5	Szene 6	Szene 7
L.	Wurf	KM	KM
S.	Wurf	KM	RM
K.	Wurf	KM	RM
F.	Wurf	KM	KM
J.	Wurf	KM	RM

Anhand der Ergebnisse können die Trainerinnen und Trainer zum einen die Gestaltung des praktischen Taktiktrainings in der Halle ausrichten. Zum anderen bilden die Ergebnisse die Grundlage für die Intervention.

## Intervention

Das zweite Ziel des Betreuungsprojektes war es, durch gezieltes Messplatztraining die Entscheidungsleistung der Spielerinnen der U17-Jugendnationalmannschaft zu verbessern. Zu diesem Zweck wurde während und zwischen den Lehrgängen das Entscheidungsverhalten am Messplatz trainiert. Dabei wurden zwei Trainingsformen unterschieden. Es gab zum einen das mannschaftliche Messplatztraining. Die Spielerinnen absolvierten bei dem gemeinsamen Lehrgang, neben den regulären Trainingseinheiten in der Halle, täglich eine zusätzliche Taktiktrainingseinheit am Messplatz. Der Ablauf einer solchen Einheit entsprach den Trainingseinheiten der vorherigen Studien (Zastrow et al., 2010). Zwischen den Lehrgängen haben die Spielerinnen ein individuelles Messplatztraining zu Hause durchgeführt. Beim individuellen Training wurden den Spielerinnen die Videoszenen nicht auf der Großleinwand präsentiert, sondern es wurden die mobilen Video-3D-Filmbrillen von ZEISS und iPods® genutzt (Abb. 1).



Abb. 1. Videobrille „Cinemizer“ mit angeschlossenem iPod® (Zeiss, 2011)

In Absprache mit dem Trainerteam und aufgrund der Ergebnisse der Leistungsdiagnostik wurden für die Spielerinnen aus dem vorhandenen Videomaterial Trainingsblöcke zusammengestellt. Die Trainerinnen und Trainer erhielten auch für die individuellen Trainingseinheiten eine Rückmeldung wie bereits bei der Leistungsdiagnostik. Auf diese Weise hatten sie einen Überblick über den Leistungsstand der Spielerinnen und konnten gegebenenfalls das Trainingsprogramm verändern.

## Diskussion

Am Ende der gesamten Projektreihe bleibt festzuhalten, dass das entwickelte Messplatztraining zu einer Verbesserung der Entscheidungsleistung führt und sowohl bei den Spielerinnen als auch bei den Trainerinnen und Trainern großes Interesse weckt. Die Erweiterung des Messplatzes mit Hilfe der mobilen Video-3D-Filmbrillen hat zu einer vereinfachten und kostengünstigeren Durchführung des Messplatztrainings geführt. Auf diese Weise könnte das Messplatztraining für taktische Entscheidungen nach und nach Einzug in die Trainingspraxis von Verbänden und Vereinen erhalten.

## Literatur

- DHB (Hrsg.) (2009). *Rahmentrainingskonzeption des Deutschen Handballbundes für die Ausbildung und Förderung von Nachwuchsspielern*. Münster: Philippka-Sportverlag.
- Raab, M., Zastrow, H. & Lempertz, C. (2007). *Wege zur Spielintelligenz*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Zastrow, H., Schlapkohl, N. & Raab, M. (2010). Effektivitätsprüfung eines Messplatztrainings. *Leistungssport*, 40, 5, 50-54.
- Zeiss (2011). Cinemizer plus. Die verbesserte Videobrille. Zugriff am 28.04.2011 [http://www.zeiss.de/C125679B0029303C/ContainerTitel/Cinemizer\\_DE/\\$File/pressebilder.html](http://www.zeiss.de/C125679B0029303C/ContainerTitel/Cinemizer_DE/$File/pressebilder.html)

## **Sozial- und Verhaltenswissenschaften**





## Spitzensport und Beruf

(AZ 070902/09)

Carmen Borggrefe & Klaus Cachay (Projektleiter)

Universität Bielefeld, Fakultät für Psychologie und Sportwissenschaft

### Problemstellung

Im gängigen Bild der Medien scheint die Welt des Spitzensports fast ausnahmslos von „Fußball-Göttern“ und sonstigen millionenschweren „Superstars“ bevölkert. Nur allzu oft vergessen wird hierbei jedoch, dass die absolute Zahl der wirklichen Großverdiener im Spitzensport eher gering ist. Vielmehr gilt für die allermeisten Athletinnen und Athleten: Eine Sicherung des weiteren Lebensunterhaltes allein auf Basis des gegenwärtigen spitzensportlichen Engagements wird nicht möglich sein. An der Notwendigkeit, sich bereits jetzt beruflich für „die Zeit danach“ zu qualifizieren, führt kein Weg vorbei. Denn auch wenn es hierzulande einigen Aktiven – insbesondere in den Mannschaftssportarten „Fußball“, „Eishockey“ und „Handball“ – durchaus gelingen mag, ihren Sport zumindest eine Zeit lang professionell zu betreiben, können die meisten Spitzensportlerinnen und Spitzensportler ihren Lebensunterhalt doch keineswegs und schon gar nicht auf Dauer mit dem Sport bestreiten. Vielmehr bleibt hier bereits während der aktiven Zeit die weitaus größere Zahl auf andere Einkünfte, sprich: auf eigene Berufstätigkeit, auf BAföG, auf die Unterstützung aus dem persönlichen Umfeld, auf die Sporthilfe oder aber auf die Sportförderung der Bundeswehr, der Bundespolizei oder ähnlicher Organisationen angewiesen. Und was noch schwerer wiegt: Nur den allerwenigsten ist es vergönnt, sich aufgrund hochdotierter Werbeverträge ausreichend Geld für die Zeit nach dem Sport zurückzulegen.

Die Konsequenzen dieser weithin übersehenen Realität des Spitzensports liegen auf der Hand: Bereits *während* der spitzensportlichen Karriere führt für das Gros der Betroffenen kein Weg daran vorbei, sich mit dem Leben außerhalb des Sports, insbesondere aber mit dem *Berufsleben* (und der eigenen beruflichen Zukunft) auseinanderzusetzen – dies allerdings möglichst so, dass hierdurch das eigene sportliche Engagement nicht in Mitleidenschaft gezogen wird. Es bedarf in diesem Sinne also der Ermöglichung „Dualer Karrieren“, womit die gleichzeitige Vereinbarung der Spitzensportkarriere mit der Ausbildungs- und Berufskarriere gemeint ist. Auch wenn solche Doppelkarrieren angesichts der hohen Beanspruchung und zeitlichen Vereinnahmung durch den Sport Probleme der Vereinbarung erwarten lassen, ist die Ermöglichung „Dualer Karrieren“ in einer modernen Gesellschaft jedoch schon deshalb unerlässlich, weil über Ausbildungs- und Berufskarrieren der gesellschaftliche Status von Personen festgelegt und der Zugang zu entsprechenden Ressourcen geregelt wird. In diesem Sinne kann man von Spitzensportlerinnen und -sportlern nicht prinzipiell erwarten, dass sie zugunsten des Sports ihre beruflichen Ansprüche zurückschrauben und dementsprechend auf bestimmte Abschlüsse und Berufskarrieren verzichten, sondern es muss ihnen die Möglichkeit eröffnet werden, sportliche und berufliche Ziele zu vereinbaren.

Angesichts dieser Problematik untersucht das Forschungsprojekt, wie die Koordination von Spitzensport- und Berufskarrieren bisher gelingt und wie der Spitzensport Arbeitgeber gewinnen kann, Athletinnen bzw. Athleten spitzensportgerechte Ausbildungs- und Arbeitsplätze zur Verfügung zu stellen, die „Duale Karrieren“ in Spitzensport und Beruf ermöglichen.

### **Theoretischer Bezugsrahmen**

Im Rückgriff auf die Theorie funktionaler Differenzierung lässt sich das Problem der Vereinbarung von Spitzensport und Beruf als *Inklusionsproblem* beschreiben. Inklusion bezeichnet die Einbindung der Gesellschaftsmitglieder in die Teilsysteme der modernen, funktional differenzierten Gesellschaft, die in Form von institutionellen Rollen stattfindet und dem Individuum die Partizipation an der Gesellschaft ermöglicht. Im vorliegenden Fall geht es um die gleichzeitige Inklusion in der Spitzensportler- und Berufsrolle. Das Inklusionsproblem berufstätiger Spitzensportlerinnen bzw. -sportler resultiert vor allem aus den spezifischen Inklusionsverhältnissen des Spitzensports. Hier kann man aufgrund der zeitlichen, sachlichen und sozialen Fixierung der Biographien von Sportlerinnen und Sportlern von einer *Hyperinklusion* sprechen, die eine regelhafte Teilhabe in der Berufsrolle nahezu unmöglich macht. Das Inklusionsproblem liegt vor allem in der zeitlichen Simultaneität beider Karrieren und den eingeschränkten Flexibilisierungsmöglichkeiten in zeitlicher, sachlicher und sozialer Hinsicht begründet.

Im Hinblick auf eine mögliche Lösung des Inklusionsproblems berufstätiger Athletinnen und Athleten im Spitzensport lässt sich mit Blick auf die Systemlogik des Spitzensports und die daraus resultierenden Inklusionsbedingungen eine ganz zentrale Prämisse ableiten: Aufgrund der rigorosen Leistungs- und Überbietungslogik des Spitzensports kann man an der Hyperinklusion in der Athletenrolle kaum etwas ändern. Wenn man in diesem System Siegchancen haben will – und darum geht es ja in erster Linie – dann muss man sich zwangsläufig auf ein absolutes Engagement in diesem Bereich und die außerordentlich hohe Vereinnahmung durch Training und Wettkämpfe einlassen. Ein Teilzeitengagement im Sinne einer Reduzierung von Trainingsumfängen oder eines Verzichts auf Wettkämpfe ist in diesem System nicht möglich. Hier bestehen – wenn überhaupt – nur äußerst geringe Flexibilisierungsmöglichkeiten im Hinblick auf die Trainings- und Wettkampfgestaltung. Das heißt: Auf der Seite der Athletenrolle lässt sich das Problem Dualer Karrieren in Spitzensport und Beruf nicht lösen!

Blickt man demgegenüber auf die Berufsrolle, dann hat man es auch hier mit sehr voraussetzungsvollen, und damit nur begrenzt flexibilisierbaren Inklusionsverhältnissen zu tun. Vergleicht man diese Inklusionsbedingungen jedoch mit denen des Spitzensports, dann weist die Inklusion in die Berufsrolle höhere Flexibilisierungschancen auf als die Athletenrolle. So muss man zwar davon ausgehen, dass es im beruflichen Bereich eine Vielzahl rigide geformter Inklusionsverhältnisse gibt, die sich nicht mit einer Spitzensportkarriere vereinbaren lassen. Grundsätzlich scheint es

jedoch möglich zu sein, Arbeitsverhältnisse so zu formen, dass sie mit Spitzensport vereinbar sind. Eine solche Formung spitzensportspezifischer Arbeitsverhältnisse dürfte auch dadurch begünstigt werden, dass es möglich ist, spitzensportspezifische Leistungen in die systemspezifische Leistungsproduktion von Arbeitsorganisationen zu integrieren – und zwar unter der systemrelevanten Voraussetzung der Sicherung von Zahlungsfähigkeit und Wertschöpfung.

Das heißt also: Eine Lösung des Inklusionsproblems berufstätiger Spitzensportlerinnen und -sportler kann nur über eine Anpassung der Inklusionsverhältnisse in der Berufsrolle erfolgen. Es bedarf also einer Flexibilisierung und Anpassung der beruflichen Inklusion an die Anforderungen des Spitzensports. Eine erfolgreiche Vereinbarung von Spitzensport- und Berufskarriere setzt vor diesem Hintergrund die *Funktionalisierung* von Arbeitsorganisationen im Sinne spitzensportlicher Anforderungen voraus.

Vor dem Hintergrund dieser grundlegenden theoretischen Prämissen gilt es dementsprechend, Möglichkeiten und Grenzen einer Funktionalisierung von Arbeitsorganisationen im Sinne spitzensportlicher Anforderungen zu bestimmen. Dazu werden in einem *ersten* Schritt Arbeitsorganisationen aus einer *organisationssoziologischen Perspektive* analysiert und es wird reflektiert, inwiefern dort Strukturanpassungen möglich sind, die die Inklusionsverhältnisse für berufstätige Athletinnen und Athleten im Spitzensport so verändern, dass sich Spitzensport und Beruf besser miteinander vereinbaren lassen. Dieser organisationsbezogene Blick reicht jedoch allein nicht aus, um abzuschätzen, wie sich notwendige Strukturanpassungen etablieren lassen, so dass eine bessere Vereinbarkeit von Spitzensport- und Berufskarriere möglich wird. Daher werden in einem *zweiten* Schritt theoretische Ansatzpunkte der *Interorganisationsbeziehungen* genutzt, um so nach den generellen Möglichkeiten der Kooperation und Koordination der beteiligten Organisationen zu fragen. Hier gilt es, die Bedeutung der zentralen Koordinationsformen Hierarchie, Markt und Netzwerke im Hinblick auf die Koordination der Interorganisationsbeziehungen zwischen Sport- und Arbeitsorganisationen zu analysieren. Da davon auszugehen ist, dass die Funktionalisierung von Arbeitsorganisationen spezifische Initiativen des organisierten Spitzensports notwendig macht, der Arbeitsorganisationen dafür gewinnen muss, spitzensportgerechte Arbeitsstellen für Athletinnen und Athleten zu schaffen, gilt es im Hinblick auf die Gestaltung der Interorganisationsbeziehungen vor allem auch die Seite der Sportorganisationen in den Blick zu nehmen und zu analysieren, inwiefern die dortigen Strukturen eine effektive Funktionalisierung von Arbeitsorganisationen möglich machen.

Entlang des hier skizzierten theoretischen Bezugsrahmens untersuchte das Forschungsprojekt die Kopplung von Spitzensport- und Berufskarriere auf der Basis von 60 Experteninterviews mit Athletinnen und Athleten, Laufbahnberaterinnen bzw. -beratern an Olympiastützpunkten, Verbands- und Vereinsvertreterinnen bzw. -vertretern sowie Vertreterinnen und Vertretern von Arbeitsorganisationen.

## Ausgewählte Ergebnisse

### *Zum Inklusionsproblem berufstätiger Sportlerinnen und Sportler im Spitzensport*

- Das Inklusionsproblem berufstätiger Spitzensportlerinnen und -sportler manifestiert sich vor allem in drei Dimensionen: als Zeit-, Finanzierungs- und Passungsproblem. Das *Zeitproblem* resultiert aus den hohen Trainingsumfängen und Abwesenheitszeiten, die es den Aktiven kaum möglich machen, einem regelmäßigen Beruf nachzugehen. Dieses Zeitproblem bedingt gleichzeitig ein *Finanzierungsproblem*, denn die Zeitknappheit der Athletinnen bzw. Athleten im Spitzensport lässt es in der Regel nicht zu, in Vollzeit zu arbeiten, was für diese nicht nur mit aktuellen Gehaltseinbußen, sondern auch mit zukünftigen Einbußen im Bereich der Rentenansprüche verbunden ist. Die dritte Problemdimension der *Passung* bezieht sich darauf, dass es im Rahmen „Dualer Karrieren“ für Sportlerinnen bzw. Sportler nicht nur darum geht, eine Arbeit zu finden, die sich zeitlich mit dem Spitzensport verbinden lässt und die ihnen eine Finanzierung des Lebensunterhalts erlaubt, sondern sie benötigen eine langfristige berufliche Perspektive, denn ansonsten verschieben sie das Problem des Berufseinstiegs und der Finanzierung nur in die Zukunft.
- In Abhängigkeit von der Zeit-, Finanzierungs- und Passungsproblematik sowie von den jeweiligen sportlichen und beruflichen Zielen der Athletinnen und Athleten zeichnen sich „Duale Karrieren“ in Spitzensport und Beruf durch ganz unterschiedliche Karriereverläufe und Prioritätensetzungen aus, wobei sich idealtypisch zwei Karriere- und Entscheidungsmuster identifizieren lassen: Der *erste* Athletentypus ist dadurch gekennzeichnet, dass diese Athletengruppe ihre Berufskarriere in Abhängigkeit von den Anforderungen einer erfolgreichen Sportkarriere ausrichtet und dabei bereit ist, zur Steigerung ihrer sportlichen Erfolgchancen auch berufliche Nachteile in Kauf zu nehmen. Der *zweite* Typus legt die Priorität hingegen eindeutig auf die Berufskarriere, was vor allem darin zum Ausdruck kommt, dass diese Athletinnen und Athleten „Duale Karrieren“ nur so lange verfolgen, wie ihre berufliche Entwicklung durch die parallele Sportkarriere nicht beeinträchtigt wird.

### *Zur Etablierung spitzensportgerechter Stellen in Arbeitsorganisationen*

- Die Zuschreibung sportspezifischer und beruflich relevanter Eigenschaften und Kompetenzen, über die Spitzensportlerinnen und -sportler angeblich in hohem Maße verfügen (sollen), stellt eine durchaus bedeutsame Anschluss-offerte für die Einstellung und Beschäftigung von Athletinnen bzw. Athleten dar. Diese Zuschreibung begünstigt vor allem persönliche Entscheidungen, die Personalverantwortliche zugunsten der Spitzensportlerinnen bzw. -sportler treffen, ohne dass diese jedoch bislang in gezielte Strategien der Personalrekrutierung und -entwicklung münden.
- Kommunikative Strategien und Ziele, die zu einer Kompensation zusätzlicher Arbeits- und Abstimmungskosten der Beschäftigung von Spitzensportlerinnen bzw. -sportlern in Arbeitsorganisationen beitragen können, spielen durchaus eine Rolle, wenn es um die Entscheidung geht, Athletinnen bzw. Athleten aus dem Spitzensport einzustellen und zu beschäftigen; letztendlich handelt es sich hier jedoch um einen Begründungszusammenhang, der allein kaum ausreichen dürfte, um

„Duale Karrieren“ in Spitzensport und Beruf zu gewährleisten. Dies gilt vor allem deshalb, weil mögliche Kommunikationsstrategien (z. B. im Rahmen des Sponsoring und des CSR) spezifische Strukturen und Bedingungen sowohl auf der Seite der Arbeitsorganisationen als auch auf Seiten der Aktiven voraussetzen, ohne die die angestrebten Kommunikationsziele nicht erreicht werden können. Bisher sind im Bereich der Kommunikationsstrategien der untersuchten Arbeitsorganisationen von wenigen Ausnahmen abgesehen keine Fälle zu beobachten, bei denen es zu einer programmatischen Verankerung der beruflichen Förderung im Kontext von spezifischen Marketingstrategien kommt. Die Entscheidung, Spitzensportlerinnen bzw. -sportler einzustellen und zu beschäftigen, bleibt in erster Linie personal verankert, und sie basiert zumeist auf spezifischen Konstellationen, die Personen mit einer hohen Spitzensportaffinität zusammenbringen, wodurch entsprechende Unterstützungsleistungen dann überhaupt angestoßen werden. Erst wenn diese Maßnahmen in Gang gekommen sind, erlangen dann auch potenzielle Nutzeneffekte eine Bedeutung, um die berufliche Förderung von Athletinnen bzw. Athleten organisationsintern abzusichern und zu legitimieren.

- Die zeitliche Koordination von Arbeit und Training vor Ort wird vor allem über Teilzeitarbeitsmodelle gewährleistet, bei trainings- und wettkampfbedingten Abwesenheitszeiten greifen vor allem (Sonder-)Urlaubsregelungen. Die höchste zeitliche Flexibilität weisen insgesamt die Ausbildungs- und Beschäftigungsprogramme der staatlichen Sportfördergruppen (Polizei, Feuerwehr) auf, aber auch im Bereich der Unternehmen lassen sich individuelle Unterstützungsleistungen finden, die Athletinnen bzw. Athleten eine hohe zeitliche Flexibilität gewähren. Diese ist allerdings in der Phase der Berufsausbildung noch einmal deutlich höher als bei der Beschäftigung fertig ausgebildeter Sportlerinnen bzw. Sportler, was daran liegt, dass die Ausbildung zeitlich streckbar ist und deutlich geringere Arbeitskosten verursacht.
- Im Hinblick auf die Einbindung spitzensportgerechter Stellen in die Kommunikationswege der Arbeitsorganisation zeigt sich, dass vertikale Kommunikationswege angesichts der Top-down-Hierarchie von Arbeitsorganisationen maßgebend sind, wenn es um die grundsätzliche Entscheidung geht, spitzensportgerechte Stellen zu etablieren und Athletinnen bzw. Athleten beruflich zu unterstützen. Die spitzensportgerechte Formung von Stellen lässt sich jedoch nicht allein durch Unterstützungsprogramme erreichen, die von der Organisationsspitze beschlossen und top-down durchgesetzt werden, weil dies zu Akzeptanzproblemen und Widerständen auf der Ebene von Betriebs- und Personalräten führen kann. Die spitzensportgerechte Formung von Stellen entscheidet sich vielmehr vor allem auch im Rahmen horizontaler Kommunikationswege, denn die notwendige zeitliche Flexibilisierung lässt sich nur durch entsprechende Abstimmungsprozesse auf der Arbeitsebene erreichen, und sie ist in hohem Maße abhängig von der Unterstützungsbereitschaft anderer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.
- Die inhaltliche Eignung von Tätigkeiten für Spitzensportlerinnen bzw. -sportler hängt vor allem von der zeitlichen Flexibilisierbarkeit und der sozialen Einbindung in die Kommunikationswege der Arbeitsorganisation ab. Allgemein gilt: Je höher die zeitliche Flexibilisierbarkeit und je höher die Unabhängigkeit von Dritten ist,



desto besser eignen sich Tätigkeiten, weshalb vor allem eigenverantwortliche und projektorientierte Tätigkeiten vorzugsweise im kaufmännischen Bereich und möglichst ohne Kundenkontakt in Frage kommen. Sehr schwierig gestaltet sich die spitzensportgerechte Formung von gehobenen Tätigkeiten, die eine akademische Ausbildung voraussetzen, weil flexible Arbeitszeitmodelle in diesen Tätigkeitsbereichen eher unüblich sind.

#### *Zur Koordination der Interorganisationsbeziehungen*

- Die Problemlösekapazität *hierarchischer Koordination* im Rahmen staatlicher Modelle (Bundeswehr, Bundespolizei, Zoll, Landespolizei, Kommunen) hängt davon ab, inwiefern es gelingt, die Bereitstellung hochflexibler Arbeitsverhältnisse mit adäquaten, d. h. den Erwartungen und Bedürfnissen der Athletinnen und Athleten entsprechenden, beruflichen Perspektiven zu verbinden. Mit der Differenzierung und Ausweitung entsprechender Förderprogramme auf Länderebene und im kommunalen Bereich ist es der Politik bereits gelungen, die Vielfalt beruflicher Angebote zu erhöhen.
- *Marktförmige Koordination* weist grundsätzlich ein großes Potenzial zur Lösung des Inklusionsproblems auf, weil sie es erlaubt, die berufliche Förderung von Sportlerinnen und Sportlern sowohl an die Systemlogik von Arbeits- als auch von Spitzensportorganisationen anzuschließen und dabei stabile, vertraglich abgesicherte Leistungs-Gegenleistungs-Beziehungen zu etablieren. In der bisherigen Praxis erlangt diese Koordinationsform jedoch (noch) keine herausragende Bedeutung, was in erster Linie an den Schwierigkeiten liegen dürfte, bestimmte Kommunikationsziele von Arbeitsorganisationen mit der beruflichen Förderung von Athletinnen bzw. Athleten zu verknüpfen. Als Legitimations- und Begründungsmuster für Kooperationen, die auf die berufliche Förderung von Athletinnen bzw. Athleten in Arbeitsorganisationen zielen, kann sie dennoch bedeutsam sein.
- *Netzwerke* bieten eine hoch effektive Möglichkeit, Arbeitsorganisationen für die berufliche Förderung von Spitzensportlerinnen bzw. -sportlern zu mobilisieren, indem sie sich die Polykontextualität spezifischer sozialer Adressen in den jeweiligen Organisationen zu Nutze machen. Dies funktioniert dann am besten, wenn die Sportseite auf bestehende persönliche Kontakte zurückgreifen kann, die die gezielte Ansteuerung und Mobilisierung von Fach-, Macht- und Prozesspromotoren erheblich erleichtert. Netzwerke sind auch deshalb besonders effektiv, weil sie solche Kooperationen etablieren, die bedarfsgerecht und flexibel auf die beruflichen Wünsche und Anforderungen von Athletinnen bzw. Athleten reagieren können. Dies setzt allerdings voraus, dass solche Netzwerke auch entsprechend gepflegt und stabilisiert werden, so dass auf beiden Seiten der Eindruck eines reziproken Leistungsaustausches entstehen kann.

## **Sportentwicklungsbericht 2009/2010 (3. Welle)**

(AZ 080902/07-11)

Christoph Breuer (Projektleiter), Pamela Wicker & Martin Forst

Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Sportökonomie und Sportmanagement

### **Problem**

Die Sportentwicklungsberichte – „Analysen zur Situation des Sports in Deutschland“ stellen eine Weiterentwicklung der Finanz- und Strukturanalysen des deutschen Sports (FISAS) dar mit dem Ziel, die Entscheidungsträger im organisierten Sport 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. Methodischer Kerngedanke der Sportentwicklungsberichte ist der Aufbau eines Paneldesigns, d. h. die gleichen Sportvereine sollen alle zwei Jahre zu ihrer Situation befragt werden. Mit den ersten drei Wellen der Sportentwicklungsberichte (2005/06, 2007/08 und 2009/10) liegen somit erstmalig systematische Informationen zur Entwicklung der Sportvereine vor.

### **Methode**

Als Methode kam wie bereits bei den ersten beiden Wellen eine Online-Befragung zum Einsatz. Die Erhebung dieser dritten Welle wurde vom 01.10. bis 20.12.2009 durchgeführt. Als Grundlage für die Stichprobe dienten die von den Landessportbünden zur Verfügung gestellten E-Mail-Adressen der Vereine. Von den insgesamt 90.767 Sportvereinen in Deutschland wurden über 68.000 E-Mail-Adressen übermittelt. Die Anzahl der übermittelten E-Mail-Adressen variierte erheblich von Bundesland zu Bundesland. Nach Abzug doppelt übermittelter Vereine bzw. E-Mail-Adressen wurden 63.468 Sportvereine per E-Mail zur Befragung eingeladen. Die Stichprobe wurde um diejenigen Vereine bereinigt, die aus verschiedenen Gründen nicht an der Befragung teilnehmen konnten. Der Großteil dieser Stichprobenausfälle (ca. 5.400) ist auf fehlerhafte E-Mail-Adressen zurückzuführen. Insgesamt konnten N = 19.345 Interviews realisiert werden, was einem Rücklauf von 33,3 % entspricht. Somit konnte der Stichprobenumfang der zweiten Welle bundesweit um 48 % gesteigert werden. Für die Konstruktion eines Längsschnittdatensatzes und um zu vermeiden, dass Vereine doppelt angeschrieben werden, wurde allen Vereinen eine unveränderliche Vereinsnummer (id) zugewiesen. Mithilfe dieser unveränderlichen Vereinsnummer ist es möglich, diejenigen Vereine zu identifizieren, die sich an den jeweiligen Befragungswellen beteiligt haben. Insgesamt haben bundesweit N = 1.211 Vereine an den Befragungen 2005 und 2009 sowie N = 5.026 Vereine an den Befragungen 2007 und 2009 teilgenommen. Dies entspricht einer Dabeibleiberquote von 32,5 % bzw. 38,5 %.

Seit der zweiten Welle können somit die Veränderungen der Gemeinwohlproduktion, aber auch der Probleme der Sportvereine in Deutschland gemessen werden,



welche auf einer Längsschnittanalyse basieren. In der dritten Welle des Sportentwicklungsberichts werden überwiegend die Veränderungen zwischen 2007 und 2009 gemessen, da dieser Längsschnittdatensatz eine umfangreichere und damit auch zuverlässigere Datenbasis bietet.

## Ergebnisse

Um die Ergebnisse der dritten Welle aufzuarbeiten, wurden ein Bundesbericht, 16 Länderberichte sowie sieben Themenberichte erstellt (Breuer, 2011). Darüber hinaus konnten im Rahmen mehrerer deutsch-, englisch- und französischsprachiger Veröffentlichungen sowohl ein Überblick zu den erhobenen Ergebnissen gegeben werden (Breuer & Wicker, 2011abcd) als auch einzelne problem- und ressourcenorientierte Analysen zur Anwendung kommen (Breuer & Wicker, 2010; Breuer, Wicker & von Hanau, in Druck; Wicker & Breuer, 2010, in Druck).

Im Folgenden werden die Ergebnisse auf Bundesebene zusammengefasst. Sportvereine stellen ein besonders gemeinwohlorientiertes Sportangebot bereit, was auch in ihren Vereinszielen zum Ausdruck kommt. So ist es ihnen unter einer Vielzahl an Vereinszielen besonders wichtig, Werte wie z. B. Fair Play, Toleranz zu vermitteln, eine preiswerte Möglichkeit des Sporttreibens zu bieten und sich für eine gleichberechtigte Partizipation von Mädchen/Frauen und Jungen/Männern zu engagieren. Überdies legen die Sportvereine viel Wert auf Gemeinschaft sowie Geselligkeit und möchten Menschen mit Migrationshintergrund Sporttreiben ermöglichen. Damit dürften sich die Sportvereine maßgeblich von anderen Sportanbietern unterscheiden. Im Zeitverlauf zwischen 2005 und 2009 zeigt sich das gemeinwohlorientierte Selbstverständnis der Sportvereine als bemerkenswert stabil.

Immer mehr Sportvereine erstellen gemeinsame Angebote mit Schulen, anderen Sportvereinen, Kindergärten/Kindertagesstätten und kommerziellen Anbietern. Über 27 % aller Sportvereine in Deutschland kooperieren bereits bei der Angebotserstellung mit Schulen. Dabei kooperieren fast 20 % aller Sportvereine mit einer Grundschule, gut 10 % mit einer Hauptschule, knapp 10 % mit einem Gymnasium und gut 8 % mit einer Realschule.

Immer mehr Vereine bieten auch Kursangebote für Nichtmitglieder an. Zudem sind Sportvereine Garanten dafür, dass finanziell erschwingliche organisierte Sportangebote von der breiten Bevölkerung nachgefragt werden können. Die Hälfte aller Sportvereine verlangt einen jährlichen Mitgliedsbeitrag für Kinder von maximal € 25,-, für Jugendliche von maximal € 30,-, für Erwachsene von maximal € 56,- und für Familien von maximal € 100,-.

Weiterhin haben im Durchschnitt 9 % der Mitglieder der deutschen Sportvereine einen Migrationshintergrund. Dies entspricht insgesamt rund 2,6 Mio. Menschen mit Migrationshintergrund, die in den rund 90.000 Sportvereinen integriert sind. Insgesamt besitzen durchschnittlich 4,7 % aller ehrenamtlich Engagierten einen Migrationshintergrund. Damit hat der Migrantenanteil unter den Ehrenamtlichen seit 2007 deutlich zugelegt.

Probleme stellen für die Sportvereine vor allem die Bindung und Gewinnung von ehrenamtlichen Funktionsträgerinnen und -trägern, jugendlichen Leistungssportle-

rinnen und -sportlern, Übungsleiterinnen/Übungsleitern und Trainerinnen/Trainern, Schieds-/Kampfrichterinnen und -richtern sowie Mitgliedern dar. Unterstützungsbedarf besteht ferner hinsichtlich der Kosten des Wettkampfbetriebs sowie der Anzahl an Gesetzen, Verordnungen und Vorschriften für die Sportvereine. Überdies haben sich Probleme der Sportstättenversorgung verschärft.

In finanzieller Hinsicht sind die Ausgaben für Trainerinnen und Trainer, Übungsleiterinnen und -leiter sowie Sportlehrerinnen und -lehrer, für die Durchführung eigener sportlicher Veranstaltungen, für außersportliche Veranstaltungen, für Wartungspersonal, für Gema-Gebühren und für Versicherungen sowie die allgemeinen Verwaltungskosten und die Reisekosten für Übungs- und Wettkampfbetrieb signifikant gestiegen.

## Diskussion

Aus den Befunden des Sportentwicklungsberichts können verschiedene Schlussfolgerungen gezogen werden. Auch die dritte Welle der Sportentwicklungsberichte verdeutlicht, dass die Sportvereine in Deutschland institutionelle Garanten für die sportbezogene Gemeinwohlproduktion sind. Sportliche Aktivität im Verein erzeugt aufgrund der institutionellen Rahmenbedingungen des Vereins zugleich mehr positive externe Effekte als Sporttreiben in anderen institutionellen Arrangements (z. B. informelles Sporttreiben oder sportliche Betätigung in kommerziellen Einrichtungen). Die gemeinwohlorientierte Ausrichtung der Sportvereine lässt sich dabei sowohl an ihrem Selbstverständnis in Form der Vereinsziele als auch an den niedrigen Mitgliedsbeiträgen erkennen. Aufgrund dieses Sachverhalts ist Sporttreiben im Verein keinesfalls eine rein private Angelegenheit, sondern scheint von besonderem gesellschaftlichem Interesse zu sein. Aus ordnungspolitischer Perspektive sollten Staat und Politik die vorhandene Situation berücksichtigen und den Vereinssport weiter fördern – sei es mit direkten Zuwendungen, mittels der Gewährung von Steuervorteilen oder durch kostengünstige Möglichkeiten der Nutzung öffentlicher Sportanlagen. Die dargestellten Ergebnisse zeigen bezugnehmend auf diese Handlungsempfehlung eben gerade auch, dass die Kosten für die Sportvereine in verschiedenen Bereichen signifikant gestiegen sind und dass sich darüber hinaus Probleme der Sportstättenversorgung verschärft haben. Vor dem Hintergrund des Ausbaus der Ganztagschule und der damit verbundenen intensiveren Sportstättennutzung durch Schulen ist es folglich wichtig, dass weiterhin öffentliche Sportanlagen in ausreichendem Maße für die Vereinsnutzung bereit gestellt werden.

Die dargestellten Ergebnisse bieten den Sportbünden und -verbänden die Möglichkeit ihre Beratungs- und Unterstützungsleistungen für die Sportvereine zu optimieren und dabei die im Sportentwicklungsbericht dargestellten länderspezifischen Besonderheiten zu beachten. Thematische Schwerpunkte sollten die Verbände mit ihren Beratungs- und Unterstützungsleistungen insbesondere in den Bereichen der Bindung und Gewinnung von ehrenamtlichen Funktionsträgerinnen und -trägern sowie von Mitgliedern, der Kostenentwicklung, der Bewältigung bürokratischer Prozeduren und der Bewältigung der Sportstättenversorgung setzen.

Vor dem Hintergrund der Internationalisierung der Bevölkerung werden auch die Leistungen der Sportvereine im Hinblick auf die Integration von Migranten als zunehmend wichtiger angesehen. Auch in diesem Bereich zeigen die Sportvereine ihre Gemeinwohlbedeutung, indem rund 2,6 Mio. Menschen mit Migrationshintergrund in den über 90.000 Sportvereinen integriert sind. Doch ist zu konstatieren, dass die Verwirklichung des sportpolitischen Ziels, mehr Migrantinnen bzw. Migranten in die Sportvereine zu integrieren, intensiver Hilfestellungen bedarf. Denn bereits die Ergebnisse der vorangegangenen Welle machten deutlich, dass Vereine mit einem hohen Migrantenanteil teilweise spezifische Problemstellungen und einen besonderen Unterstützungsbedarf aufweisen.

Letztlich ist den Sportvereinen zu empfehlen, dass sie sich von anderen Akteuren des Sportsektors, wie beispielsweise kommerziellen Anbietern, deutlich abgrenzen. Um dies zu erreichen, sollten die Sportvereine vermehrt auf ihre eigenen Stärken hinweisen (z. B. Geselligkeit, soziale Kontakte, günstige Möglichkeit des Sporttreibens, Qualifikationen des Trainer- bzw. Übungsleiterteams). Die bestehenden Vorteile einer Sportvereinsmitgliedschaft müssen gezielt an potenzielle Mitglieder kommuniziert werden, da vielfältige sportliche und nicht-sportliche Freizeitangebote außerhalb der Sportvereinslandschaft bestehen. Eine zielgerichtete Kommunikationspolitik ist hier von besonderer Bedeutung, da auf diese Art und Weise verschiedene Personengruppen (z. B. Jugendliche, jüngere Erwachsene, Senioren) effektiv auf unterschiedlichen Wegen (z. B. Internetauftritt, lokale und überregionale Tageszeitungen) angesprochen werden können. Empirische Indizien für das Stärkenprofil der Sportvereine lassen sich beispielsweise durch die dargestellten Vereinsziele finden, die die Orientierung und die Ausrichtung des Vereinshandelns verdeutlichen.

Angesichts bestehender Problemlagen (z. B. der Sportstättenversorgung oder der Bindung/Gewinnung von Mitgliedern) und sich verändernder Gegebenheiten (z. B. Ganztagschule) erscheint insbesondere die aktive Entwicklung von Kooperationen mit anderen Institutionen für die Sportvereine zweckmäßig. Über derartige Kooperationen können sowohl Synergieeffekte als auch Antizipationsmöglichkeiten in Bezug auf gesellschaftliche Veränderungen erschlossen werden, die dabei helfen, neue Handlungsspielräume für die Sportvereine entstehen zu lassen. Die wachsenden Kooperationsaktivitäten mit Schulen, anderen Sportvereinen, Kindergärten bzw. Kindertagesstätten und kommerziellen Anbietern, die bereits beschrieben wurden, weisen in diesem Sinne bereits in die richtige Richtung.

## Literatur

- Breuer, C. (Hrsg.) (2011). *Sportentwicklungsbericht 2009/2010. Analyse zur Situation der Sportvereine in Deutschland*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Breuer, C. & Wicker, P. (2010). Les associations sportives en Allemagne: entre subvention et imposition. *JuriSport Revue Économique & Juridique du Sport*, 97, 38-41.
- Breuer, C. & Wicker, P. (2011a). *Rapport sur l'Évolution Sportive 2009/2010. Analyse de la situation des associations sportives en Allemagne. Version abrégée*. Cologne: Sportverlag Strauß.
- Breuer, C. & Wicker, P. (2011b). *Sportentwicklungsbericht 2009/2010. Analyse zur Situation der Sportvereine in Deutschland. Kurzfassung*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Breuer, C. & Wicker, P. (2011c). *Sports Development Report 2009/2010. Analysis of the situation of sports clubs in Germany. Abbreviated Version*. Cologne: Sportverlag Strauß.
- Breuer, C. & Wicker, P. (2011d). *Zur Lage der Sportarten in Deutschland – Eine Analyse zur Situation der Sportvereine in Deutschland auf Basis der Sportentwicklungsberichte*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Breuer, C., Wicker, P. & von Hanau, T. (in Druck). Consequences of the decrease in volunteers among German sports clubs: Is there a substitute for voluntary work? *International Journal of Sport Policy and Politics – Special Issue: Sports Volunteering*.
- Wicker, P. & Breuer, C. (2010). Analysis of problems using Data Mining techniques – findings from sport clubs in Germany. *European Journal for Sport and Society*, 7 (2), 131-140.
- Wicker, P. & Breuer, C. (in Druck). Scarcity of resources in German non-profit sport clubs. *Sport Management Review* (2010), doi: 10.1016/j.smr.2010.09.001.



---

## **Ehrenamtliches und freiwilliges Engagement im Sport**

### **Sportbezogene Sonderauswertung der Freiwilligensurveys 1999, 2004 und 2009**

(AZ 080901/10)

Sebastian Braun

Humboldt-Universität zu Berlin,  
Forschungszentrum für Bürgerschaftliches Engagement  
und Abteilung Sportsoziologie im Institut für Sportwissenschaft

### **Problem**

Sportvereine sind freiwillige Vereinigungen, die ihre Leistungen vorrangig durch die Verbindung verschiedener Formen der freiwilligen Mitgliederbeteiligung im Sinne eines bürgerschaftlichen Engagements erstellen: durch das Spenden von Zeit und Wissen der Mitglieder, das durch das Spenden von Geld in Form von Mitgliedschaftsbeiträgen und anderweitigen freiwillig geleisteten Zuwendungen ergänzt wird. Das freiwillige und ehrenamtliche Engagement lässt sich insofern in doppelter Hinsicht als ein „Bestandserhaltungsgebot“ von Sportvereinen interpretieren: einerseits, um die Vereinsleistungen und -angebote zu erstellen; und andererseits, um die vereinskulturellen Grundlagen zu (re-)produzieren.

Wie umfangreich diese maßgebliche vereinsökonomische und -kulturelle Ressource in der Bevölkerung verfügbar ist, lassen die Ergebnisse der sportbezogenen Sonderauswertung der Freiwilligensurveys von 1999, 2004 und 2009 erkennen, die im vorliegenden Kurzbericht im Mittelpunkt stehen (vgl. dazu ausführlich Braun, 2011a). Diese Sonderauswertung, die unter anderem in die „Nationale Engagementstrategie“ der Bundesregierung eingebettet ist, war zugleich eingebettet in eine breiter angelegte Untersuchung über den „Deutschen Olympischen Sportbund (DOSB) in der Zivilgesellschaft“, die vom BMFSFJ aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert wurde (vgl. dazu Braun, 2011b).

### **Methode**

Die so genannten „Freiwilligensurveys“ aus den Jahren 1999, 2004 und 2009 wurden vom Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (BMFSFJ) in Auftrag gegeben und von TNS Infratest Sozialforschung realisiert. Die dabei zugrunde liegenden Datensätze waren zum jeweiligen Erhebungszeitpunkt repräsentativ für die Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland im Hinblick auf die Merkmale Alter ab 14 Jahre, Geschlecht, Bundesland und Gemeindegrößenklasse. Sie umfassen relativ große Stichproben mit bis zu 20.000 Befragten, die Aussagen zum ehrenamtlichen und freiwilligen Engagement auch im Handlungsfeld Sport und Bewegung über einen Zeitraum von zehn Jahren erlauben (vgl. Gensicke & Geiss, 2010).

Tab. 1. *Subgruppen und Fallzahlen (N) der Freiwilligensurveys (FS) und der sportbezogenen Sonderauswertung im Jahr 1999, 2004 und 2009.*

	Freiwilligensurveys (Bevölkerungsstichprobe ab 14 Jahre)		Freiwilligensurveys Sport (Subgruppen im Sportbereich ab 14 Jahre)		
	gesamt	freiwillig Engagierte	Aktive	freiwillig Engagierte	zeitaufwendigste Tätigkeit
FS 1999	14.922	5.076	5.459	1.674	1.380
FS 2004	15.000	5.350	5.984	1.658	1.338
FS 2009	20.005	7.173	8.380	2.026	1.600

## Ergebnisse

Versucht man, ausgewählte empirische Ergebnisse über das Handlungsfeld Sport und Bewegung knapp zusammenfassen, dann lässt sich ein zentraler Befund hervorheben: erstmals seit Gründung des Deutschen Sportbundes (DSB) bzw. des DOSB kann ein Rückgang des freiwilligen und ehrenamtlichen Engagements in dem quantitativ mit Abstand bedeutendsten Handlungsbereich gemeinschaftlicher Aktivitäten in Deutschland auf der Basis repräsentativer Bevölkerungsbefragungen im Zehnjahresvergleich nachgezeichnet werden.

Dabei lassen die empirischen Ergebnisse parallel laufende Trends erkennen:

1. Das Handlungsfeld Sport und Bewegung bindet konstant den mit Abstand vergleichsweise höchsten Anteil ehrenamtlich und freiwillig engagierter Personen: Rund ein Zehntel der Bevölkerung in Deutschland im Alter ab 14 Jahre engagierte sich im Jahr 2009 im Feld Sport und Bewegung, davon rund 90 % in den Sportvereinen. Trotz der Expansion und Pluralisierung der Sport- und Bewegungsarrangements jenseits des vereinsorganisierten Sports gelingt es den Sportvereinen bisher offenbar relativ konstant, im Handlungsfeld Sport und Bewegung das „knappe Gut“ des freiwilligen und ehrenamtlichen Engagements quasi „monopolartig“ an sich zu binden.
2. Allerdings deuten sich unterhalb dieser imposanten „zivilgesellschaftlichen Infrastrukturdaten“ Erosionstendenzen an. Diese Erosionstendenzen werden in der Vereinsforschung wie auch in den sportpolitischen Debatten zwar schon seit längerem thematisiert, bisher lagen allerdings keine personenbezogenen Bevölkerungsbefragungen vor, die der vielzitierten „Krise des Ehrenamts“ empirischen Nährboden geben konnten. Die Freiwilligensurveys von 1999 bis 2009 lassen nunmehr erkennen, dass ein Rückgang des freiwilligen und ehrenamtlichen Engagements im Handlungsfeld Sport und Bewegung zu konstatieren ist – und das bei einer ansonsten stabilen Engagementquote in der Bevölkerung von rund 36 %.

Während sich im Jahr 1999 noch 11,2 % der Bevölkerung ab 14 Jahre im Handlungsfeld Sport und Bewegung engagierten und im Jahr 2004 die Quote geringfügig auf 11,1 % sank, ging das freiwillige und ehrenamtliche Engagement der ab 14-Jährigen im Jahr 2009 auf 10,1 % zurück. Zwar könnte dieser Rückgang prozentual betrachtet gering erscheinen; hochgerechnet und in Absolutzahlen



ausgedrückt bedeutet er aber Verluste im Umfang von ca. 650.000 Engagierten. Dass dieser Rückgang sport- und engagementpolitisch als ausgesprochen bedeutsam zu bewerten ist, lassen nicht zuletzt die Daten zu den anderen Engagementbereichen erkennen, die im Freiwilligensurvey berücksichtigt wurden. Lediglich im Bereich „Freizeit und Geselligkeit“ sind ähnlich umfangreiche, zeitlich aber auf den Zehnjahreszeitraum gestreckte Rückgänge zu verzeichnen.

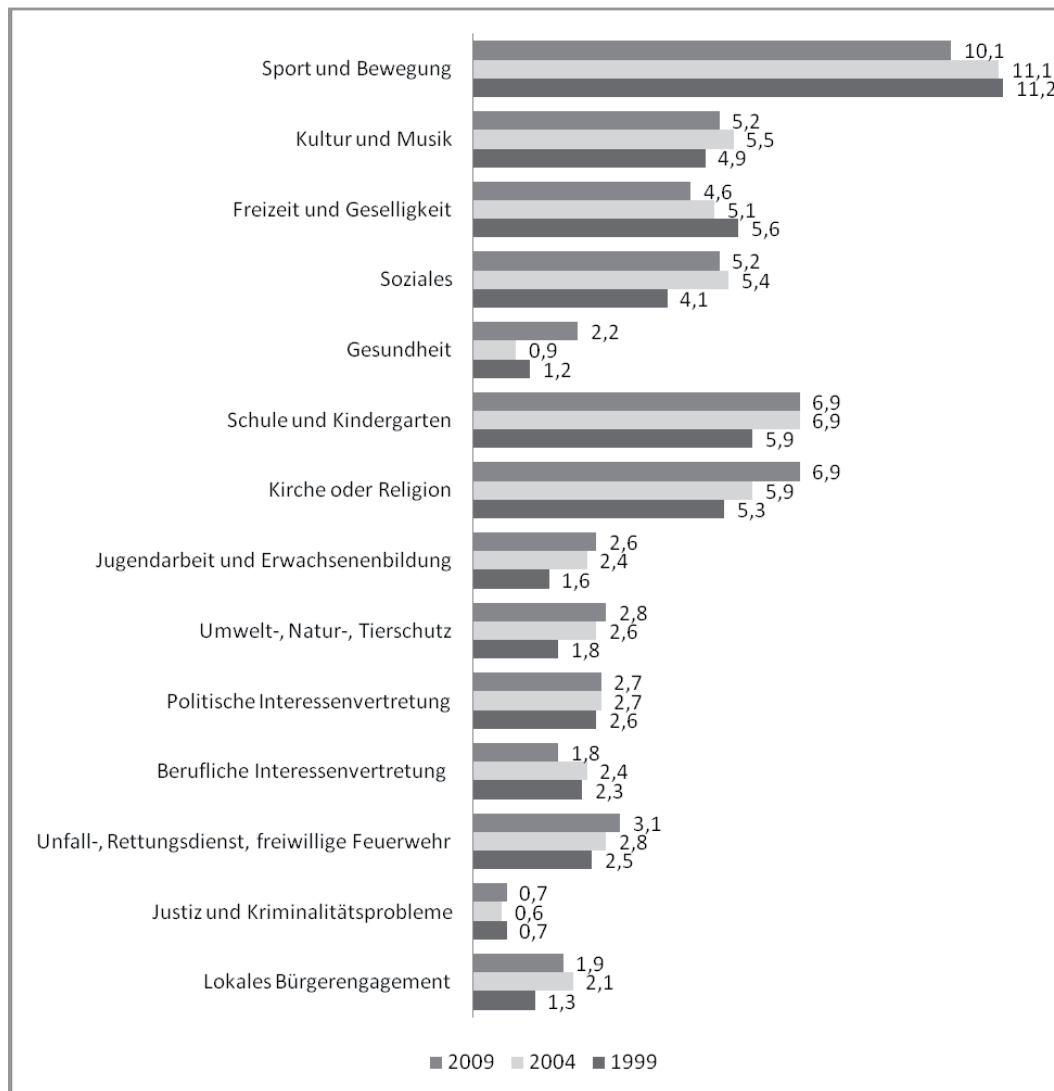


Abb. 1. Anteil der in der Zivilgesellschaft freiwillig und ehrenamtlich Engagierten in der Bevölkerung ab 14 Jahre im Jahr 1999, 2004 und 2009, differenziert nach Handlungsfeldern. Mehrfachnennungen. Prozentwerte (1999 N = 14.922, 2004 N = 15.000, 2009 N = 20.005). Sportbezogene Sonderauswertung der Freiwilligensurveys 1999 - 2009.

3. Darüber hinaus sank innerhalb der Gruppe der im Sportbereich Engagierten sukzessive der Anteil der Funktionsträger und insbesondere der Funktionsträgerinnen in Leitungs- und Vorstandsfunktionen. Während im Jahr 1999 38 % derjenigen, die im Handlungsfeld Sport und Bewegung ihre zeitaufwendigste Tätigkeit ausübten, eine Leitungs- oder Vorstandsfunktion übernommen hatten, ist der entsprechende Anteil bis 2009 kontinuierlich auf ein Drittel zurückgegangen bzw. um rund 4 Prozentpunkte gesunken. Damit fügt sich der Sportbereich zwar in einen generellen Trend ein, den die Freiwilligensurveys für das Engagement der Bevölkerung insgesamt zeichnen. Berücksichtigt man in diesem Kontext aber, dass die Zahl der Sportvereine in Deutschland in den letzten Jahren weiterhin gestiegen ist, dann dürfte die immer wieder betonte Sorge von Vereinsvorsitzenden an empirischer Substanz gewinnen, dass speziell die Besetzung von Leitungs- und Vorstandspositionen eine immer größere Herausforderung des vereins- und verbandsorganisierten Sports darstellt.
4. Gewissermaßen als „kompensatorische Reaktion“ auf die rückläufigen Engagementquoten erhöhten die Engagierten kontinuierlich ihre Zeitbudgets zugunsten ihres Engagements und gingen offensichtlich auch dauerhaft verpflichtendere Engagements im Sportbereich ein. In diesem Kontext zeigt sich zudem eine wachsende Bereitschaft unter den Engagierten, ihr Engagement ggf. zeitlich weiter auszudehnen. Erklärte 1999 ein Drittel der Engagierten, dass sie sich eine Ausdehnung des Engagements vorstellen könnten, so waren es 2009 bereits 43,4 %, die diese Aussage machten – ein Anstieg um mehr als 10 Prozentpunkte.
5. Offenbar „schlummert“ unter den Aktiven im Handlungsfeld Sport und Bewegung, die sich bislang nicht freiwillig und ehrenamtlich engagierten, ein zunehmendes, wenngleich eher diffuses „Engagementpotenzial“. Zwei Drittel von ihnen waren – nach eigener Auskunft – 2009 bereit oder vielleicht bereit, sich zu engagieren. Diese Bereitschaft ist im Zehnjahreszeitraum um rund 15 Prozentpunkte gestiegen. Diese Tendenz, ggf. Aufgaben auf freiwilliger Basis zu übernehmen, sofern sich etwas Interessantes finden lässt, dokumentieren die Freiwilligensurveys nicht nur für das Handlungsfeld Sport und Bewegung, sondern für die Bevölkerung insgesamt.

## Diskussion

Vor diesem empirischen Hintergrund scheinen die Freiwilligensurveys der These von einer „Krise des Ehrenamts“ im Sportbereich und speziell in den Sportvereinen ebenso empirischen Nährboden zu geben wie der – damit verkoppelten – These über einen Wandel vom „alten“ zum „neuen Ehrenamt“, der sich speziell im Sportvereinswesen mit seinen zahlreichen Leitungs- und Vorstandsfunktionen manifestieren dürfte.

Tab. 2. *Idealtypische Gegenüberstellung von Merkmalen des „alten“ und „neuen Ehrenamts“*

<b>Altes Ehrenamt</b>	<b>Neues Ehrenamt</b>
weltanschauliche und dauerhafte Bindung an eine Trägerorganisation	vielfältige, zeitlich befristete und projektorientierte Engagements
milieugebundene Sozialisation, „Ochsentour“	biografische Passung
selbstloses Handeln, Aufopferung und Fürsorge	Medium der Selbstfindung und Selbstsuche; Aufbau sozialer Beziehungen und Netzwerke
unentgeltlich	Aufwandsentschädigung, Honorartätigkeit, Niedriglohnbeschäftigung
Laientätigkeit	Kompetenzentwicklung, ausbildungsorientiert, (Semi-) Professionalität

Folgt man den vielfältigen Annahmen über einen „Strukturwandel des Ehrenamts“, der sich quasi „hinter dem Rücken“ der Sportvereine im Kontext eines gesellschaftlichen Modernisierungsprozesses vollzieht, dann dürften die skizzierten Veränderungstendenzen im freiwilligen und ehrenamtlichen Engagement durchaus mit erheblichen Herausforderungen für den vereins- und verbandsorganisierten Sport verbunden sein. Denn speziell im Hinblick auf die Gewinnung von neuen und die Bindung von bereits freiwillig Engagierten im Sportbereich stellt sich die Frage, ob das „Freiwilligenmanagement“ der Sportvereine ausreicht, um auch das „neue Ehrenamt“ systematisch zu gewinnen, ohne dabei das „alte Ehrenamt“ und dessen dauerhafte Bindung zu vernachlässigen.

Zumindest ist der Typus des „neuen Ehrenamtlichen“ aus der Perspektive der Vereine und Verbände „unbequemer“ als der Typus des „alten Ehrenamtlichen“. Der „neue Ehrenamtliche“ fragt immer wieder nach dem persönlichen Sinn und Nutzen seines freiwilligen Engagements im vereins- und verbandsorganisierten Sport und handelt weitaus seltener als der „alte Ehrenamtliche“ aus einer selbstverständlichen, eingelebten Gewohnheit heraus. Dieses selbstreflexive und rational motivierte Handeln macht den „neuen Ehrenamtlichen“ voraussetzungsvoller, um ihn längerfristig an einen Sportverein zu binden. Inwieweit eine solche längerfristige Bindung gelingen wird, dürfte maßgeblich davon abhängen, ob entsprechende Gelegenheitsstrukturen vorhanden sind oder geschaffen werden, die für das „neue Ehrenamt“ attraktiv sind.

Inwieweit diese Arrangements existieren, dürften die Funktionsträger in dem überaus mannigfaltigen Sportvereins- und -verbandswesen vor Ort am besten beantworten können. Um nur einige Fragen als Diskussionsanstöße anzudeuten: Werden

den Engagierten und potenziell Engagementbereiten anspruchsvolle – und zugleich zeitlich und fachlich nicht überfordernde – Aufgabenfelder übertragen, in denen sie mit einer gewissen Eigenständigkeit und praktisch folgenreich agieren können? Gibt es entsprechende Strukturen und verantwortliche Personen, in bzw. mit denen sie ihre Vorstellungen von einem freiwilligen Engagement diskutieren können, um ggf. auch neue Projektideen in die Vereinspolitik einzubringen? Und werden sie systematisch dazu angeleitet, sich als freiwillig Engagierte kompetent im Sportverein zu verhalten? Wird ihnen also das notwendige Wissen über die Ordnung und die Verflechtungen im Sportverein zur Verfügung gestellt, so dass sie die vorhandenen Partizipationschancen auch tatsächlich wahrnehmen können? Werden ihnen also Informationen zur taktischen und strategischen Kooperation gegeben, um ihre präferierten Ziele und Vorstellungen im Verein und auch außerhalb des Vereins geltend machen zu können? Darüber hinaus stellt sich die Frage, ob es neben einer „Willkommenskultur“ für Engagierte auch eine „Verabschiedungskultur“ gibt, die es Engagierten ermöglicht, nach einem zeitlich definierten Projekt auch wieder „im Guten“ das Engagement einzustellen.

Die Liste von Fragestellungen im Hinblick auf ein „Freiwilligenmanagement“ in Sportvereinen, das „personalpolitische“ Elemente der Aktivierung und Lenkung systematisch mit Fragen der Bindung und Verabschiedung von Engagierten verbindet, ließe sich problemlos verlängern. Was bleibt sind die empirischen Ergebnisse der Freiwilligensurveys, die Anlass geben, sich in der sportverbandlichen Politikgestaltung auf eine neue Weise mit Fragen nach der „Zukunft des Ehrenamts“ im Sportbereich auseinanderzusetzen. Die gesellschaftspolitischen und fachwissenschaftlichen Diskussionen, die gegenwärtig über das sich neu konstituierende Politikfeld der „Engagementpolitik“ geführt werden, bieten dazu ein günstiges Zeitfenster, um unter veränderten politischen Rahmenbedingungen über eine eigenständige „sportbezogene Engagementpolitik“ zu reflektieren (vgl. dazu Braun, 2011b).

## Literatur

Die drei folgenden Publikationen dokumentieren zentrale Ergebnisse der Freiwilligensurveys 1999-2009 und speziell der sportbezogenen Sonderauswertung und bieten darüber hinaus ein umfangreiches Literatur- und Quellenverzeichnis zur Thematik. Eine längere Fassung dieses Beitrags mit Literaturangaben kann beim Verfasser angefragt werden:

Braun, S. (2011a). *Ehrenamtliches und freiwilliges Engagement im Sport. Sportbezogene Sonderauswertung der Freiwilligensurveys 1999, 2004 und 2009*. Schriftenreihe des Bundesinstituts für Sportwissenschaft 2011/03. Köln: Sport & Buch Strauß.

Braun, S. (2011b, in Druck). *Der Deutsche Olympische Sportbund (DOSB) in der Zivilgesellschaft. Eine sozialwissenschaftliche Analyse zur sportbezogenen Engagementpolitik*. Wiesbaden: VS-Verlag für Sozialwissenschaften.

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.

---

## **Entwicklung einer Talentdiagnostik zur Analyse und Bewertung taktischer Kompetenzen im Sportspiel** (AZ 071008/08-09)

Nele Schlapkohl<sup>1,2</sup>, Markus Raab (Projektleiter)<sup>2</sup>, Klaus Gärtner<sup>1,2</sup>  
& Hilke Zastrow<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universität Flensburg, Institut für Bewegungswissenschaften und Sport

<sup>2</sup>Deutsche Sporthochschule Köln, Psychologisches Institut

### **Problem**

Das Ziel des Forschungsprojektes ist die Entwicklung, Erprobung und Validierung eines sportpsychologischen Diagnoseverfahrens für taktische Kompetenzen von Sportspielerinnen bzw. -spielern. Am Beispiel Handball soll für den Leistungssport eine Talentdiagnostik realisiert werden, die Trainerinnen und Trainern im Spitzensport sowie Fachverbänden eine fehlende und notwendige Diagnostik für den Bereich der Taktik anbietet. Der Messplatz für taktische Kompetenzen soll als diagnostisches Verfahren neben der qualitativen Spielbeobachtung eine unterstützende Rolle bei der Talentsichtung einnehmen. Es wird die Absicht verfolgt, die taktische Leistungsfähigkeit von Spielerinnen bzw. Spielern unabhängig von der Leistungsstärke des jeweiligen Auswahlteams und der Eingangsvoraussetzungen zu überprüfen und den Trainerinnen und Trainern entsprechend objektive Daten hinsichtlich der taktischen Leistungsfähigkeit der Spielerinnen und Spieler zur Verfügung zu stellen.

Die Messplatzentwicklung dient somit der Erweiterung und der Unterstützung des bisherigen Sichtungsverfahrens. Die Erweiterung liegt erstens in einem positionsspezifischen Testaufbau. In den Sportspielen wird vermehrt ein positionsspezifischer Testaufbau gefordert, da taktische Leistungen im Spitzensport immer an die spielerpositionsspezifischen Funktionen gebunden sind (vgl. Farrow, Rendell & Gormann, 2006). Zweitens können viele der bisherigen videobasierten Testsysteme die wahrnehmungsspezifischen Anforderungen der Spielerinnen und Spieler nicht abbilden. Aufgrund dessen wird ein dreidimensionales Verfahren eingesetzt, das vermehrt in olympischen Diagnostikzentren in Ozeanien und Amerika eingesetzt wird (Williams & Ward, 2007). Drittens sind viele bisherige Systeme im Bereich der taktischen Kompetenzen mit langfristigen Datenverarbeitungen verbunden. Die Forderung nach Schnell- oder Sofortinformationen im Rahmen von Sichtungslehrgängen soll in diesem Projekt umgesetzt werden.

### **Methode**

Das Forschungsprojekt gliedert sich in zwei Durchführungsphasen. Zu Beginn wird der Messplatz entwickelt und überprüft. In diesem Rahmen werden sechs inhaltliche und instrumentelle Voruntersuchungen durchgeführt: Trainerbefragung, Erfassung der taktischen Trainingsinhalte, Kameraeinstellung, Videoproduktion, Videoauswahl und Interactive-Voting-System (vgl. Schlapkohl, Raab & Gärtner, in Bearbeitung).

Im weiteren Teil des Forschungsprojektes wird der Messplatz in drei unterschiedlichen Leistungsebenen eingesetzt. In Studie 1 wird der Messplatz erstmalig auf Vereinsebene angewendet ( $N = 15$ ,  $MA_{\text{Alter}} = 16$ ,  $SD = 1$ ). Taktische Kompetenzen werden ermittelt und mit der qualitativen Trainerbeurteilung verglichen. In Studie 2 wird der Messplatz im D-Kader-Bereich eingesetzt (Landesverband Schleswig-Holstein ( $N = 15$ ,  $MA_{\text{Alter}} = 15$ ,  $SD = 1$ ). Neben der Messung der taktischen Kompetenzen und der Trainerbeurteilung werden die Eingangsvoraussetzungen der Spielerinnen und Spieler erfasst und analysiert. Nach dieser Testanwendung wird das Messinstrument in Kooperation mit dem Deutschen Handball Bund inhaltlich und instrumentell evaluiert. In Studie 3 wird das Messinstrument im Rahmen eines DHB-Sichtungslehrgangs eingesetzt ( $N = 24$ ,  $MA_{\text{Alter}} = 15$ ,  $SD = 1$ ). Erweitert wurde der Messplatz durch positionsspezifische Videos.

### **Der Messplatz**

Der Messplatz wird in die Module *Eingangsvoraussetzung*, *taktisches Wissen und Wahrnehmung/Entscheidung* unterteilt. Anhand dieser Ausdifferenzierung und der damit verbundenen Komplexität des Messinstruments sollen die individuellen Unterschiede der taktischen Leistungsfähigkeit erfasst werden.

*Modul Eingangsvoraussetzung:* Aufgabe dieses Moduls ist die Erfassung von Vorerfahrungen der Versuchspersonen. Dazu werden Daten zur Spielposition, zum Trainingsalter und zu Trainingsinhalten erfasst.

*Modul Wissen:* In diesem Modul wird das allgemeine und positionsspezifische taktische Wissen der Spielerinnen und Spieler erhoben. In Anlehnung an vorherige Untersuchungen im Handball wird ein Wissenswiedererkennungstest angewendet, dessen Inhalte auf der DHB-Rahmentrainingskonzeption und der Befragung von Experten zu verschiedenen Angriffs- und Abwehrformationen beruhen (vgl. Roth & Raab, 1998). Der Wiedererkennungstest wird inhaltlich speziell für die jeweilige Alters- und/oder Leistungsstufe konzipiert.

*Modul Wahrnehmung/Entscheidung:* In diesem Modul werden die Entscheidungsgeschwindigkeit und die Qualität der Entscheidungen gemessen. Die Basis dafür ist ein Videotest. Dieser Videotest wurde bereits in früheren und parallel laufenden Forschungsprojekten eingesetzt und auf die Anforderungen positionsspezifischer Stimuli in 3D-Präsentation angepasst (Zastrow, Schlapkohl & Raab, 2010). Wie im ersten Modul wird die taktische Kompetenz der Probandengruppe allgemein und positionsspezifisch getestet.

## **Ergebnisse und Diskussion**

### **Studie 1**

Es wurde angenommen, dass der Messplatz die taktischen Kompetenzen (Wissen, Wahrnehmung, Entscheidung) eines Spielers bzw. einer Spielerin besser erfasst als die qualitative Spielbeobachtung durch die Trainerin bzw. den Trainer. Die hohe Korrelation zwischen den Ergebnissen des Messplatzes und des Trainerrankings ( $r = .73$ ;  $p > .05$ ) ebenso wie die Ergebnisse der multiplen Regressionsanalyse



( $R^2 = .55$ ;  $F(2, 12) = 3.83$ ,  $p < .05$ ) verdeutlichen, dass die Hypothese nicht bestätigt werden kann. Der Messplatz und die Trainerbeurteilung korrelieren hoch miteinander und zeigen einen sehr geringen Unterschied. Der Messplatz bietet somit keine weiteren Ergebnisse, die Trainerteams in der Talentdiagnostik unterstützen. Es kann zusammengefasst werden, dass auf Vereinsebene der Messplatz die Trainerbeurteilung mit einer Varianzaufklärung von 56 % bestätigt. Dies lässt sich auf die sehr gute Kenntnis der Vereinstrainerinnen und -trainer über die Leistungsfähigkeit ihrer Spielerinnen und Spieler zurückführen. Die Trainerinnen bzw. Trainer der Vereine konnten ihre Spielerinnen und Spieler in dem wöchentlich mehrmaligen Training und in einer Vielzahl von Spielen explizit beobachten. Eine Analyse und Einschätzung der taktischen Leistungsfähigkeit durch die Trainerinnen/Trainer ist sehr aussagekräftig.

## Studie 2

Es wurde angenommen, dass der Messplatz die taktischen Kompetenzen (Wissen, Wahrnehmung, Entscheidung) einer Spielerin bzw. eines Spielers besser erfasst als die qualitative Spielbeobachtung durch die Trainerteams. Zudem wurde postuliert, dass ein Messplatz durch die Integration individueller Vorerfahrungen (Eingangsvoraussetzungen) und taktischer Leistung einer Spielerin bzw. eines Spielers zusätzliche und bessere Ergebnisse bietet als eine qualitative Spielbeobachtung. Die Hypothesen können bestätigt werden. Dies zeigt der geringe Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des Messplatzes und des Trainerrankings ( $r = .41$ ;  $p > .05$ ) wie auch die Ergebnisse der multiplen Regressionsanalyse ( $R^2 = .04$ ;  $F(3, 1) = 1.15$ ,  $p > .05$ ). Auf D-Kaderebene ist die Varianzaufklärung von 31 % der Prädiktoren des Messplatzes und des Kriteriums Trainerbeurteilung im Vergleich zur Vereinsebene geringer. Die Auswahltrainerinnen bzw. -trainer schätzen die taktischen Leistungen der Spielerinnen bzw. Spieler anders ein als Trainerinnen bzw. Trainer im Verein. Dies kann auf die seltene Zusammenarbeit von Auswahltrainer bzw. -trainerin und Spieler/Spielerin zurückgeführt werden. Durchschnittlich trainieren Auswahltrainer/-trainerinnen die Spieler/Spielerinnen einmal im Monat. Zum Teil ist es alltäglich, dass die Auswahl von Spielern bzw. Spielerinnen im Rahmen eines Sichtungsturnieres getroffen wird. Der Messplatz bietet dem Trainer bzw. der Trainerin in diesem Zusammenhang zusätzliche Informationen über Extremfälle und eventuell „verborgene“ Talente, die er oder sie zuvor in seiner bzw. ihrer Beurteilung nicht berücksichtigt hat.

## Studie 3

Es wurde angenommen, dass der Messplatz die taktischen Kompetenzen (Wissen, Wahrnehmung, Entscheidung) und die Eingangsvoraussetzungen eines Spielers bzw. einer Spielerin besser erfasst als die qualitative Spielbeobachtung. Zudem wurde angenommen, dass ein Messplatz, der positionsspezifisch ausgerichtet ist, taktische Kompetenzen besser erfasst und somit zusätzliche und bessere Ergebnisse bietet als eine qualitative Spielbeobachtung. Die Hypothesen können bestätigt werden. Der geringe Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des Messplatzes und des Trainerrankings ( $r = .36$ ;  $p > .05$ ) sowie die Ergebnisse der multiplen



Regressionsanalyse ( $R^2 = .08$ ;  $F(3, 1) = 0.58$ ,  $p > .05$ ) bestätigen die Ergebnisse der Studie 2. Umso höher das Niveau der jeweiligen Sichtung ist, desto mehr entscheidende Informationen bietet der Messplatz dem Trainer bzw. der Trainerin im Vergleich zu der bislang eingesetzten quantitativen Spielbeobachtung. Es kann zusammengefasst werden, dass der Messplatz Sichtungstrainern und -trainerinnen, die ihre Nachwuchsspieler bzw. -spielerinnen vor der Auswahl nicht häufig während des Trainings oder Spiels beobachtet haben, wichtige Informationen liefern kann.

## Literatur

- Roth, K. & Raab, M. (1998). Intentionale und inzidentelle Regelbildungsprozesse im Sportspiel. *BISp-Jahrbuch* (S. 143-147). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Farrow, D., Rendell M. & Gorman, A. (2006). *Enhancing the Reality of a Visual Simulation: Is Depth Information Important? Final Report*. Australian Institute of Sport. Funded by the AIS General and Collaborative Research Program.
- Williams, A. M. & Ward, P. (2007). Anticipation and decision-making: Exploring new horizons. In G. Tenenbaum & R. Eklund (Eds.), *Handbook of sport psychology* (pp. 203-223). New York: Wiley.
- Zastrow, H., Schlapkohl, N. & Raab, M. (2010). Effektivität eines Messplatztrainings im Handball. *Leistungssport*, 5, 50-54.

# Entwicklung und Effektüberprüfung eines achtsamkeitsbasierten sportpsychologischen Trainings zur Aufmerksamkeits- und Emotionsregulation (AZ 071001/09)

Kathrin Heinz<sup>1</sup>, Thomas Heidenreich<sup>2</sup> & Ralf Brand (Projektleiter)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Potsdam, <sup>2</sup>Hochschule Esslingen

Achtsamkeit und Akzeptanz sind die Fähigkeiten, jeden Moment als solchen bewusst wahr- und anzunehmen (Kabat-Zinn, 1990). Sie sind mit einer starken Aufmerksamkeitsfokussierung auf die momentane Aufgabe verbunden und ermöglichen langfristig einen stressreduzierenden Umgang mit den eigenen Emotionen. Ziel ist eine feste Verankerung des Erlebens im „Hier und Jetzt“.

Seit den 1970er Jahren wird dieser Ansatz erfolgreich in der Klinischen Psychologie zur Stress- und Angstreduzierung angewandt (Heidenreich & Michalak, 2006). Die empirischen Befunde aus der Psychotherapieforschung deuten darauf hin, dass sich dieser Interventionsansatz auch in spezifischen Einsatzgebieten (z. B. Wettkampfangst) zumindest als Alternative zu in der Sportpsychologie bewährten Formen des psychologischen Trainings anbietet (Weinberg & Gould, 2007; für einen Überblick). Mit dem Mindfulness-Acceptance-Commitment (MAC) Approach wurde jüngst ein achtsamkeitsbasierter Interventionsansatz international publiziert (Gardner & Moore, 2007), mit dem ein achtsamkeitsbasierter klinisch-psychologischer Ansatz erstmals für sportpsychologische Kontexte adaptiert, jedoch noch nicht vollständig empirisch überprüft wurde. Im hier dargestellten Forschungsprojekt haben wir deshalb zum einen das vorgeschlagene Interventionsmanual ins Deutsche übertragen und weiterentwickelt, und zum anderen mögliche Interventionseffekte in drei Studien empirisch überprüft.

## Methoden

Es wurden drei kontrollierte Effektstudien durchgeführt. Als Vorstudie diente eine nicht-randomisierte Studie (Studie 1), die neben einer ersten Abschätzung von Interventionseffekten vor allem der Überprüfung der Praktikabilität des Interventionsmanuals diente. Als Probandengruppe ( $N = 21$ ) wurde ein Cheerleading-Team herangezogen. Als Hauptstudie wurden eine nicht-randomisierte Untersuchung mit jugendlichen Nachwuchssportlern und -sportlerinnen ( $N = 116$ ,  $M_{\text{Alter}} = 14.2$ ,  $SD_{\text{Alter}} = 1.4$ ; Studie 2) und eine randomisierte Untersuchung mit einer heterogenen Stichprobe Sporttreibender ( $N = 40$ ,  $M_{\text{Alter}} = 25.1$ ,  $SD_{\text{Alter}} = 7.5$ ; Studie 3) realisiert. Alle Interventionsstudien erfolgten im Prä-Post-Design. In Studie 1 und 3 wurden die Ergebnisse jeweils einer Interventionsgruppe ( $IG_A$ ), die das sechswöchige Achtsamkeitstraining erhielt, mit den Ergebnissen jeweils einer Wartelistenkontrollgruppe (KG) verglichen. In Studie 2 wurden die Effekte in der  $IG_A$  zusätzlich mit denen in einer zweiten Interventionsgruppe ( $IG_B$ ) verglichen, in der ein „klassisches“ sportpsychologisches Training mit etablierten kognitiv-behavioralen Regulationstechniken

angeboten wurde. Zur Messung der abhängigen Variablen wurden Fragebögen zur subjektiv eingeschätzten Leistungsfähigkeit, zum Zielkonstrukt Achtsamkeit und Akzeptanz (*Kentucky Inventory of Mindfulness Skills – Sport*, KIMSS; Brand et al., 2008), zur Selbstwirksamkeit (SWE; Schwarzer & Jerusalem, 1999) und funktionalen und dysfunktionalen Selbstaufmerksamkeit (DFS; Hoyer, 2000) sowie zum Einsatz psychischer Wettkampfstrategien (TOPS-D; Schmid et al., 2010) erhoben. Für die Interventionsgruppen wurden Verbesserungen auf den genannten Skalen, für die Kontrollgruppen gleichbleibende oder schlechtere Werte erwartet.

## Ergebnisse

In Studie 1 wurde kein signifikanter Interaktionseffekt erreicht. Jedoch deuten die deskriptiven Ergebnisse in die erwartete Richtung und es bestehen erstaunlich hohe Effektstärken ( $\eta^2$  zwischen .11 und .18). Die Teilnehmenden berichteten im Feedbackgespräch von subjektiv wahrgenommenen positiven Auswirkungen auf ihre sportliche Leistung im Wettkampf und vor allem im Training. Das Interventionsmanual erwies sich nach notwendigen marginalen Adjustierungen als praktikabel. Entgegen unseren Untersuchungserwartungen zeigten sich in Studie 2 keine signifikanten Interventionseffekte. Demgegenüber konnten in Studie 3 in fast allen Konstrukten (mit Ausnahme der Selbstwirksamkeitserwartungen) signifikante Veränderungen (Interaktions- oder Zeiteffekte) gemessen werden. Die aussagekräftigsten sind im Folgenden zusammengefasst.

Für die Interventionsgruppe konnten Veränderungen auf Skalen des KIMSS gemessen werden. Abbildung 1 illustriert zum einen den signifikanten Interaktionseffekt auf der Skala *Akzeptieren ohne Bewertung*,  $F(1,38) = 4.08$ ,  $p = .05$ ,  $\eta^2 = .10$ , sowie zum anderen die in der IG<sub>A</sub> signifikant verbesserten Fertigkeiten zur Emotionskontrolle,  $F(2,38) = 8.04$ ,  $p < .01$ ,  $\eta^2 = .18$ .

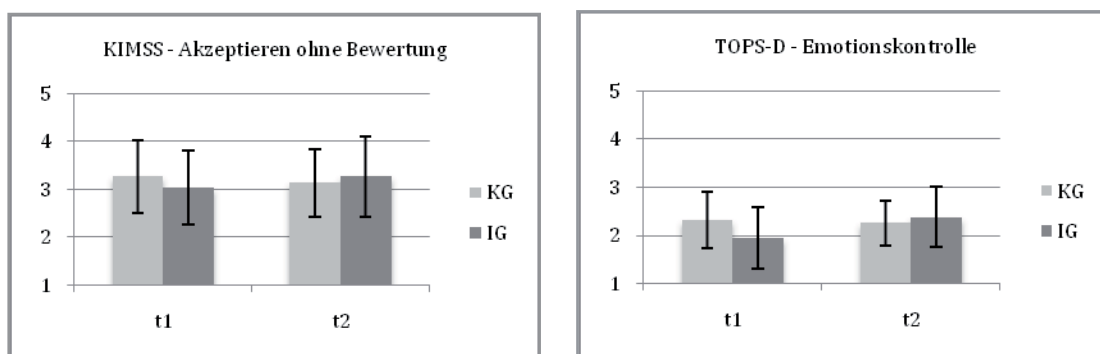


Abb. 1. Deskriptive Illustration zweier Interventionseffekte

Trotz der deskriptiv gering anmutenden Veränderungen handelt es sich statistisch gesehen um der Effektstärke nach moderate bis große Effekte.

## Diskussion

Die Ergebnisbilder in den drei Studien sind offensichtlich unterschiedlich. Obwohl Studie 1 deskriptiv auf die Effektivität des Achtsamkeitstrainings hinwies, zeigte sich dieses Ergebnis in Studie 2 nicht. Studie 3 hingegen spricht eher für die Wirksamkeit dieser achtsamkeitsbasierten sportpsychologischen Intervention. Die Probandengruppe verbesserte in der kurzen, sechswöchigen Trainingszeit zumindest einzelne Aspekte ihrer Achtsamkeit und erarbeitete sich regulatorisch bedeutsame psychische Fertigkeiten (u. a. eine Verbesserung des Umgang mit ablenkenden Emotionen).

Nichts desto trotz sind die Ergebnisse der Studien 2 und 3 widersprüchlich. Als Grund für die in Studie 2 ausbleibenden Interventionswirkungen könnte angeführt werden, dass sich die Testpersonen in dieser Studie nicht aus Anlass einer interventionsbezogenen Problematik zur Teilnahme bereit erklärten, sondern durch den Trainer bzw. die Trainerin für die Intervention angemeldet wurden. Wahrscheinlich stellt ein gewisser, vom Athlet oder der Athletin selbst empfundener „Leidensdruck“ bei dieser Art sportpsychologischer Intervention einen einflussreichen Wirkfaktor dar.

Als Ergebnis unseres Forschungsprojekts halten wir fest, dass weiterführende Untersuchungen zur Wirksamkeit (genauso wie zu Wirkmechanismen) achtsamkeitsbasierter Interventionen mit Sportlerinnen und Sportlern sinnvoll und notwendig sind. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist im Vorliegen eines deutschsprachigen strukturierten Interventionsmanuals gegeben.

## Literatur

- Brand, R., Heidenreich, T., Kosmehl, T., Strahler, K. & Wenhold, F. (2008). *Kentucky Inventory of Mindfulness Skills – Sport (KIMS-Sport)*. Universität Potsdam: Unveröffentlichter Fragebogen.
- Gardner, F. & Moore, Z. (2007). *The Psychology of Enhancing Human Performance: the Mindfulness-Acceptance-Commitment (MAC) Approach*. New York, NY: Springer Publishing Company.
- Heidenreich, T. & Michalak, J. (2006). Einführung in die Thematik Achtsamkeit und Akzeptanz in der Psychotherapie. *Zeitschrift für Psychiatrie, Psychologie und Psychotherapie*, 54 (4), 231-240.
- Hoyer, J. (2000). Der Fragebogen zur Dysfunktionalen und Funktionalen Selbstaufmerksamkeit (DFS): Theoretisches Konzept und Befunde zur Reliabilität und Validität. *Diagnostica*, 46 (3), 140-148.
- Kabat-Zinn, J. (1990). *Full Catastrophe Living*. New York, NY: Delacorte Press.
- Schmid, J., Birrer, D., Kaiser, U. & Seiler, R. (2010). Psychometrische Eigenschaften einer deutschsprachigen Adaptation des Test of Performance Strategies (TOPS). *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 17 (2), 50-62.
- Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (Hrsg.) (1999). *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen. Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen*. Berlin: Freie Universität Berlin.
- Weinberg, R. S. & Gould, D. (2007). *Foundations of Sport and Exercise Psychology* (4th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

---

**Sportpsychologische Betreuung  
der Eisschnelllauf-Juniorenmannschaft der  
Deutschen Eisschnelllauf-Gemeinschaft (DESG) 2009**  
(AZ 071618/09)

Jürgen Beckmann (Projektleiter) & Rita Regös

Technische Universität München

## Hintergrund

Die kontinuierliche Sportpsychologische Betreuung der Eisschnelllauf Juniorenmannschaft (JWM-Kader) besteht seit 2004. Das Ziel dieser Maßnahme ist, die Athleten auf den Wechsel aus dem Juniorenbereich in den Seniorenbereich vorzubereiten und somit optimale Bedingungen zu schaffen für die Topleistungen in der Nationalmannschaft im Hinblick auf die bevorstehenden Olympischen 2014. Inhaltlich liegt das Augenmerk vor allem auf eine eigenverantwortliche Trainingsgestaltung, Selbstverantwortlichkeit bezüglich der Lebensgestaltung mit Ausrichtung auf den Leistungssport und die optimale mentale Vorbereitung auf Großereignisse.

Im Jahr 2008 wurden die Betreuung erstmalig auf der Grundlage der Resultate der Sportpsychologischen Eingangsdagnostik (Potsdamer Eingangsdagnostik nach Beckmann) in Verbindung mit dem Wettkampf-Angst-Inventar (WAI-T, Brand, Ehrlenspiel & Graf, 2009) konzipiert. Die Verwendung dieser Stärken-Schwächen Diagnostik erwies sich als sehr effektiv im Sinne von rascher Konkretisierung der individuellen Optimierungsbereiche.

Im Jahr 2009 wurde im Rahmen des Bisp finanzierten sportpsychologischen Betreuungsprojektes die bestehende Betreuung um zwei Bereiche erweitert werden: Die Sportpsychologische Diagnostik wurde im gesamten C-Kader durchgeführt. Zweitens wurde ein Sportpsychologischer Workshop für die jungen Athleten realisiert, dessen Inhalt aus den Resultaten der Diagnostik konzipiert wurde.

Durch die durchwegs positive Rückmeldung seitens der Athleten, Trainer und Verantwortlichen bezüglich der sportpsychologischen Arbeit wurde die Notwendigkeit der Kontinuität sichtbar. Trainer konnten die, durch die Diagnostik gewonnen Informationen in Ihre Arbeit mit den Athleten nutzen, die entsprechenden Interventionen in den Trainingsalltag einbauen und durch den Austausch zwischen Leistungssport und Sportpsychologie effektiv und schnell auf Optimierungsbereiche eingehen. Seitens der Athleten konkretisierten sich die sportpsychologischen Interventionen und Maßnahmen rascher und der Prozess der Betreuung wurde transparenter. Die Sportpsychologie konnte anhand der gewonnen Informationen gezielter und anwendungsorientierter arbeiten.

Der zweite Teil des Projektes, der Sportpsychologische Workshop, erwies sich als optimaler Einstieg für alle Beteiligten in diesen Arbeitsbereich. Die Trainer waren sehr an einem Austausch von sportpsychologischer Theorie und Trainingsalltag interessiert. Die Athleten konnten relevante sportpsychologische Themen spie-

lerisch erproben und sich aneignen. Dadurch wurden gelegentliche anfängliche Berührungsängste mit den Themen und Verfahren der angewandten Sportpsychologie binnen kürzester Zeit abgebaut. Seitens der Sportpsychologie konnten auf einfache Art und Weise relevante leistungssportbezogene Themen dargestellt und vermittelt werden.

## **Durchgeführte Maßnahmen 2009**

Auf dem Fundament der vorangegangenen Betreuung von 2004 bis 2008, die sich auf Coaching des Trainerstabes, Gruppenbetreuung bzw. Einzelbetreuung der Mannschaftsmitglieder und Integration der sportpsychologischen Maßnahmen in den Trainingsalltag sowohl bei Athleten wie auch bei den Trainern erstreckt hat, konnten 2009 im Rahmen des Projektes folgende Maßnahmen durchgeführt werden:

1. Durchführung und Auswertung der sportpsychologischen Diagnostik bei der gesamten JWM-, C-Perspektiv, C1, C2 und D-Kader Athleten.
2. Durchführung der sportpsychologischen Workshops in 4 Teilen für zwei verschiedene Leistungsstufen JWM und C Perspektiv-Kader Athleten bzw. C1, C2 und D-Kader Athleten.
3. Kontinuierliche Trainingsbetreuung der JWM und C Perspektiv-Kader Athleten und ihrer Trainer bei den Lehrgängen.

### **1. Sportpsychologische Eingangsdagnostik ergänzt um WAI-T**

Die Athleten wurden mit der sog. Potsdamer Sportpsychologischen Eingangsdagnostik (Volitional Components Questionnaire – Sport (VKS; Wenhold, Elbe & Beckmann, 2009, Leistungsorientierung im Sport (Elbe, Wenhold & Beckmann, 2009), Leistungsmotivationskala-Sport (AMS-Sport; Wenhold, Elbe & Beckmann, 2009a), Handlungskontrolle im Sport (HOSP; Beckmann & Wenhold, 2009) und dem Verfahren Wettkampfangst Inventar –Trait (WAI-T; Brand, Graf & Ehrlenspiel, 2009)) getestet. Die Testergebnisse hinsichtlich ihrer psychologischen Merkmale wurden den Athleten unmittelbar rückgemeldet. Für die jeweils verantwortlichen Trainer gab es eine Rückmeldung hinsichtlich der Optimierungsbereiche der Athleten und der inhaltlichen Konzipierung des Workshops.

### **2. Sportpsychologischer Workshop**

Im Rahmen des Sportpsychologischen Workshops wurden vier zentrale Betreuungsthemen aufgegriffen und in Form eines „Mental-Parcours“ realisiert. Jeder Block umfasste zunächst eine kurze Einführung in das Thema und anschließend wurden die Athleten an drei bis vier Stationen die Möglichkeit geboten diesbezügliche Aufgaben zu lösen, Interventionen auszuprobieren und zu erlernen. Sie bekamen einen so genannte Mental Pass, in dem jeder absolvierte Teil vermerkt wurde. Inhaltlich wurden folgende Bereiche aufgearbeitet:



## **Visualisierung**

Der Block begann mit einem Einführungsspiel für die spielerische Darstellung der Thematik, es folgte eine Einführung in das Visualisieren individuell durch Alltagsgegenstände, dann sportrelevantes Visualisieren von Bewegungsausführungen und als Zusammenfassung das Visualisieren von ganzheitlichen Aufgaben in Verbindung mit dem Zeitfaktor.

## **Konzentration**

Der Konzentrationsblock gliederte sich in drei theoretischen Bereiche: Konzentration in Verbindung mit Reaktion, Konzentrationstraining und Aufmerksamkeitslenkung.

## **Entspannung und Aktivierung**

Der dritte Teil des Workshops befasste sich mit der Wahrnehmung Anspannung und entsprechende Interventionstechniken im Sinne des optimalen Wettkampferregungsniveaus.

## **Startvorbereitung**

Der letzte Block des viertägigen Workshops wurde als ein zusammenfassender Teil konzipiert. Zunächst erarbeiteten die Athleten einen eigenen individuellen Wettkampfvorbereitungsplan unter den Aspekten der Visualisierung, Aufmerksamkeitslenkung und Aktivierungsniveau. Im zweiten Teil wurde eine kleine Olympiade in Form eines Hindernislaufs mit unterschiedlichen Aufgaben bezüglich Konzentration, Aufmerksamkeitslenkung, Visualisierung, veranstaltet mit dem Ziel diesen Plan zu erproben bzw. die einzelnen Aspekte des gesamten Workshops noch einmal zu wiederholen. Abschließend gab es eine Siegerehrung.

## **3. Kontinuierliche Trainingsbetreuung der JWM und C Perspektiv-Kader Athleten und ihre Trainer bei den Lehrgängen.**

### **Coaching und Beratung des Trainerstabs**

Die enge Zusammenarbeit mit dem Trainerstab beinhaltet zwei Hauptbereiche: Bezogen auf Leistungsoptimierungspunkte bei den einzelnen Athleten werden Interventionstechniken erarbeitet und in den Trainingsalltag eingebaut. Andererseits sind Aspekte der Führung, Teambuilding, Kommunikation und Konfliktbewältigung Gegenstand der Kooperation.

### **Gruppenbetreuung der Mannschaftsmitglieder**

Die Gruppenbetreuung der Athleten enthielt folgende Inhalte mit psychoedukativem Charakter: Selbstregulation, Pausengestaltung und optimale Wettkampfvorbereitung. Bei diesen Gruppenterminen erhielten die Athleten Arbeitsblätter. Diese wurden unter Einbeziehung ihrer persönlichen Erfahrungen und üblichen Verhaltensweisen bearbeitet.

### **Einzelbetreuung der Mannschaftsmitglieder**

Bei der Einzelbetreuung wurden basierend auf der sportpsychologischen Diagnostik, die individuellen Leistungsoptimierungspunkte definiert, individuelle mentale Interventionstechniken ausgearbeitet und nach entsprechender Erprobung seitens der Athleten und Verhaltensbeobachtung seitens der Trainer und der Sportpsychologin bewertet. Danach wurden sie in den Trainingsalltag eingebaut bzw. evtl. korrigiert.

### **Integration der Sportpsychologischen Maßnahmen in den Trainingsalltag sowohl bei Athleten wie auch bei den Trainern**

In diesem Bereich sind vor allem die Unterstützung des Techniktrainings mit mentalen Interventionsmöglichkeiten zu nennen. Aber auch Aspekte von Konzentrations- und Selbstregulation bei Wettkämpfen wurden thematisiert.

### **Fazit der bisherigen Betreuung**

Die bisherige sportpsychologische Betreuung konnte die Trainer und die Athleten in wichtigen Bereichen unterstützen und die Entwicklung der Athleten nachhaltig fördern. Aus diesem Grund wurde sie von allen Beteiligten als produktiv und sinnvoll beurteilt und jedes Jahr auf Wunsch der Verantwortlichen fortgesetzt. Durch die finanzielle Unterstützung vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft konnte diese produktive Arbeit im Sinne aller Beteiligten 2009 intensiviert und wesentlich effektiver gestaltet werden. Das dreistufige Modell der sportpsychologischen Betreuung konnte durch den Workshop auf die C bis D-Kaderathleten ausgeweitet werden. Die generelle Akzeptanz bzw. das Bewusstsein des mentalen Teils des Leistungssports konnte enorm gesteigert werden und dadurch auch die Akzeptanz der entsprechenden notwendigen Interventionen.

### **Literatur**

- Beckmann, J. & Wenhold, F. (2009). *Handlungsorientierung im Sport (HOSP)*, Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), Köln: Sportverlag Strauß.
- Brand, R., Graf, K. & Ehrlenspiel, F. (2009). Das Wettkampfangst- Inventar – Trait. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *Das Wettkampfangst- Inventar. Manual*. (S. 15-69). Köln: Sportverlag Strauß.
- Elbe, A.-M., Wenhold, F., & Beckmann, J. (2009). *Leistungsorientierung im Sport (SOQ) - Manual*. Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), Köln: Sportverlag Strauß.
- Wenhold, F., Elbe, A.-M. & Beckmann, J. (2009a). *Fragebogen zum Leistungsmotiv im Sport (AMS-Sport)*, Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), Köln: Sportverlag Strauß.
- Wenhold, F. Elbe, A.-M. & Beckmann, J. (2009b). *Volitionale Komponenten im Sport (VKS)*, Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), Köln: Sportverlag Strauß.

## Trainerteamentwicklung für den Deutschen Turner-Bund (AZ 071622/09-10)

Jens Kleinert (Projektleiter) & Nina Schubert

Deutsche Sporthochschule Köln, Psychologisches Institut

### Problemstellung

Im Hochleistungssport arbeiten Trainer und Trainerinnen häufig in sogenannten Trainerteams. Die Rollen und Funktionszuordnungen in derartigen Trainerteams sind entweder sehr eindeutig und klar strukturiert oder mehrdeutig und widersprüchlich. Ein typisches Beispiel für eindeutige Teams ist die Zusammenarbeit von Trainer/Trainerin mit Co-Trainer/-Trainerinnen und anderen „Zuarbeitern“ (z. B. Konditionstrainer/-trainerin, Physiotherapeut/Physiotherapeutin, Arzt/Ärztin). Demgegenüber ist die Zusammenarbeit von Bundestrainern bzw. -trainerinnen und Heimtrainern bzw. -trainerinnen häufig ambivalent geprägt und meist schwer strukturierbar. Ähnliche Befugnisse und Funktionszuschreibungen können hierbei eine Kooperation erschweren. Daher war es das Grundanliegen des vorliegenden Projekts am Beispiel des Trainerteams rund um die Nationaltrainerin Kunstturnen ein Verständnis für Team- oder Individualorientierung von Trainern sowie Trainerinnen zu erlangen und hierauf aufbauend Maßnahmen zu entwerfen.

Trainer – sowohl National- als auch Heimtrainer bzw. -trainerinnen – wollen und müssen in vielen Bereichen autonom handeln. Sie müssen Entscheidungen verantworten und vor anderen vertreten. Andererseits ist insbesondere im Zusammenhang mit dem (Heim-) Trainerteam rund um eine Nationalmannschaft die Kooperation und Kommunikation für den Gesamterfolg der Nationalmannschaft entscheidend. Kooperation und Absprache sind Grundlagen für die Organisation von Training, Lehrgängen, Wettkampfvorbereitungen und auch für die Einheitlichkeit der Betreuung im Heim- und Stützpunkttraining.

Trainer und Trainerinnen – auch im Einzelsport – befinden sich daher in einem Spagat zwischen Teamplayer und Individualist. Dieser Spagat führt häufig zu Spannungen, die – unterstützt durch Kommunikationsprobleme und Missverständnisse – zu Ärger, Frustration oder Enttäuschung führen. Derartige Spannung und die hiermit verbundenen emotionalen und motivationalen Störungen sind insbesondere dann zu erwarten, wenn grundlegende Bedürfnisse nach Autonomie, Kompetenz und Einbezogenheit (Deci & Ryan, 2000) keine Berücksichtigung finden. Einen Lösungsansatz für eine solche fehlende Bedürfnisbefriedigung sehen wir in der vorliegenden Arbeit darin, dass das Trainerteam als Einheit mit ähnlichen Zielsetzungen und Vorstellungen gestärkt wird. Nach Tajfel und Turner (1986) heißt es also, die soziale Identität „Teamtrainer“ zu stärken, ohne dabei die individuelle Identität „Heimtrainer“ aufgeben zu müssen. Zufriedenheit im Trainerteam ist hiermit definiert als die optimale *Balance aus der Befriedigung individueller Bedürfnisse und der Wahrnehmung erfolgreicher und harmonischer Teamarbeit*. Im vorliegenden Projekt sollte diese Annahme durch Interviews untermauert werden und als Schlussfolgerung eine teambildende Maßnahme für das Trainerteam entwickelt werden.

## Methode

Sieben Trainerinnen und Trainer (2 männlich, 5 weiblich; Alter: 36 – 60,  $M = 47$ ,  $SD = 8,25$ ) wurden befragt. Jeder der Trainer bzw. jede der Trainerinnen betreuten zum Zeitpunkt der Befragung Athletinnen einer Nationalmannschaft der Frauen. Die halb strukturierten Interviews fanden im Rahmen einer Trainingsmaßnahme der Nationalmannschaft statt. Hauptthemen der Interviews waren die Befriedigung von Grundbedürfnissen im Rahmen der Trainerarbeit, die Beschreibung der Traineridentität und Fragen zum Zusammengehörigkeitsgefühl im Trainerteam. Die Interviews wurden vollständig transkribiert und inhaltsanalytisch mit Orientierung an den theoretischen Grundkonzepten kategorisiert.

## Ergebnisse

*Individuelle Zielsetzungen und Bedürfnisse.* Die (intrinsisch geprägte) Erfüllung von Grundbedürfnissen wird aus Sicht der Befragten häufig in den Hintergrund gedrängt, da von außen (external) regulierte Tätigkeiten mit extrinsischen Anreizen im Vordergrund stehen. „Du weißt, du musst diese Leistungen schaffen, damit du überhaupt finanziert wirst ... und bei uns im Sport musst du erst die Leistung nachweisen und dann wirst du belohnt“. Hinzu kommt hoher Erwartungsdruck, der die erlebte Selbstbestimmtheit der Trainer bzw. Trainerinnen reduziert. „Unter Druck gesetzt fühle ich mich dann, wenn man im Prinzip von mir verlangt, dass ich Ziele erreichen soll, die so schnell einfach nicht zu erreichen sind . . .“. Wenn allerdings hohe Identifikation und Akzeptanz mit den von außen vorgegebenen Zielen besteht, ist eine harmonische Integration in die eigene Lebens- und Arbeitsplanung und hiermit auch Bedürfnisbefriedigung möglich. Dies äußert sich in der Einstellung zum eigenen Berufsbild. „Also wenn man gut sein will, muss man über dem Durchschnitt sein, also überdurchschnittlich konsequent, überdurchschnittliche Arbeitsumfänge . . .“. Diese Wahrnehmung wird zudem mit hoher Autonomie verbunden. „Also für mich [ist] eigentlich das A und O, dass ich also versuchen kann, so zu arbeiten wie ich denke, dass es erfolgreich sein kann“.

*Intrinsische Motivationslagen,* also die Freude an der Tätigkeit selbst, kamen bei den Befragten insbesondere dann zum Vorschein, wenn sie über die Liebe zu ihrem Job berichteten. Im Vordergrund stand hierbei interessanterweise die Arbeit mit jungen Athleten und Athletinnen: Die abwechslungsreiche Arbeit mit jungen und verschiedenen Persönlichkeiten, Teil der Entwicklung der Kinder zu sein, Jüngeren zu helfen, die Freude über persönliche Erfolge (nicht nur Platzierungen) der Kinder und die Arbeit mit leistungsbereiten, hoch motivierten Kindern waren Facetten dieser intrinsischen Motivationslage. „ . . . mit jeder neuen [Athletin] bekomme ich [eine] neue Erfahrung und suche Wege, und das ist kreativ, das ist interessant“, „ . . . die Zusammenarbeit mit den Kindern, das macht Spaß und ja wenn man sieht, dass was rauskommt“.

Einhellig existiert für die Trainer bzw. Trainerinnen kein typisches *Trainer-Ideal*, allerdings lassen sich bestimmte Eigenschaften, Fähigkeiten und Verhaltensweisen charakterisieren, die ein Trainer oder eine Trainerin im Kunstturnen besitzen sollte. „ . . . dass ein Trainer hoch engagiert ist und im Prinzip einen Athleten begleitet

durch dick und dünn. Also dass er auch sowieso eine Vertrauensperson sowieso sein muss. Dass er immer motivieren kann, das ist für mich ganz entscheidend . . .  
 “. „ . . . die die im Kunstturnen arbeiten, dass sind so Menschen die wirklich so ein Fingerspitzengefühl haben sollen, was Druck angeht und was Spaß angeht, weil [die Sportart] total schwer ist und weil wir ja auch mit den Kleinen arbeiten“.

Explizite *Gemeinsamkeiten mit den anderen Mitgliedern im Trainerteam* wurden auf wenige allgemeine Merkmale reduziert. „Jeder möchte das sein [Athlet] dem Team angehört, am besten dem Olympiateam“, „Wir haben alle das gleiche Ziel, das gleiche Hobby, was wir uns zum Beruf gemacht haben. Wir lieben alle unsere Arbeit – also die jetzt hier in der Nationalmannschaft arbeiten sag ich mal“, „Die Beziehung zu den Kindern, mehr bringen zu wollen, mehr leisten zu können, mehr zu versuchen, um irgendwie höher zu kommen, um irgendwie weiter zu kommen“. Am seltensten wurden gemeinsame Zielsetzungen des Trainerteams expliziert. „Ja, also ich will versuchen mitzuhelfen ein schlagkräftiges Team zu bauen, um sich dann gegebenenfalls für [die Olympischen Spiele] zu qualifizieren“. Am ehesten ähnelten sich innerhalb des Trainerteams Aussagen zu Problemen und Barrieren, wie die hohe Gesamtbelastung der Athletinnen, Personalmangel oder das Vereinbaren einer Doppelfunktion von Familie und Beruf und strukturelle Schwierigkeiten: „ . . . also die größten Probleme liegen sicherlich in den nicht ausreichenden Abstimmungen zwischen Bundesverband, Landesverbänden und Strukturen die im Prinzip darunter gegliedert sind, also Vereine. Da fehlt es in ganz Deutschland an Abstimmung“.

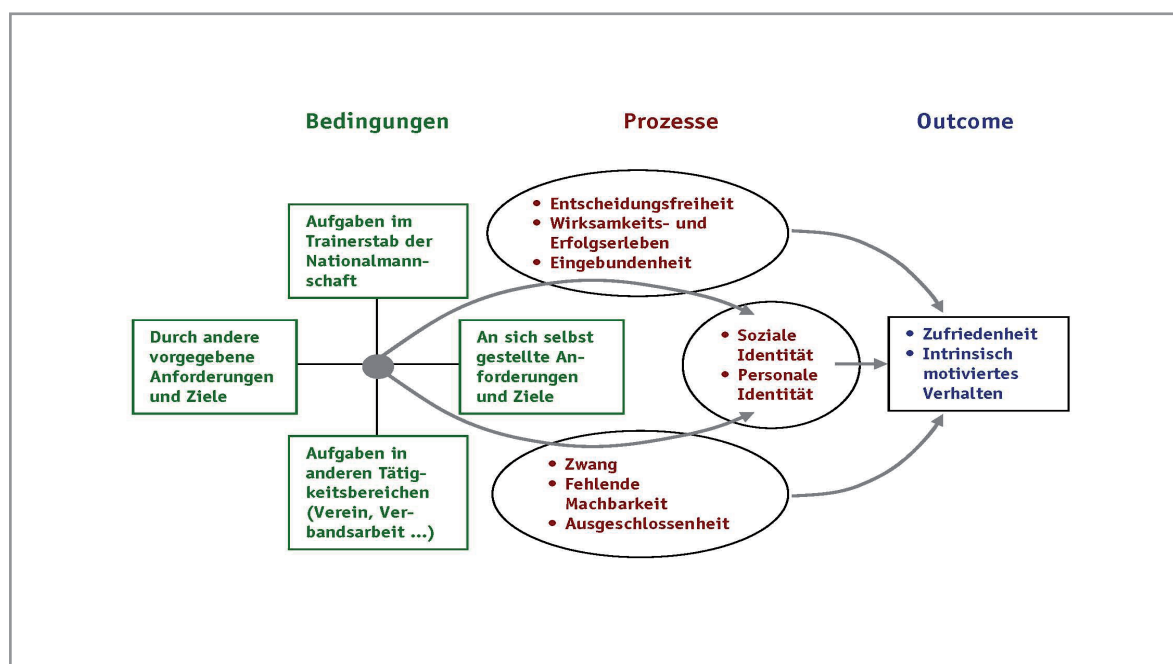


Abb. 1. Zufriedenheit und intrinsische Motivation in Trainerteams als Konsequenz identitätsbildender Bedingungen und Prozesse (Kleinert & Schubert, 2011).

## Diskussion

Abbildung 1 fasst die Ergebnisse unserer Befragung zusammen. Entscheidend erscheint die Balance zwischen der Entwicklung der personalen (individuellen) und sozialen (kollektiven) Identität. Persönliche und soziale Bedürfnisse nach Selbstbestimmtheit, Kompetenz und Einbezogenheit müssen sowohl in der Teamarbeit als auch bei eigenständiger Tätigkeit zur Befriedigung führen und hiermit sowohl intrinsische Motivation als auch Zufriedenheit auslösen. Dies funktioniert nur dann, wenn Anforderungen im Rahmen der Trainerteam-Arbeit als Teil der eigenen (sozialen) Identität aufgefasst werden. Letzteres wiederum ist dann wahrscheinlich, wenn neben der Wahrnehmung von Individualität auch eine Gemeinschaftlichkeit mit den anderen Trainern bzw. Trainerinnen und hiermit eine *Identifizierung* mit gemeinsamen Zielen, gemeinsamen Arbeitsweisen oder ähnlichen Einstellungen stattfinden. Letzteres zu stärken, ist die eigentliche Arbeit teambildender Maßnahmen in Trainerteams.

## Transfer: Teambuilding im Trainerteam

Auf der Basis der Interviewergebnisse wurde für das Trainerteam Kunstturnen der Frauen eine teambildende Maßnahme entwickelt, deren zentrales Ziel es war, gemeinsame und von der Gruppe akzeptierte Zielsetzungen zu entwickeln (Teamzielsetzungstraining). Der Fokus dieser Maßnahme ist die Einigung auf ein gemeinsames Ziel, das heißt nicht die Addition von Einzelzielen, sondern die Findung eines Gruppen- bzw. Teamziels.

Der erste Schritt zur Entwicklung eines Teamziels war die Gegenüberstellung von Individualzielen und kollektiven Ziele in entsprechenden Übungen („Ich & Wir“; Linz, 2004). Diese Strategie half, das Verhältnis des Einzelnen zur Mannschaft herauszuarbeiten und auch individuelle Zielstellungen zu definieren, die einem übergeordneten Mannschaftsziel helfen. Auf Grundlage dieser Ergebnisse und ihrer Reflexion sollten die Trainer unter Ausschluss anderer Personen formulieren, welche gemeinsamen Ziele sie umsetzbar und realistisch einschätzten. Der Entschluss der Trainer wurde dann in einem Vertrag festgehalten („Teammanifest“), der neben dem quantitativen Ziel auch die wichtigsten inhaltlichen Aspekte zur Umsetzung beinhaltete. Dieses Manifest wurde von jedem Trainer unterschrieben, um die Akzeptanz und soziale Verpflichtung zu erhöhen. In einem weiteren Arbeitsgang wurden teamgebundene Ressourcen zur Zielerreichung formuliert (individuelle Stärken und persönlichen Besonderheiten der Trainer im Trainerteam). Hierzu wurden die Trainer gebeten (anonym) die Eigenschaften der anderen Trainer zu formulieren, die sie zum Zwecke der Zielerreichung am meisten schätzten. Ein übergeordnetes Ziel dieser Maßnahmen war die Entwicklung eines gegenseitigen Verständnisses, welches die Grundlage für zukünftiges gegenseitiges Vertrauen und Respekt dienen sollte (Linz, 2004).



## Literatur

- Deci, E. & Ryan, R. M. (2000). The “what” and “why” of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behaviour. *Psychological Inquiry*, 4, 227-268.
- Kleinert, J. & Schubert, N. (2010). “Was hab’ ich denn davon?” Zufriedenheit in Trainerteams. *Leistungssport*, 40 (4), 15-19.
- Linz, L. (2004). *Erfolgreiches Teamcoaching. Ein sportpsychologisches Handbuch für Trainer*. Aachen: Meyer & Meyer Verlag.
- Tajfel, H. & Turner, J. C. (1986): The social identity theory of intergroup behavior. In S. Worchel & W. G. Austin (Eds.): *Psychology of intergroup relations* (pp. 7-24). Chicago, IL: Nelson-Hall.





---

## Sportpsychologische Betreuung der Ski-Alpin Herren Nationalmannschaft des Deutschen Skiverbandes (DSV) (AZ 071638/09)

Kai Engbert (Projektleiter), Nils Bühring & Jürgen Beckmann

Technische Universität München, Fakultät für Sport- und  
Gesundheitswissenschaft, Lehrstuhl für Sportpsychologie

### Hintergrund

Wie auch in vielen anderen Sportarten werden im alpinen Skirennlauf die mentalen Fertigkeiten als ein entscheidendes Puzzleteil zum Erreichen internationaler Spitzenleistungen gesehen. Im Deutschen Skiverband (DSV) erfolgt daher seit 2006 eine sportpsychologische Betreuung, die systematisch und langfristig ausgerichtet ist (Engbert, Maier & Beckmann, 2007). Ziel dieser Arbeit ist die Etablierung einer „sportpsychologischen Kultur“, die sowohl die Nachwuchsarbeit und die Unterstützung der Spitzenathleten, als auch ein Coaching der Trainerinnen bzw. Trainer umfasst. Dieses Projekt wird von Dr. Kai Engbert geleitet und durch eine Zusammenarbeit der TU München (Lehrstuhl für Sportpsychologie, Prof. J. Beckmann), dem Olympiastützpunkt Bayern und Deutschen Skiverband sowie einer Förderung des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (BISp) ermöglicht. Aufgrund der Heterogenität der Zielgruppe (Trainerinnen und Trainer bzw. Sportler unterschiedlicher Leistungsgruppen) wurden seit 2006 unterschiedliche Teilprojekte definiert.

Teilprojekt 1: Im **Topbereich** erfolgte v. a. eine individuelle sportpsychologische Betreuung, die entweder auf die Verbesserung der mentalen Fertigkeiten eines Sportlers (z. B. Konzentration oder Entspannungsfähigkeit) ausgerichtet war oder aus einem problemfokussierten Beratungsanlass (z. B. Wiedereinstieg nach einer Verletzung) bestand.

Teilprojekt 2: Im **Nachwuchsbereich** wurde die Vermittlung sportpsychologischer Fertigkeiten als fester Trainingsbestandteil etabliert. Ziel dieses Ausbildungskonzeptes war, die Sportler langfristig zum selbstständigen Umgang mit den mentalen Herausforderungen des alpinen Skirennlaufs zu befähigen. Die didaktische Ausrichtung dieser sportpsychologischen Ausbildung wurde dem Alter und der Vorerfahrung der Sportler entsprechend angepasst. So wurden im Schülerbereich beispielsweise stützpunktbasierte Sportpsychologie-Workshops zu Basisfertigkeiten angeboten, auf die im Jugendbereich trainingsbegleitend aufgebaut werden konnte. Durch mehrtägige Betreuungseinsätze des Sportpsychologen konnten die jungen Sportler so praktische Techniken erlernen und im Rennen umsetzen.

Teilprojekt 3: Die Unterstützung und Zusammenarbeit der **Trainerinnen und Trainer** ist ein entscheidender Bestandteil einer Sportpsychologischen Betreuung. Dies gilt zum einen für die Umsetzung der Maßnahmen, die z. B. von Sportler und Sportpsychologen im Einzelcoaching entwickelt werden. Zum anderen bilden Trainerinnen und Trainer einen entscheidenden Multiplikator in der o. g. „Entwicklung

einer sportpsychologischen Kultur“: Je besser sportpsychologische Konzepte in der Trainerausbildung verankert werden, desto besser werden sie von ihnen in der täglichen Arbeit umgesetzt. Denn im Vergleich zum Trainer und zur Trainerin ist die „Kontaktzeit“ zwischen Sportler und Sportpsychologe eher gering. Entscheidend ist daher, dass die Anstöße des Sportpsychologen vom Trainer oder der Trainerin aufgegriffen und gemeinsam mit dem Sportler umgesetzt und weitergetragen werden. In der sportpsychologischen Betreuung im Ski-Alpin wurde die Ausbildung und das persönliche Coaching der Trainerinnen und Trainer deshalb von Beginn an als eigener Schwerpunkt definiert.

Im Folgenden werden zu den einzelnen Teilprojekten exemplarische Arbeitsschwerpunkte dargestellt. Dabei ist zu unterstreichen, dass vor allem die Kontinuität der Sportpsychologischen Betreuungsarbeit und die sportartspezifische Abstimmung dazu geführt haben, dass Mentales Training im Ski-Alpin mittlerweile nicht mehr mit „Problemathleten“ sondern mit professionellem Leistungssport und dem konsequenten Ausschöpfen aller Ressourcen assoziiert wird.

## **Methode & Ergebnisse**

***Erholung und Belastungssteuerung im Topbereich:*** Ein zentrales Arbeitsfeld der modernen Sportpsychologie ist die Förderung von Regeneration und die Steuerung der Trainingsbelastungen anhand „weicher“ Parameter wie z. B. der subjektiv erlebten Belastung (Kellmann, 2002). Im Gegensatz zur Messung physiologischer Parameter können so auch gruppenspezifische Prozesse erfasst und Konflikte oder ein emotional-motivationales Ausbrennen der Sportler verhindert werden. In mehreren Trainingslagern wurde daher mit der Ski-Alpin Herrenmannschaft ein Online-Monitoring der Erholungs-Belastungs-Bilanz (EBF) durchgeführt. Die teilnehmenden Sportler bearbeiteten dazu alle 3 Tage einen kurzen Fragebogen (EBF-52; Kellmann & Kallus, 2000), in dem sowohl Erholungs- als auch Belastungsfaktoren abgefragt wurden. Per E-Mail erhielten Sportler und Trainerstab dann eine direkte Auswertung über relevante Parameter sowie Hinweise zur Belastungssteuerung, so dass die Trainings- und Pausengestaltung vor Ort angepasst werden konnte. Diese Maßnahme wurde von allen Beteiligten als hilfreich beurteilt und lieferte wichtige Hinweise zur Trainings- und Regenerationsplanung.

***Diagnostik und Förderung der Konzentrationsfähigkeit:*** Konzentrationsfähigkeit ist eine grundlegende sportpsychologische Fertigkeit, die Leistungssportlerinnen und -sportler beherrschen sollten. Mit Unterstützung des Sportpsychologischen Zentrums der TU München wurden daher einige Trainingsgruppen im Ski-Alpin Anschlussbereich mit einer standardisierten, computergestützten Testbatterie (sog. Wiener Testsystem) untersucht. Darauf basierend konnten dann gezielte Trainings- und Interventionsmaßnahmen geplant und mit den Sportlern individuelle Strategien zur Verbesserung der Konzentrationsfähigkeit erarbeitet werden. Insgesamt zeigte sich in diesem Teilprojekt, dass die grundlegende Konzentrationsfähigkeit der Ski-Alpin Sportler in der Laborsituation bereits sehr gut war. Hier erzielten alle Sportler durchschnittliche bis überdurchschnittliche Werte. Probleme traten demgegenüber jedoch vor allem bei der Übertragung dieser Fähigkeit in Situationen auf, in denen

wenig Aktivität gefordert war. So fiel es einigen Sportlern schwer, während der Wartezeit am Start konzentriert zu bleiben und sich nicht durch Gespräche oder irrelevante Gedanken ablenken zu lassen. Hier wurden (basierend auf der o. g. Diagnostik) gemeinsam mit dem betreuenden Sportpsychologen Routinen und Strategien zu Fokussierung der Konzentration in kritischen Situationen erarbeitet und im Training und Rennen erprobt.

**Schülerworkshops im Nachwuchsbereich:** Im Schülerbereich erfolgte eine sportpsychologische Betreuung auf zentralen Lehrgängen des Schülerkaders. Ziel dieser Gruppenworkshops (mit ca. 8 Teilnehmern) war eine generelle Heranführung der jungen Sportler an das Training mentaler Fertigkeiten und Strategien (z. B. Umgang mit Nervosität, selbstständigen Strukturierung des Renntages oder Förderung des Selbstbewusstseins). Beim Thema Selbstbewusstsein beispielsweise konnten die Sportler sich einen Stein aussuchen und überlegten, wie dieser „Helferstein“ sie beim Rennen unterstützen könnte. Ziel dieser Übung war die Entwicklung selbstständiger funktionaler Gedanken und Verhaltensweisen, für die der Stein eine Erinnerungshilfe sein sollte. Zum Abschluss der Workshop-Reihe stellten die jungen Sportler in ihrer „Wettkampfabothek“ zusammen, welche sportpsychologischen Fertigkeiten sie bereits „drauf haben“ und wie sie mit den Anforderungen der Rennen umgehen können. Über die Arbeit auf zentralen Lehrgängen hinaus wurden für weitere Schülermannschaften des DSV stützpunkt-basierte Sportpsychologie-Workshops angeboten, bei denen in altersgerechter Form Themen wie Nervosität, Entspannung und Visualisierung eingeführt und für die jungen Sportler nutzbar gemacht wurden. Diese Workshops waren wie ein Zirkeltraining aufgebaut, bei dem es verschiedene Stationen zu durchlaufen gilt. An den Stationen gab es Aufgaben und Übungen zu einem sportpsychologischen Themenbereich. Jeder Besuch einer Station wurde in einem „Mentalpass“ mit einem Stempel belohnt. Im Rahmen der Qualitätssicherung wurden diese Workshops von den Sportlern evaluiert, v. a. um sicher zu stellen, dass die gewählten thematischen Schwerpunkte und didaktischen Methoden geeignet waren, den Bezug zum Schneetraining und Rennen herzustellen. Die Antworten der Schüler (siehe Tab. 1) ergaben Mittelwerte zwischen 1,7 und 1,8. Dies zeigt, dass der Großteil der Schüler ein positives Fazit zieht und der Meinung ist, dass sie Tipps und Ideen gewonnen haben, die sie im Trainings- und Wettkampfalltag umsetzen können.

**Trainercoaching und Trainerausbildung:** Da die Trainerausbildung im Ski-Alpin von Beginn an als Schwerpunkt definiert wurde, zählt die Sportpsychologie mittlerweile auf allen Stufen zu einem festen Bestandteil. In praxisorientierten Seminaren und Workshops können die Trainerinnen und Trainer Basiswissen erwerben, das sie im täglichen Training unterstützt. Darüber hinaus erfolgt in zentralen Trainingsgruppen ein individuelles Coaching der Trainerinnen bzw. Trainer. Hier werden relevante sportpsychologische Themen wie bspw. der persönliche Feedbackstil oder der Umgang mit schwierigen Sportlern analysiert, strukturiert und verbessert.

Tab. 1. *Exemplarische Fragen aus der Evaluation der Sportpsychologie Workshops im Schülerbereich*

	1 = trifft voll und ganz zu	2 = trifft überwiegend zu	3 = trifft eher nicht zu	4 = trifft überhaupt nicht zu	Positives Fazit	Negatives Fazit	Mittelwert
Die Inhalte der einzelnen Workshops kann ich in meinem Trainings- und Wettkampfalltag umsetzen	27%	72%	1%	0%	99%	1%	1,7
Ich habe neue Erkenntnisse gewonnen und praktische Trainingstipps erhalten	46%	44%	10%	0%	90%	10%	1,6
Die Workshops haben sich für mein Training/Wettkampf gelohnt	23%	66%	4%	0%	89%	4%	1,8

## Diskussion

Im hier vorgestellten Projekt wurde mit Hilfe einer Förderung des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (BISp) eine sportpsychologische Betreuung der Ski-Alpin Herren Nationalmannschaft des Deutschen Skiverbandes (DSV) realisiert. Zentrales Merkmal war dabei die enge Verzahnung von wissenschaftlichen Methoden und deren Anwendung in der Praxis. Durch das Ziel der Leistungsförderung wird der Praxisbezug deutlich, der sich vor allem auf die langfristige und nachhaltige „Entwicklung einer sportpsychologischen Kultur“ und die Implementierung eines Ausbildungskonzepts ab dem Schüleralter konzentrierte.

Auf Basis der in den Jahren 2006 bis 2010 geleisteten Betreuungsarbeit erfolgte in der Nachbereitung der Olympischen Spiele 2010 eine Analyse der bisherigen Maßnahmen. Für die oben beschriebenen Betreuungs- und Ausbildungsinhalte zeigte sich, dass diese insgesamt als wertvolle Unterstützung gesehen werden und daher in der bestehenden Konstellation weitergeführt werden sollen. Darüber hinaus ergab diese Analyse Forschungs- und Entwicklungsbedarf sowohl im Hinblick auf die Systematisierung der Betreuungsinhalte als auch bzgl. der Talentförderung, der Evaluation und der Messung sportpsychologischer Trainingseffekte. Seit 2011 bis 2014 wird daher ebenfalls durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) ein Forschungsprojekt gefördert, das diese Defizite beheben und eine sportpsychologische Rahmenkonzeption für die Talentförderung, Ausbildung und das Coaching im Ski-Alpin entwickeln und umsetzen wird.

## Literatur

- Engbert, K., Maier, W. & Beckmann, J. (2007). Die Sportpsychologische Betreuung der Ski-Alpin Herren des Deutschen Skiverbandes (DSV). In F. Ehrlenspiel, J. Beckmann, S. Maier, C. Heiss & D. Waldenmayer (Hrsg.), *Diagnostik und Intervention - Bridging the gap* (S. 89). Hamburg: Czwalina.
- Kellmann, M. & Kallus, K. W. (2000). *Der Erholungs-Belastungs-Fragebogen für Sportler; Manual*. Frankfurt 2000
- Kellmann, M. (2002). *Enhancing Recovery: Preventing Underperformance in Athletes*. Champaign, IL: Human Kinetics.

# **Sportpsychologische Eingangsdiagnostik und Betreuung des U17- Nationalkaders des Deutschen Judo-Bundes**

(AZ 071601/10)

Anke Delow & Ralf Brand (Projektleiter)

Universität Potsdam

## **Projektrahmen**

In der sportpsychologischen Betreuung sollen mit Hilfe wissenschaftlich fundierter Erkenntnisse sportliche Spitzenleistungen von Athleten/-innen gefördert werden (Gabler, 1995; Williams & Straub, 1998). Das Projekt sah vor, die Athletinnen und Athleten des DJB U17 Kaders auf die EM 2010 vorzubereiten. Ziel war es, eine systematische sportpsychologische Arbeit in den Trainingsbetrieb des DJB U17 Nationalkaders zu integrieren. Dabei sollte eine Eingangsdiagnostik erfolgen und verschiedene Inhalte des sportpsychologischen Grundlagen- und Fertigkeitstrainings (Beckmann & Elbe, 2008) vermittelt werden.

Innerhalb des Projektzeitraums wurden N = 32 Athleten und N = 38 Athletinnen betreut.

## **Methoden**

Zur sportpsychologischen Eingangsdiagnostik wurden Verfahren in den Bereichen Leistungsmotivation, Volition und Wettkampfangst eingesetzt. Es erfolgte eine Auswertung und Erstellung von Einzelprofilen für die Einzelbesprechung mit den Athletinnen bzw Athleten. Zudem wurde eine Gesamtübersicht erstellt, auf Basis derer Handlungsempfehlungen gemeinsam mit der Bundestrainerin bzw. dem Bundestrainer abgeleitet werden konnten. Folgende Verfahren fanden Anwendung:

- AMS-Sport (Wenhold, Elbe & Beckmann, 2009a)
- SOQ (Wenhold, Elbe & Beckmann, 2009b)
- HOSP (Beckmann & Wenhold, 2009)
- VKS (Wenhold, Elbe & Beckmann, 2009c)
- WAI-T (Brand, Ehrlenspiel & Graf, 2009)
- Performance Classification Questionnaire (Gardner & Moore, 2006)

Insgesamt wurden 60 Profile erstellt. Aufgeschlüsselt auf die Bereiche gab es z. B. im weiblichen Kader von 22 Athletinnen Fragebögen und Profile und 15 Rückmeldungen konnten innerhalb des Projektzeitraumes erfolgen. Es wird angestrebt, die übrigen im Folgeprojekt abzusichern, da es sich meist um jüngere Jahrgänge handelte, die ihren Leistungshöhepunkt im U17-Bereich noch vor sich haben.



Auf Grundlage des Modells zur systematischen sportpsychologischen Betreuung (Beckmann, 2004) besteht ein Teil des Projektes aus dem sportpsychologischen Grundlagentraining. Der Ausgangspunkt ist eine kurze Einführung in die Sportpsychologie und in die Modi der Betreuung im Rahmen des Bundeskaders. Darauf aufbauend werden Strategien zur Regeneration und Aktivierung sowie erste psychoregulative Fertigkeiten vermittelt. Eingeführt wurden insbesondere Atemtechniken, die Progressive Muskelrelaxation und das Autogene Training. Auf der Basis der Erfahrungen hatte jede Sportlerin bzw. jeder Sportler die Chance, die individuell passende Methode zu wählen. Mit Hilfe von MP3's zum Üben im Alltag und von Protokollen wurde die Motivation aufrechterhalten sowie der Trainingseffekt verstetigt und über Rückmeldungen begleitet.

Auf der Ebene des Fertigkeitstrainings erfolgten Gruppen- und Einzelinterventionen zur Zielsetzung, Konzentration bzw. Aufmerksamkeitsregulation, zur Selbstwirksamkeit und zum Umgang mit kritischen Wettkampfsituationen.

Außerdem wurden Wettkämpfe beobachtet und mit den Athletinnen und Athleten individuell besprochen und ausgewertet. Es hat sich als sinnvoll erwiesen, die Wettkampfbeobachtung auf einem internationalen Turnier durchzuführen. Erstens lässt sich zu diesem späteren Saisonzeitpunkt (im Gegensatz zur Deutschen Einzelmeisterschaft) schon besser einschätzen, auf welchen Athletinnen der Fokus liegen soll. Zweitens stellt die internationale Gegnerschaft auch eine intensivere Belastungsprobe dar, gegen die sich die Wettkampfroutinen zu bewähren haben. Auf Grund dieser Überlegungen wurde der letzte Nominierungswettkampf im Mai beobachtet und mit ausgewählten Sportlerinnen ausgewertet. Die Wettkampfbeobachtung ergibt wichtige Anhaltspunkte, um die individuellen Rituale und Routinen einschätzen zu können und die entsprechende Reflexion anzuregen.

Im Vorfeld der Saisonhöhepunkte nahm der Anteil an Einzelgesprächen zu, um den Athletinnen individuelle Hilfestellungen geben zu können. Diese gingen von der zuvor erfolgten Auftragsklärung aus und bezogen den Saisonverlauf und die Erfahrungen der Judoka ein.

Zum Projekthinhalte gehörten auch team-bildende Übungen in Vorbereitung auf den gemeinsamen Jahreshöhepunkt der Jungen und Mädchen. Sie beinhalteten erstens die kognitive Auseinandersetzung mit der gemeinsamen Herausforderung – die Starterinnen und Starter sowie die Ersatzstarterinnen und -starter gaben sich ein Team-Motto und stellten es auf Deutschlandfahnen grafisch dar, die dann zum Anfeuern bei der EM zum Einsatz kamen. Zweitens ging es darum, den Teamgedanken bei gemeinsamen Aktivitäten in der Sporthalle zu demonstrieren (Kooperations- und Vertrauensübungen zur Verdeutlichung der Notwendigkeit gegenseitiger Unterstützung). Hier waren auch die Bundestrainer einbezogen (siehe Abb. 1).





Abb. 1: Team-Poster mit Übungen zur Team-Entwicklung und Team-Motto

Im Sommer-Camp im August 2010 (Kaderlehrgang zur Saisonachbereitung und Saisonneustart) wurden die Jahreshöhepunkte nachbereitet. Mit ausgewählten Starterinnen und Startern wurde ein Debriefing durchgeführt und sich dem Ausblick auf die neue Saison beschäftigt.

Die Betreuung des männlichen Kaders erfolgte durch Dipl.-Psych. Franziska Wenhold, die des weiblichen Kaders durch Dr. Anke Delow. Die Betreuung erfolgte in pragmatischer Anlehnung an die Terminierung der jeweiligen Lehrgänge und Wettkämpfe für die Jungen und Mädchen. Ein Teil der Maßnahmen konnte daher parallel für beide Bereiche erfolgen bzw. sogar gemeinsam durchgeführt werden. Andere unterschieden sich jedoch auch inhaltlich je nach Situation und Anforderung der Bundestrainer bzw. der Bundestrainerin.

## Ergebnisse

Da wir den U17-Nationalkader nunmehr im dritten Projektjahr betreuen, zeigen sich die positiven Effekte der kontinuierlichen Betreuung immer deutlicher. Die Vorkenntnisse eines Teils der Gruppe bringen eine intensivere Arbeit mit sich und führen zu einem breiteren Spektrum an Techniken und Methoden. Teilweise können Inhalte in kleineren Gruppen vermittelt werden. Das Vertrauensverhältnis zwischen sportpsychologischer Betreuerin und der Athletengruppe festigte sich über den längeren Zeitraum der Zusammenarbeit. Auch die Kooperation mit dem Trainerstab, insbesondere mit den Bundestrainern, gewann an Effizienz.

Zum Anspruch des Projektes gehörte es auch, den Übergang in den U20-Bereich angemessen zu gestalten. Durch den Rückhalt des Projektgebers, des BISp, bei der Antragstellung konnten wir einen Teil der Projektmittel auch für die aufgerückten Sportlerinnen und Sportler verwenden und so die Kontinuität der Betreuung sicherstellen, die fachlich anzustreben ist. Dies ist von großer Bedeutung, weil nur so eine Akzeptanz der Angebote auf lange Sicht erwartet werden kann. Auch die Diagnostikergebnisse standen den U20-Bundestrainern zur Verfügung und ergänzten ihre Arbeitsvoraussetzungen. Gleichzeitig konnte weitere Sportlerinnen und Sportler für sportpsychologische Inhalte aufgeschlossen werden. Dies betraf insbesondere die Starterinnen bzw. Starter der Wettkampfhöhepunkte in Bezug auf die Wettkampfvorbereitung und alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer der betreuten Lehrgänge in Bezug auf psychoregulative Verfahren.

Die Bilanz bei den Jahreshöhepunkten fiel im weiblichen Bereich wie im Vorjahr überaus gut aus. Von den sieben Starterinnen bei der Europameisterschaft kamen drei mit Medaillen nach Hause. Es wurden ein erster, ein zweiter, ein dritter und ein fünfter Platz errungen.

Im männlichen Bereich wurden von acht Startern zwei Bronzemedailles, ein fünfter Plätze und zwei siebente Plätze erreicht. Dabei ist zu beachten, dass die Teilnehmerfelder und die Konkurrenz im männlichen Bereich i. d. R. größer sind.

In Auswertung der Betreuung im Projektjahr sind u. a. folgende Abbildungen aufschlussreich. Abb. 2 (links) zeigt, dass z. B. die Sportlerinnen in der Mehrzahl eine Verbesserung ihrer Leistungen im Zusammenhang mit der sportpsychologischen Betreuung sehen. Aus Abb. 3 (rechts) geht hervor, dass sie die Inhalte in die Praxis umsetzen konnten. Zwar füllten diesen Bogen nur die neun EM-Starterinnen bzw. Ersatzstarterinnen aus. Dennoch ist ja gerade ihre Einschätzung aufschlussreich.

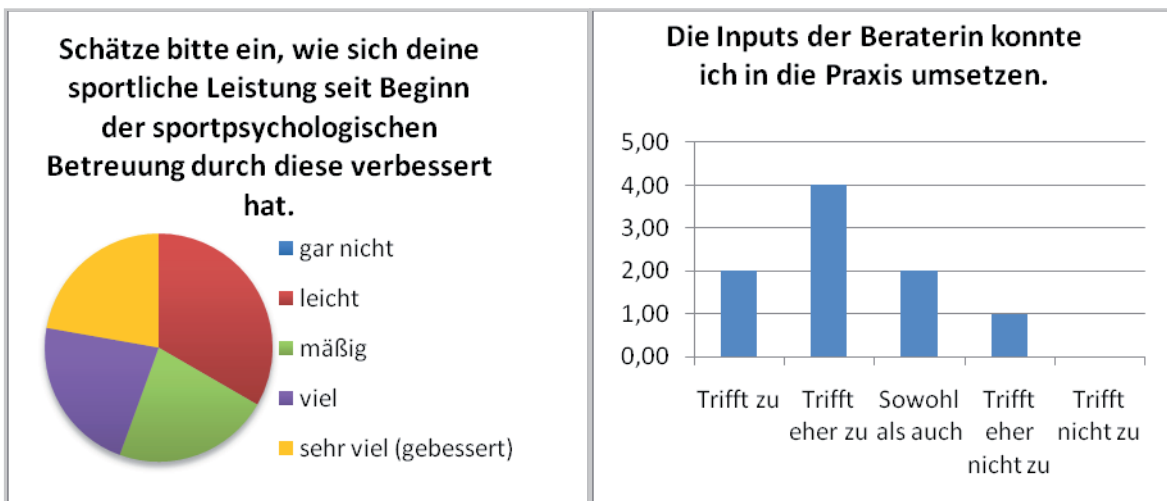


Abb. 2.

Abb. 3.

## Fazit und Ausblick

Das Projekt wurde seitens des DJB für sinnvoll eingeschätzt und eine Fortführung der sportpsychologischen Arbeit mit dem U17-Nationalmannschaftskader unbedingt empfohlen. Daher wurde eine Fortsetzung des Projektes beim Bundesinstitut für Sportwissenschaft für 2011 beantragt (eine entsprechende Bewilligung ist erfolgt). Der Deutsche Judobund stellt inzwischen auch aus eigenem Etat Mittel für die sportpsychologische Betreuung zur Verfügung. Reise- und Unterbringungskosten wurden und werden ohnehin vom Verband getragen.

Außerdem bildet sich beim Verband eine inhaltliche Auseinandersetzung mit sportpsychologischen Inhalten heraus. Die Ansprüche und Zielsetzungen differenzieren sich aus und können so zielgenauer bedient werden. All dies sind die Effekte, die das Bundesinstitut als Geldgeber sich zum Ziel gesetzt hat, als es begonnen hat, das Projekt zu fördern. Es gilt nun, den Übergang in die Eigenfinanzierung so zu gestalten, dass sowohl Kontinuität erhalten bleibt als auch Innovation und Selbstverantwortung die Zeit haben zu wachsen.

## Literatur

- Beckmann, J. (2004). *Systematisches Sportpsychologisches Training*. Unveröffentlichtes Manuskript, Universität Potsdam.
- Beckmann, J. & Elbe, A.-M. (2008). *Praxis der Sportpsychologie im Wettkampf- und Leistungssport*. Balingen: Spitta.
- Beckmann, J. & Wenhold, F. (2009). *Handlungsorientierung im Sport (HOSP), Manual*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Brand, R., Ehrlenspiel, F. & Graf, K. (2009). *Wettkampf-Angst-Inventar (WAI). Manual zur komprehensiven Eingangsdiagnostik von Wettkampfängst, Wettkampfangstlichkeit und Angstbewältigungsmodus im Sport*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Gabler, H. (1995). Motivationale Aspekte sportlicher Handlungen. In H. Gabler, J. R. Nitsch & R. Singer (Hrsg.), *Einführung in die Sportpsychologie* (S. 64-102). Schorndorf: Hofmann.
- Gardner, F. L. & Moore, Z. E. (2006). *Clinical sport psychology*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- SASP Schweizer Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie (2004). *Feedbackfragebogen nach Intervention – Kurzversion*. Magglingen, Schweiz: SASP.
- Wenhold, F., Elbe, A.-M. & Beckmann, J. (2009a). *Fragebogen zum Leistungsmotiv im Sport (AMS-Sport), Manual*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Wenhold, F., Elbe, A.-M. & Beckmann, J. (2009b). *Leistungsorientierung im Sport (SOQ), Manual*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Wenhold, F., Elbe, A.-M. & Beckmann, J. (2009c). *Volitionale Komponenten im Sport (VKS), Manual*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Williams, J. M. & Straub, W. F. (1998). In J. M. Williams (Ed.), *Applied Sport Psychology* (pp. 1-12). Mountain View, CA: Mayfield Publishing.



---

## **Sportpsychologische Betreuung des Paralympic Skiteam Alpin des Deutschen Behindertensportverbandes (DBS)** (AZ 071602/10)

Kai Engbert (Projektleiter), Tanja Werts & Jürgen Beckmann

Technische Universität München, Fakultät für Sport- und  
Gesundheitswissenschaft, Lehrstuhl für Sportpsychologie

### **Hintergrund**

Aktuell findet im internationalen Behindertensport eine erhebliche Leistungsentwicklung statt, die u. a. auf eine fortschreitende Professionalisierung der Trainings- und Arbeitsbedingungen zurückzuführen ist. Im Bereich des Skirennlaufs konnte die deutsche Behindertennationalmannschaft im Ski-Alpin bei den Paralympics 2002 und 2006 die Nationenwertung für sich entscheiden. Um diese Spitzenposition zu halten, wurde in der Analyse der Paralympics 2006 in Turin eine „State of the Art“ Förderung und Betreuung der Aktiven, analog zu anderen olympischen Sportarten, geplant. Dies umfasste neben der Entwicklung einer komplexen behindertengerechten Leistungsdiagnostik auch die sportpsychologische Betreuung der Sportlerinnen und Sportler. Um Synergieeffekte zu nutzen, erfolgte diese wie schon die Betreuung der nicht-behinderten Sportler im Ski-Alpin durch Dr. Kai Engbert (TU München, Lehrstuhl für Sportpsychologie). Das Projekt wurde durch Eigenmittel des Verbandes und eine Förderung des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (BISp) ermöglicht.

### **Methode & Ergebnisse**

Die sportpsychologische Betreuung der deutschen Ski-Alpin Behindertennationalmannschaft von 2006 bis 2010 gliederte sich in unterschiedliche Phasen und Problemstellungen:

- 1. Anforderungsprofil Ski-Alpin Behindertensport:** Wenn auch viele Aspekte der sportpsychologischen Arbeit und der sportartspezifischen Anforderungen aus dem Nicht-Behindertensport übertragen werden können, so dürfen die Besonderheiten des Behindertensports, v. a. im Leistungsbereich, nicht übersehen werden. Zu Beginn der sportpsychologischen Betreuung im Ski-Alpin wurden daher Interviews, Trainingsbeobachtungen und Expertenbefragungen durchgeführt, z. B. mit Trainern, die mit Behinderten und nicht-Behinderten Skirennläufern gearbeitet haben. Hierbei zeigte sich v. a., dass aufgrund der großen Unterschiede in der Lerngeschichte und biografischen Entwicklung der Sportler (z. B. Unfall oder Behinderung von Geburt) in der sportpsychologischen Betreuung ein individuellerer und stark auf die Ressourcen der einzelnen Sportlerinnen und Sportler zugeschnittenerer Ansatz zu wählen war.
- 2. Sportpsychologische Diagnostik:** Als Grundlage für die Sportpsychologische Betreuung wurde der Status quo der Sportlerinnen und Sportler im Hinblick auf



die mentalen Aspekte des Wettkampfsports ermittelt. Hierzu fand eine umfassende Basisdiagnostik statt, die neben Trainingsbeobachtungen und diagnostischen Interviews aus folgenden Fragebögen bestand: AMS-Sport (Elbe, Wenhold & Müller, 2005), SOQ (Elbe, 2004), HOSP (Beckmann & Wenhold, 2008) und VKS (Wenhold, Elbe & Beckmann, 2009). Wichtiger Bestandteil dieser Diagnostik war ein zeitnahe Rückmeldegespräch zwischen der Sportlerin bzw. dem Sportler und Sportpsychologen. Dieses Gespräch bot neben der Rückmeldung der Ergebnisse die Möglichkeit zu einem Einstieg in ein individuelles Coaching.

- 3. Individuelles Sportpsychologisches Coaching:** Auf Basis des o. g. Anforderungsprofils und der individuellen Diagnostik erfolgte eine Einzelbetreuung der Mannschaftsmitglieder. Hier wurde der Schwerpunkt v. a. auf die jüngeren Mannschaftsmitgliedern gelegt, da aufgrund eines „Generationenwechsels“ im Team gerade diese Sportler bzw. Sportlerinnen auf die Anforderungen der Paralympics 2010 vorbereitet werden sollten. Im individuellen Coaching konnten beispielsweise auf Basis des AMS (s. o.) Sportler bzw. Sportlerinnen mit erhöhter Misserfolgsängstlichkeit identifiziert und dabei unterstützt werden, mit Drucksituationen besser umzugehen (z. B. durch Erarbeitung funktionaler Selbstgespräche). Auf Basis des VKS wurden darüber hinaus volitionale Fertigkeiten aus den Bereichen der Selbstoptimierung, Fokussierung und Regulation gezielt trainiert. Dies erfolgte zum einen individuell und, wenn möglich, in der Gruppe (siehe nächster Punkt).
- 4. Gruppenbasiertes Training sportpsychologischer Fertigkeiten:** Zu zentralen sportpsychologischen Themen wie z. B. der Startvorbereitung, der Entspannung oder dem Stressmanagement erfolgte ergänzend zum individuellen Coaching eine Wissens- und Fertigkeitsvermittlung in der Gruppe. Analog zum Ausbildungskonzept der nicht-behinderten Skifahrer sollten die Sportler und Sportlerinnen hier sportpsychologische Techniken lernen und befähigt werden, diese in Training und Wettkampf selbstständig einzusetzen. Damit sollte zum einen das Selbstvertrauen und die Selbstständigkeit der Aktiven gesteigert werden und zum anderen die Abhängigkeit von einer direkten Betreuung am Start reduziert werden.
- 5. Teamentwicklung:** Beim Paralympic Skiteam Alpin handelt es sich um eine relativ kleine Sportler- bzw. Betreuergruppe (insgesamt ca. 30 Personen). Im Gegensatz zu den wechselnden Trainingsgruppen und Kaderbesetzungen im Nicht-Behindertensport gibt es hier deutlich weniger Fluktuation. Dies bietet zum einen die Chance, eine positive Gruppendynamik zu fördern und zu kultivieren. Zum anderen fehlen jedoch Prozesse wie interner Leistungs- und Qualitätsdruck, was die Entwicklung einer kompetitiven Teamkultur erschwert. Um die Teamkultur und Teamdynamik im Hinblick auf die Paralympics 2010 positiv zu beeinflussen, wurde mit dem Paralympic Skiteam Alpin erstmals 2007 ein jährlich wiederkehrendes „Summer Kick-off“ am Ende der Saison durchgeführt. Bei diesem dreitägigen Teamworkshop wurde beispielsweise in Einzelgesprächen die vergangene Saison reflektiert, mit den Zielvereinbarungen abgeglichen und positive wie negative Entwicklungen analysiert. Im Team wurden darüber hinaus behindertengerechte Teambuilding-Übungen und die Analyse von teambezo-

genen Ressourcen und Potentialen durchgeführt („Wo sind wir schon gut? Wo können wir als Team noch besser werden?“). Ergänzend dazu und als Grundlage für die Förderung der Selbstständigkeit der Sportlerinnen und Sportler (siehe nächster Punkt) wurden Ausbildungsmaßnahmen zur Trainingsplanung und Trainingssteuerung durchgeführt.

- 6. Selbstständigkeit und Selbstmanagement:** Der Behindertenleistungssport stellt generell besondere Anforderungen an die Selbstständigkeit und das Selbstmanagement der Sportler: So erfordern z. B. die geographische „Zerstreutheit“ der Wohnorte und die Tatsache, dass der Behindertensport finanziell zum Leben allein nicht ausreicht besondere Anforderungen an die selbstorganisierte Trainingsgestaltung der Aktiven. Vor allem jüngere Sportlerinnen bzw. Sportler scheinen mit der selbstständigen Trainingsgestaltung und der Vereinbarung von Schule/Beruf und Sport teils überfordert zu sein. Daher wurde eine Kooperation mit dem Forschungsprojekt „Selbstführungsfähigkeit – eine Schlüsselkompetenz in Individualsportarten“ (Prof. Dr. J. Beckmann & Chr. Heiss, gefördert durch das BISp) geplant und durchgeführt. Dieses Projekt beschäftigte sich mit der Messung und Förderung der Selbstführungsfähigkeit von Leistungssportlern in Individualsportarten.
- 7. Coaching und Beratung des Trainerstabs:** Die sportpsychologische Ausbildung der Trainer Paralympic Skiteam Alpin wurde in Verbindung mit den Trainerausbildungen im Deutschen Skiverband durchgeführt. So wurden Synergien genutzt und ein Austausch gefördert. Im individuellen bedarfsorientierten Coaching der Trainer standen darüber hinaus v. a. motivationale („Was tun wenn ein Sportler aufgrund eines schwierigen Umfeldes „nicht mitzieht“?) und trainingsdidaktische Aspekte im Vordergrund. Diese Maßnahmen wurden in die Trainingsbegleitungen integriert und konnten so, natürlich unter Wahrung der Schweigepflicht, in Abstimmung mit dem individuellen Coaching und der sportpsychologischen Arbeit mit den Sportlern erfolgen.
- 8. Direkte Olympiavorbereitung:** In der direkten mentalen Vorbereitung der Sportlerinnen und Sportler auf die Paralympics 2010 in Vancouver wurde zum einen der für viele Behindertensportler ungewohnte Umgang mit den Medien und dem öffentlichen Interesse trainiert. Zum anderen erfolgte eine individuelle und gruppenbezogene Klärung von Zielen, Vorstellungen und Visionen, das Nutzen des Know-how der erfahrenen Paralympics Teilnehmer für die Jüngeren und die Erarbeitung von Notfallplänen, um auch in schwierigen Situationen konzentriert bleiben zu können. Zur Verbesserung des Selbstbewusstseins wurde v. a. mit den jüngeren Sportlerinnen und Sportlern Nichtwiederholbarkeits- und Prognosetrainings durchgeführt (Eberspächer, 2007). Neben dieser Arbeit mit den Sportlerinnen und Sportlern erfolgten in der Vorbereitung auf die Paralympics 2010 auch ein Coaching der Trainerinnen und Trainer. Bei den Paralympics selbst erfolgte die Betreuung durch Kontaktmöglichkeit per Telefon und Internet, die gut angenommen wurde. Die guten Ergebnisse der Ski-Alpin Mannschaft zeigen, dass dieses Modell funktioniert. In Zukunft ist jedoch grundsätzlich eine Betreuung direkt beim Großereignis geplant, vor allem um auf ggf. schwierige Entwicklungen vor Ort besser reagieren zu können.



- 9. Nachbereitung und Begleitung des Teams in den neuen olympischen Zyklus:** Die Paralympics 2010 verliefen für das deutsche Ski-Alpin Team überaus erfolgreich: Zum einen konnten die „alten Hasen“, wie Gerd Schönfelder und Martin Braxenthaler an ihre bisherigen Erfolge anknüpfen. Zum anderen konnten die jungen Sportlerinnen und Sportler des Paralympic Skiteam Alpin zeigen, dass die o. g. Maßnahmen erfolgreich waren (siehe Anna Schaffelhuber). Da die WM 2011 jedoch das Karriereende einiger Sportler bedeutet, steht das Team nun vor der Aufgabe, deren Funktionen zu kompensieren bzw. ein neues Teamgefüge zu entwickeln. Sportpsychologisch wird dieser Prozess aktuell durch Teambuilding und Trainingsbegleitung unterstützt. Das bedeutet zum einen eine individuelle Heranführung Nachwuchssportler und -sportlerinnen an den Leistungsstand und die Kultur im Team, als auch eine gezielte Förderung von „Quereinsteigern“, die z. B. nach Unfällen zum Leistungssport finden (siehe nächster Punkt).
- 10. Sportpsychologische Betreuung in der der Juniorenmannschaft:** Wie unter Punkt 9 erläutert galt es, das Team nach den Paralympics 2010 bei der Neuorientierung zu begleiten. Für den Nachwuchssport bedeutete dies, einen Schwerpunkt auf die sportpsychologische Betreuung im Juniorenteam zu legen, um eine Heranführung an die mentalen Anforderungen des Leistungssports zu unterstützen. Nur so konnte gewährleistet werden, dass der bestehende Bedarf an sportpsychologischen Basisfertigkeiten wie Konzentration, Entspannung, Vorstellungsvermögen und Startvorbereitung ausgeglichen werden kann. Als Startschuss wurden hier Workshops ähnlich wie dem „Summer Kick off“ der Nationalmannschaft angeboten und im weiteren Verlauf in Gruppen- und Einzelbetreuung an sportpsychologischen Basisfertigkeiten gearbeitet. Ebenso konnten die Sportler von dem eng verzahnten Forschungsprojekt „Selbstführungsfähigkeit – eine Schlüsselkompetenz in Individualsportarten“ und den Erfahrungen aus der Betreuung der nicht behinderten Schülergruppen beim Deutschen Skiverband (DSV) profitieren. Wie oben erwähnt, konnten durch diese Maßnahme bereits erste Erfolge verzeichnet werden. Wegen der Inhomogenität des Juniorenteams hinsichtlich Alter, Erwerb der Behinderung und Erfahrung im Leistungssport schien und scheint die sportpsychologische Betreuung auch nach Vancouver äußerst sinnvoll, um die Lücken zwischen Nationalmannschaft und Nachwuchs besser schließen zu können und auch für Sochi 2014 gut aufgestellt zu sein.

## Diskussion

Im hier vorgestellten Projekt wurde mit Hilfe einer Förderung des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (BISp) die Sportpsychologische Betreuung des Paralympic Skiteam Alpin des Deutschen Behindertensportverbandes (DBS) realisiert. Zentrales Merkmal war dabei zum einen die langfristige Nachwuchsförderung und die sportpsychologische Begleitung eines „Generationenwechsels“ im Team. Zum anderen konnte das Projekt in enger Abstimmung mit der sportpsychologischen Betreuung der nicht-behinderten Skifahrer des Deutschen Skiverbandes durchgeführt werden, was einen wertvollen Beitrag zur Anerkennung und Integration des Behindertenleis-

tungssports bedeutet und daher von besonderer Praxisrelevanz ist. Die internationalen Erfolge der Nationalmannschaft und einzelner Sportler aus dem Juniorenteam zeigen, dass das Ziel den „Generationenwechsel“ zu begleiten und auch die jungen Sportler mental auf Großereignisse vorzubereiten, geglückt ist. Die zukünftige Betreuung wird demnach einen stabilisierenden Charakter haben, um die Fortschritte zu festigen. Die positiven Ergebnisse des Projektes zeigen außerdem, dass es gilt die sportpsychologische Betreuungsarbeit im Behindertensport voran zu treiben und gezielt auf die Besonderheiten der Bedürfnisse und Rahmenbedingungen einzugehen. Hierfür scheint die Zusammenfassung der jeweiligen Erfahrungen aus den einzelnen Projekten und des Know-how sinnvoll, um die zukünftige Betreuungsarbeit im Behindertensport zu verbessern. Neben dieser Koordinationsaufgabe besteht daher auch Forschungsbedarf in einer Expertise zu den sportpsychologischen Besonderheiten des Behindertensports. Damit kann im Hinblick auf die Paralympics 2012 in London und 2014 in Sochi gewährleistet werden, dass auch deutsche Sportlerinnen und Sportler ganz vorne mit dabei sind.

## Literatur

- Beckmann, J. & Wenhold, F. (2008). HOSP: *Fragebogen zur Erfassung der Handlungsorientierung im Sport*. Abgerufen aus dem World Wide Web am 07.11.2010 unter [www.bisp.de](http://www.bisp.de).
- Eberspächer, H. (2007). *Mentales Training. Das Handbuch für Trainer und Sportler (Vol. 7)*. München: Copress.
- Elbe, A.-M. (2004). Testgütekriterien des Deutschen Sport Orientation Questionnaire. *Spectrum der Sportwissenschaft*, 16, 96-107.
- Elbe, A.-M., Wenhold, F. & Müller, D. (2005). Zur Reliabilität und Validität des AMS-Sport – ein Instrument zur Bestimmung des sportspezifischen Leistungsmotivs. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 12, 57-68.
- Wenhold, F., Elbe, A.-M. & Beckmann, J. (2009). Testgütekriterien des Fragebogens VKS zur Erfassung volitionaler Komponenten im Sport. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 16 (3), 91-103.



## **Sportpsychologische Betreuung von ausgewählten Bundeskadern Pistole**

Fortsetzung des Betreuungsprojekts aus 2009  
(AZ 071611/10)

Jürgen Beckmann (Projektleiter) & Denise Beckmann

Technische Universität München

### **Problem**

Gerade im Schützensport sind mentale Fertigkeiten entscheidende Parameter, die zum Sieg oder zur Niederlage bei Wettkämpfen führen (u. a. Doppelmayr, Finkenzeller & Sauseng, 2008; Kratzer, 1998). Zur weiteren Differenzierung konnten Gould und Dieffenbach (2002) belegen, dass neben Emotionsregulation und Selbstvertrauen vor allem Konzentration sowie gezielte Aufmerksamkeitskontrolle Olympiasieger auszeichnen.

Die Sportpsychologie ist bereits seit Jahren im deutschen Schützenbund e.V. (DSB) und seinen Landesverbänden eine etablierte Größe. Geschuldet den räumlichen Rahmenbedingungen lag das Hauptaugenmerk jedoch lange Zeit auf der schwerpunktmäßigen Betreuung der Athletinnen und Athleten bei Nationalmannschaftslehrgängen und Wettkämpfen. Diese eher punktuell angelegte Betreuung wurde schließlich im Jahr 2009 durch ein Betreuungsprojekt des Bundesinstituts für Sportwissenschaft in Form einer regelmäßigen sportpsychologischen Betreuung vor Ort ergänzt. Ziel war eine langfristige und systematische Integration der Sportpsychologie in den Trainingsplan sowie eine Periodisierung dieser Betreuungsleistung, da nach Beckmann und Elbe (2008) diese strukturellen Bedingungen die Grundlage für wirksame und stabile Effekte sind. Auf Grundlage der positiven Rückmeldungen der Trainer- und Athletengruppe entwickelte sich daher das Vorhaben, auch im Jahr 2010 die erfolgreiche Betreuung der Athleten und Athletinnen vor Ort am Landesstützpunkt Bayern im Bayerischen Sportschützenbund (BSSB) fortzusetzen.

### **Methoden und Ergebnisse**

Innerhalb des Projektzeitraums (Beginn der Saison 2010/2011) wurden N = 11 Sportler und Sportlerinnen sowie N = 9 Trainer und Trainerinnen betreut. Zum einen wurden Trainerworkshops etabliert, in welchen zum einen eine Sensibilisierung gegenüber einer sportpsychologischen Betreuung in den Fokus rückte. Zum anderen wurden in den Workshops zunächst die motivationspsychologischen Modelle von Deci und Ryan (2000) sowie von Mageau und Vallerand (2003) erläutert. Nach Deci und Ryan (2000) fällt die intrinsische Motivation umso höher aus, je selbstbestimmter sich ein Individuum wahrnimmt. Mageau und Vallerand (2003) nahmen diese Annahme als Grundlage ihres Modells und postulieren einen Zusammenhang von Trainerverhalten und Stärke der intrinsischen Motivation bei Athleten und Athletinnen. Demnach sind die Einbindung des sozialen Umfelds der Sportlerinnen und

Sportler sowie die Förderung des Autonomie- und Kompetenzerlebens der Athletinnen und Athleten selbst Faktoren, welche die Entstehung und Aufrechterhaltung intrinsischer Motivation fördern. Diese Modelle dienten in den Trainerworkshops als theoretische Grundlage für darauf aufbauende Gruppenarbeiten mit den Trainerinnen und Trainern. Sie sollten direkt umsetzbare Strategien erarbeiten, wie sie selbst das Training motivationssteigernd und -erhaltend für die ihre Sportlerinnen und Sportler gestalten können.

Für die Betreuung der Sportschützinnen und -schützen diente als Handlungsrahmen das Strukturmodell der sportpsychologischen Betreuung (Beckmann & Elbe, 2008) mit seinen zum Teil aufeinander aufbauenden Betreuungsebenen nach durchgeführter (Eingangs-)Diagnostik. Da ein großer Teil der Aktiven zu Betreuungsbeginn über sehr hohe schulische und berufliche Belastungen klagte, wurde der Fokus zunächst auf die Erholungs-Belastungs-Bilanz der Schützinnen und Schützen gelegt. Hierzu wurde als diagnostisches Instrument einerseits der Erholungs-Belastungs-Fragebogen (EBF, Kellmann & Kallus, 2000) eingesetzt und die Profile der Sportlerinnen und Sportler individuell rückgemeldet. Im Zuge dessen wurden individuelle Stressbewältigungsstrategien erarbeitet, wie beispielsweise die unterschiedliche Auswirkung von emotionalem und problemzentrierten Coping, ein verbessertes Zeitmanagement oder Psychoregulationsstrategien (Atementspannung, PMR, Fantasiereisen). Andererseits wurden mit Hilfe eines selbst konstruierten Belastungsfragebogens Stressoren erhoben. Dazu wurde zunächst die Auftretenshäufigkeit von Stressoren erfasst und anschließend in Form von Rating-Skalen das entsprechend individuelle Stressempfinden. Diese beiden Werte wurden für jeden Stressor multipliziert, wodurch sich jeweils ein Stressfaktor ergab. Diese wurden nachfolgend über die Gruppe gemittelt und in eine Rangfolge gebracht (s. folgende Tabelle).

<b>Stressor</b>	<b>Stressfaktor</b>
Schulische und berufliche Anforderungen	5
Private Konflikte	3
Zeitnot, Hetze	2
Konkurrenzdruck	2
Wettkampf	2
Hohe Verantwortung	2
Konflikte mit Trainern	1
Ungenaue, widersprüchliche Anweisungen	1
Finale	1
Konflikte im Sport	1

In nachfolgenden Gruppensettings wurden dann auf Basis dieser Rangfolge in Form von Gruppenarbeiten und -diskussionen Strategien erarbeitet, wie die einzelnen Stressoren bewältigbar sein könnten.

Diese Trainingsinhalte wurden einerseits im Rahmen eines lösungs- und ressourcenorientierten Betreuungsansatzes gemeinsam mit den Sportlern und Sportlerinnen entwickelt. Im Rahmen dieses Ansatzes werden die Sportlerinnen und Sport-

ler als Experte für sich selbst betrachtet und tragen aktiv zu einer Problemlösung bei. Dabei wird beispielsweise nach Strategien gesucht, die in anderen Kontexten bereits erfolgreich umgesetzt wurden und die auf die aktuelle Problemsituation übertragen werden können. Weiterhin wurden mit den Sportlerinnen und Sportlern individuelle realistische Zielsetzungen bezogen auf die sportliche Leistung entwickelt, durch die ein effektiver Umgang mit dem Spannungsfeld Schule/Beruf und Leistungssport ermöglicht wurde.

Die Evaluation der psychoregulatorischen Trainingsinhalte sowie der Wirksamkeit der Stressbewältigungsmaßnahmen erfolgte durch den regelmäßigen Einsatz des EBF (Kellmann & Kallus, 2000). Hauptsächlich auf den Skalen der Beanspruchung und Erholung konnten leichte Verbesserungen festgestellt werden. Um dies noch zu festigen, wäre jedoch eine weitergehende kontinuierliche Betreuung auch im Jahr 2011 notwendig.

## Diskussion

Fokussiert wurde im Rahmen des Projektes – wie bereits im Jahr 2009 – nicht nur auf die verstärkte Integration einer sportpsychologischen Kultur, sondern auch auf eine frühzeitige Einbindung der Junioren im C-Kader. Dieses Vorgehen wurde durch die vom DSB initiierte sportpsychologische Betreuung der Nationalmannschaft C-Kader weiterführend unterstützt. Dies betont, wie wichtig ein frühzeitiger Betreuungsbeginn bereits im Juniorenalter ist (vgl. dazu auch Beckmann & Elbe, 2008; Weinberg & Gould, 2007) – aber auch, dass zur Stabilisierung mentaler Fertigkeiten die Regelmäßigkeit und Systematik sportpsychologischer Interventionen gefördert werden muss.

## Literaturverzeichnis

- Beckmann, J. & Elbe, A.-M. (2008). *Praxis der Sportpsychologie im Wettkampf- und Leistungssport*. Balingen: Spitta.
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The „what“ and „why“ of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological inquiry*, 11, 227-268.
- Doppelmayr, M., Finkenzeller, T. & Sauseng, P. (2008). Frontal midline theta in the pre-shot phase of rifle shooting: Differences between experts and novices, *Neuropsychologia*, 46, 1463–1467.
- Gould, D. & Dieffenbach, K. (2002). Psychological Characteristics and Their Development in Olympic Champion, *Journal of applied sport psychology*, 14, 172-204.
- Kellmann, M. & Kallus, K.W. (2000). Der Erholungs-Belastungs-Fragebogen für Sportler. Frankfurt: Swets Test Services.
- Kratzer, H. (1998). *Von Psyche und Sensomotorik. Leistungsbestimmende Eigenschaften im Sportschiessen*, 1, S. 32-36. Frankfurt a. M.: Verlag Trainerakademie.
- Mageau, G. A., & Vallerand, R. J. (2003). The coach-athlete relationship: A motivational model. *Journal of sports science*, 21, 883-904.
- Weinberg, R.S. & Gould, D. (2007). *Foundations of Sport and Exercise Psychology*. Champaign: Human Kinetics.





## **Sportanlagen und Sporttechnologie**



## **Mobiler Messplatz Skilanglauf**

– Teilaufgabe Skistock (Sensortelemetrie) –  
(AZ 071503/09)

Martina Clauß, Hartmut Herrmann (Projektleiter bis 30.03.2009)  
& Maren Witt (Projektleiterin)

Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, Institut ABTW,  
Fachgebiet Sportbiomechanik

### **Problem**

Die Thematik ordnet sich in das Forschungsgebiet Mess- und Analyseverfahren des Forschungsfeldes Trainings- und Wettkampftechnologie ein. Ziel war das Entwickeln eines Messplatzes mit Feedbackprozedur für ein Erforschen wirksamer Feedbackinhalte beim Erlernen bzw. Umlernen großmotorischer zyklischer Bewegungen (insbesondere Skating-Bewegungen im Biathlon-Laufbereich, Nordische Kombination-Laufbereich, Skilanglauf). 2009 stand die Teilaufgabe Skistock-Sensortelemetrie im Mittelpunkt. Ihr erfolgreiches Lösen sollte u. a. auch dazu beitragen, dass unter sportartspezifischen Bedingungen trainingswirksames Messplatztraining im Biathlon durchgeführt werden kann.

### **Methode**

Mit der Entscheidung für das Direct Transmission Telemetrie System der Firma Noraxon/Velamed Medizintechnik GmbH, war die Möglichkeit des Nutzens miniaturisierter Direkt-Transmission Systeme (DTS) für ein kontaktloses Übertragen beliebiger biomechanischer Bewegungsparameter-Messsignale gegeben.

Zunächst wurde jedoch nochmals die Art und Weise extrinsischer Feedbackgaben (u. a. Daug, 1988) hinterfragt. Sowohl das Einbeziehen von Expertenmeinungen der Sportpraxis als auch unter Laborbedingungen mit Spitzensportlerinnen und -sportlern durchgeführte Pilotversuche zu permanent optisch und akustisch wahrzunehmenden Feedback-Varianten (einschließlich visualisierter diskreter Bewegungsparameter-Daten) führten zu keinem präferierten Ergebnis. Von daher hatte die erstellte Softwarelösung (objektorientierte Programmiersprache ActionScript 3.0 / Adobe Flex Builder CS5) weitestgehend variable Feedbackinhalte programmiertechnisch zu berücksichtigen.

### **Ergebnisse (ausgewählte)**

Als Skistock-Kraftmesssysteme kamen wieder, maßgeblich auch ökonomisch bedingt, die geringfügig modifizierten Gebersysteme von Clauß & Herrmann (2004), basierend auf Miniaturkraftsensoren des Typs 8402 der Firma „burster“, zum Einsatz. Sowohl ihre elektronische Kopplung mit speziell modifizierten Miniatur-Transmittern vom Typ DTS Force des genannten telemetrischen Messsystems, als auch

die Bereitstellung deren Speisespannung über dieses System (beides Entwicklungsleistungen), führte zur anforderungsorientierten kontaktlosen Skistock-Kraftsignalübertragung und insofern auch zur berührungslosen Feedback-Signalübertragung.

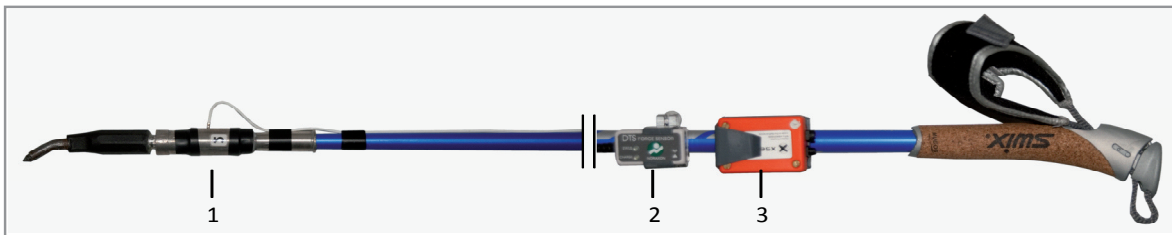


Abb. 1. Ein zum Messstock modifizierter Langlaufskistock ( 1 Kraftmesssystem; 2 Miniatur-Transmitter DTS Force Cell; 3 MTx 3 DOF Orientation Tracker)

Erwartungsgemäß bereitete das Realisieren der Gerätekonfiguration für Messsignalaufzeichnungen des Bewegungsparameters Stockkraft, sowie für variabel zu gestaltende optische und akustische Feedbackprozeduren beim Skaten mit Skirollern auf Laufbändern, keine Probleme. Die mit dem Direct Transmission Telemetry System zur Verfügung stehende MyoResearch XP Master Edition ermöglicht bereits ein dem Messdaten- und Videobild-Erfassungsprozess hinreichend zeitlich zugeordnetes Visualisieren der Daten über wählbare Zeitbereiche. Auch akustische Signale können aktiviert werden, wenn hier variabel einzustellende Schwellbereiche bzw. Sollwerte mit den jeweils anliegenden Messwerten übereinstimmen bzw. die Messwerte die Schwellbereiche überschreiten. Von daher boten sich, zunächst für ein Skilanglauf-Messplatztraining auf Laufbändern, bereits die aus der Abb. 2 zu entnehmenden Feedback-Varianten an.

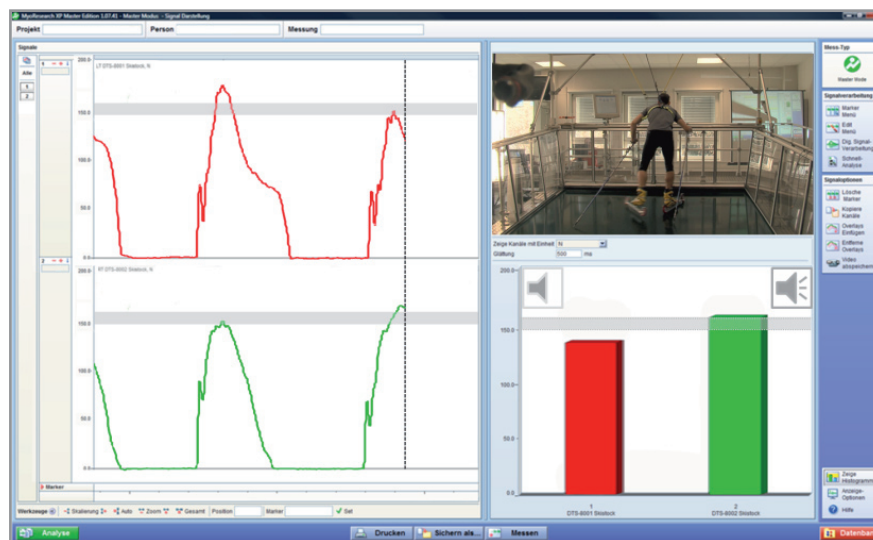


Abb. 2. Spezifiziertes Oberflächentemplate der MyoResearch XP Master Edition mit Feedbackvarianten (**rot**: res. Stockkraft links; **grün**: res. Stockkraft rechts; **grau**: Schwell- bzw. Sollbereich)

Alle drei mit Abb. 2 dargestellten Feedback-Varianten basieren auf der MyoResearch XP Master Edition gebundene Online-Datenaufzeichnung. Sowohl ein Online-Export als auch der Online-Import, einschließlich eines erforderlichen Resamplings diskret vorliegender Daten, ist mit dieser Software nicht möglich. Derartige Operationen sind jedoch notwendig, wenn (z. B. mittels Videobrille) das unter sportartspezifischen Bedingungen dem skatenden Sportler bzw. der skatenden Sportlerin zu gebende Feedback die mit der Abb. 2 gezeigten Informationen, möglichst individuell problemorientiert<sup>1</sup> auswählbar, enthalten soll.

Für das unter sportartspezifischen Bedingungen (Skiroller/Asphalt bzw. Ski/Schnee) durchzuführende Messplatztraining wurde zunächst die in der Abb. 3 ausgewiesene technische Lösungsvariante favorisiert. Während die akustische Feedbackgabe problemlos über eine WLAN-Verbindung gelöst werden konnte, kam für das optische Feedback, aufgrund der voran stehend dargelegten softwaregebundenen Datenerfassung, zunächst nur eine WLAN Remote Verbindung zwischen dem Messdaten erfassenden Notebook und einem am Sportler befindlichen Netbook in Betracht. Der jeweils aktuelle Bildschirminhalt des Mess-Notebook war somit über ein 7-poliges Hosiden-Stecksystem vom Netbook (TV-Ausgang) auch auf eine Videobrille zu übertragen.

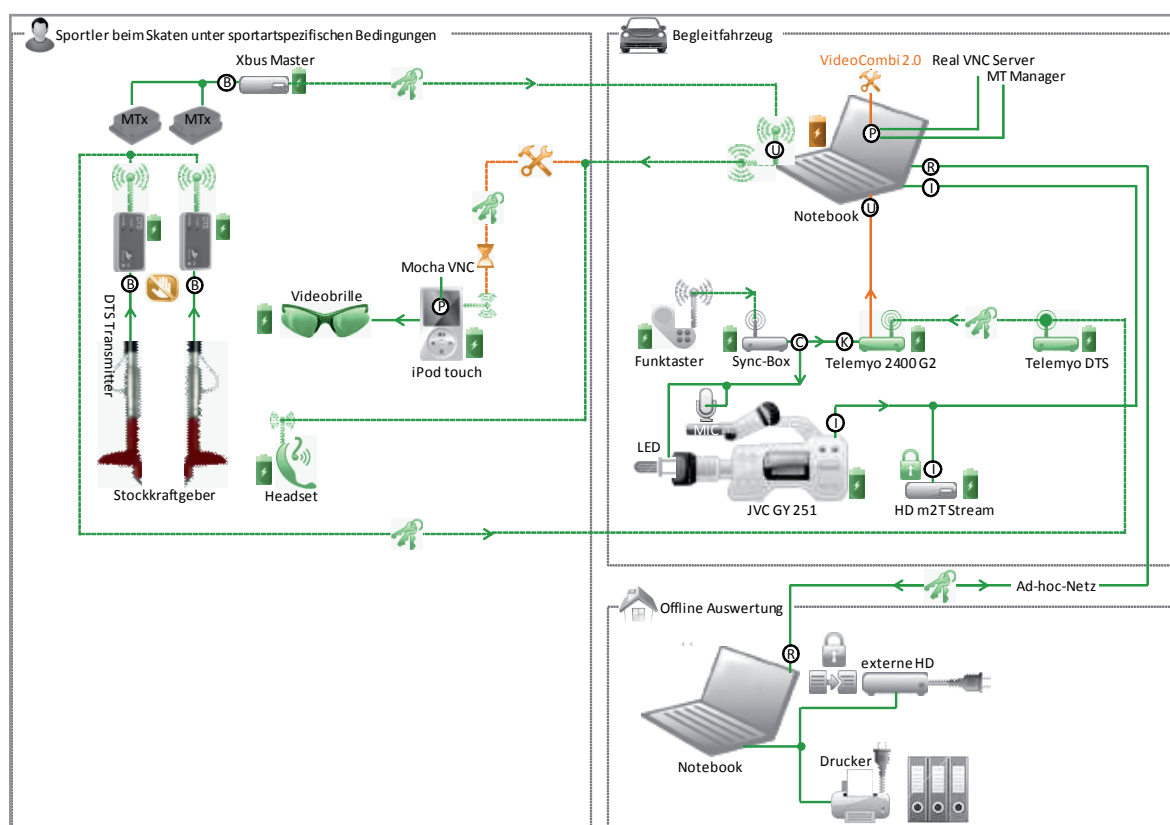


Abb. 3. Hardwarekonfiguration für die Messsignalerfassung mit Feedbackprozedur beim Skaten unter sportartspezifischen Bedingungen

<sup>1</sup> Von einem biomechanisch-theoretischen Darlegen der Wechselbeziehungen zwischen Körperbewegung, Stockbewegung und Stockkraft sowie Begründen gewählter und softwaremäßig aufbereiteter Feedback-Varianten in diesem Beitrag wurde abgesehen. Hierbei stützten sich die Projektbearbeiter/-innen auf die derzeit noch unveröffentlichte Dissertationsschrift von M. Clauß.

## Diskussion

Das Ziel des Forschungsprojektes, schrittweise (2009 erster Schritt), verfahrenstechnische Voraussetzungen

1. für effizient wirksame wissenschaftliche Betreuungsmaßnahmen der DSV-Spitzenportlerinnen und -Spitzenportler (Biathlon, Skilanglauf, Nordische Kombination) mittels Messplatz-Lauftechniktraining;
2. für innovatives substanzielles Forschen hinsichtlich unter sportartspezifischen Bedingungen durchzuführendem Messplatztraining mit Feedbackprozedur

zu schaffen, wurde aus der Sicht der Projektthemenbearbeiter erfüllt. Wie geplant, beschränkten sich die Entwicklungsarbeiten zunächst auf das Problemfeld „der parametergestützten Skistock-Abdruckbewegung mit Feedbackprozedur“. Als limitierender Aspekt erwies sich die erwähnte softwaregebundene Datenerfassung ohne Online-Export- bzw. -Import-Möglichkeit vorliegender diskreter Daten.

Um die Zusatzlast (Netbook im Rucksack) für den skatenden Sportler möglichst gering zu halten, wurde nach weiteren technischen Lösungen gesucht. Über eine WLAN VNC-Server-Client-Verbindung zwischen dem Mess-Notebook und einem am Sportler befindlichen iPod touch konnte gleichfalls eine WLAN Remote Verbindung geschaffen werden. Die Bildschirm-Aktualisierungsrate beträgt hier aber derzeit nur etwa 1 Hz. Das Ansteuern einer Videobrille durch den iPod ist also prinzipiell für Videoformate möglich. Die Applikationswiedergabe über die genutzte Videobrille, wurde jedoch 2009 durch Apple Computer, Inc. noch nicht unterstützt. Entwicklungen hierzu sind aber zeitnah zu erwarten. Damit könnte diese technische Lösungsvariante perspektivisch in den Vordergrund rücken.

## Literatur

- Clauß, M. & Herrmann, H. (2004). Angewandte Biomechanik im Leistungssport am Beispiel des Skatens im Biathlon. In H. Riehle (Hrsg.), *Biomechanik als Anwendungsforschung* (S. 50-57). 6. Symposium der dsv-Sektion Biomechanik vom 22.-24. März 2001 in Konstanz. Transfer zwischen Theorie und Praxis; DVS-Schriftenreihe. Hamburg: Czwalina Verlag.
- Clauß, M. & Herrmann, H. (2004). Biomechanische Einflussfaktoren auf die Effizienz von Skistock-Abdruckbewegung im Rahmen eines Messplatztrainings. In J. Krug und H.-J. Minow (Hrsg.), *Messplatztraining. Ausgewählte Beiträge* (S. 110-116). 5. Gemeinsames Symposium der dsv-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft vom 19.-21. 9. 2002 in Leipzig, Bd. 10. Sankt Augustin: Academia Verlag.
- Clauß, M. & Herrmann, H. (2009). Optimierung der Skistockabdruckwirkungen beim Skaten – Die Suche nach optimalen Wechselbeziehungen zwischen Bewegung und Stockkonstruktionsmerkmalen. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2007/08* (S. 155–159). Köln: Sportverlag Strauß.
- Daug, R. (1988). Zur Optimierung des Techniktrainings durch Feedback-Technologien. In H. Mechling (Red.), *Theorie und Praxis des Techniktrainings*. (Hearing des BISp.), Köln: Sport und Buch Strauß GmbH.





## **Trainingsbegleitende Diagnostik und Messplatztraining im Biathlon-Laufbereich**

(Frauen und Männer) im Rahmen universitärer Betreuung des Spitzensports  
(AZ 071616/09)

Martina Clauß, Hartmut Herrmann (Projektleiter bis 30.03.2009)  
& Maren Witt (Projektleiterin)

Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, Institut ABTW

### **Problem / Zielstellung**

Die Ziele des Vorhabens bestanden:

- (1) Im Weiterführen und Qualifizieren der seit 1999 im Biathlon-Laufbereich unter Sportart semispezifischen Bedingungen (Skiroller auf Asphalt und Skiroller auf Laufband) begonnenen diagnostischen Messungen.

Mit systematisch im Mehrjahresverlauf durchgeführten diagnostischen Messungen sporttechnischer Bewegungsparameter-Daten und Leistungskennziffern sollte den Sportlerinnen und Sportlern sowie ihren Trainern Hilfestellung beim Einschätzen der Wirksamkeit des in den Vorbereitungsperioden 2009-2010 vollzogenen trainingsmethodischen Vorgehens zu den Leistungsstrukturfaktoren Skatingtechnik und Kondition gegeben werden.

- (2) Im Weiterführen sowie methodischen Weiterentwickeln des seit 2001 im Biathlon-Laufbereich an den Trainingsorten der Athleten und Athletinnen durchgeführten Messplatz-Trainings.

Anhand Computergestützter „Video-Messdaten-Combi-Visualisierungen“ sowohl individuell beherrschter als auch durch Bewegungsanweisungen beeinflusster Skatingtechnik-Realisierungen wurde angestrebt, beim Training und Wettkampf mit dem menschlichen Auge nicht zu beobachtende Zusammenhänge zwischen Körperbewegung und den sie ursächlich beeinflussenden dynamischen Bewegungsparametern den Athletinnen und Athleten sachbezogen darzulegen, sowie erkannte Bewegungstechnikreserven und deren Interpretationen, einschließlich empfohlener Bewegungskorrekturen, verständlich zu begründen.

- (3) Im unter wettkampfspezifischen Bedingungen Operationalisieren und wissenschaftstheoretisch gestützten Aufbereiten kinematischer Bewegungsparameter-Daten zu durch nationale und internationale Spitzenathletinnen und -athleten realisierten Skatingtechnik-Ausführungen.

Die auf der Grundlage von Videobild- und Schrittstrukturanalysen identifizierten Ergebnisse zu individuellen Leistungsreserven beim Ausführen der Skatingtechniken des deutschen Biathlon-Auswahlkaders waren vor Beginn der UWW auf die OS Vancouver 2010 dem DSV-Auswahlkader und ihren Trainern in Form einer „Trainer-Schnellinformation“ zu übergeben.

Des Weiteren sollten an nationalen und internationalen Spitzenathletinnen und -athleten aktuell erhobene Daten spezieller Skatingtechnik-Bewegungsparameter die in den Jahren 2007 bis 2009 analysierten Datensätze ergänzen, sodass auf ihrer Grundlage der im Olympiazzyklus 2007/2010 vollzogene nationale und internationale Entwicklungstrend zu den Skatingtechniken und ihren Ausführungen durch den Spitzensportbereich wissenschaftlich gestützt abzuleiten war.

## **Methode**

Bei den unter den Zielstellungen (1) und (2) durchgeführten Untersuchungen kam das u. a. in Clauß und Herrmann (2009) gekennzeichnete Verfahrensspektrum wieder zum Einsatz. In diese diagnostischen Datenerhebungen und das Messplatztraining konnten 2009 aber erstmals nur Sportlerinnen und Sportler (N = 13) des Biathlon-Bundesleistungszentrums Ruhpolding einbezogen werden. Beide Vorgehensweisen erfolgten jeweils zu den drei Skatingtechniken (1-2 Skatingtechnik mit Führungsarm, 1-2 Skatingtechnik mit betontem Armschwung und 1-1 Skatingtechnik) in den Trainingsbelastungsbereichen SB und GB.

Die Methodik der Wettkampfuntersuchungen ist aus Herrmann und Clauß (2009) zu entnehmen. Unter dieser Zielstellung (3) fanden Untersuchungen zu den genannten drei Skating-Technikausführungen, realisiert durch Frauen und Männer während des Biathlon-WC Oberhof 2010, statt.

## **Ergebnisse (ausgewählte)**

Nachfolgend werden nur aus erstellten und an den DSV/Biathlon übergebenen Trainerinformationen exemplarisch entnommene Ergebnisse gezeigt, zumal dieses Projekt auf die universitäre Betreuung des Spitzensports gerichtet war.

Mit der Abb. 1 ist ein exemplarisches „Visualisierungsergebnis“ (Bildschirmausdruck) zur 1-1 Skatingtechnikausführung ausgewiesen. Derart aufbereitete Analyseergebnisse ergänzten einerseits gedruckte Diagnostik-Datenlisten zu seit 1999 wissenschaftstheoretisch gestützt vereinbarten biomechanischen Bewegungsparametern, Zweckmäßigkeitkriterien sportlicher Bewegungstechniken dieser zyklischen Bewegungen und trainingsmethodischen Leistungskennziffern. Andererseits bildeten sie die Grundlage für das sportlergerechte Erläutern der nicht zu beobachtenden Zusammenhänge zwischen Körperbewegung und den sie ursächlich beeinflussen den dynamischen Bewegungsparametern. Hierbei war schrittweise vorzugehen. Dazu waren die Bewegungsparameter-Zeit-Verläufe einzeln oder komplex darzustellen.

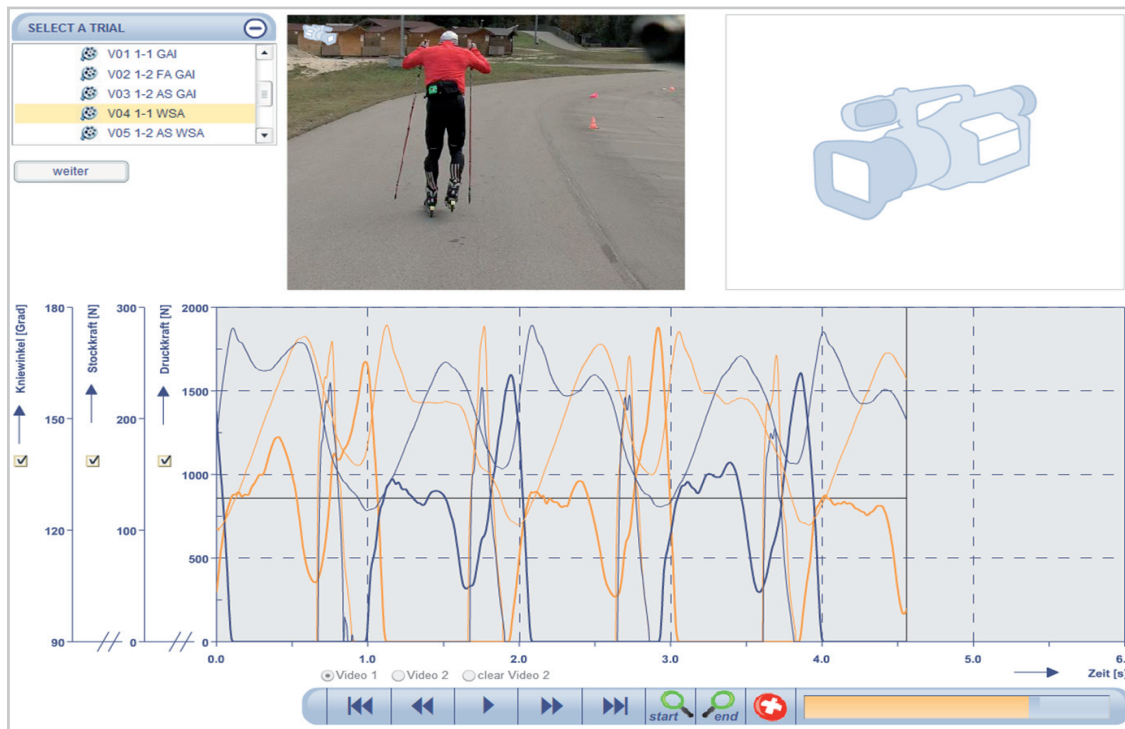


Abb. 1. Bildschirm Ausdruck der Programmoberfläche „Video-Messdaten-Combi-Visualisierung“

Die nachfolgende Abb.2 zeigt ein exemplarisches Ergebnis aus der durchgeführten Wettkampfuntersuchung. Der Focus lag hierbei auf einem Geben von Empfehlungen für das in der UWV auf die OS Vancouver 2010 individuell durchzuführende Skatingtechniktraining.

Es wird empfohlen, die Betrachtung/Bewertung der beiliegenden Videos auf der Grundlage folgender Hinweise zu den Sporttechniknotenpunkten vorzunehmen.

<p><b>Gleitphase [4R-1L-2L; 4L-1R-2R]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hinweis</li> <li>– Zu starke Körperstreck- und Senkbewegung in der Gleitphase</li> <li>– <b>Knotenpunkt:</b> Die Körperstreckbewegung „auf dem Gleitski“ hat aus dem Kraftstoß/Impuls des vorher gehenden Bein-/Skiabdrucks zu resultieren! Von daher sollte nach Abschluss der Bein-/Skiabdruckphase in der Gleitphase nur noch eine verzögerte Streckbewegung ausgeführt werden. Diese führt zur anzustrebenden <u>Hochentlastung</u> des gleitenden Ski. Das gleiche gilt für das nach vorn-oben Führen der Arme für den Stockeinsatz!</li> </ul>	<p><b>Stockabdruckphase [2L-3L; 2R-3R]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hinweis</li> <li>– Beim Stockabdruck wird vorrangig Druck auf die Stöcke durch ein Beugen des Oberkörper im Hüftgelenk erzielt und zu wenig über eine aktive Armbewegung!</li> <li>– Die Retroversion der Oberarme im Schultergelenk ist zu gering, die Ellbogengelenköffnung erfolgt zu zeitig und ist zu groß! (Stockabdruckbewegungen mit gestreckten Armen führen nur zu geringer Abdruckwirkung!)</li> <li>– Zum Abschluss der Stockabdruckphase die Arme nebst Stöcke nicht hinten verweilen lassen, sondern sofort mit Beginn der nachfolgenden Beinabdruckphase nach vorn-oben beschleunigen!</li> </ul>	<p><b>Beinabdruckphase [3L-4L; 3R-4R]</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hinweis</li> <li>– Die Bein-/Skiabdruckbewegung eher beginnen! Während des Hauptanteils dieser Bewegungshase hat Tina das andere Bein nebst Ski bereits in den Schnee gesetzt. (Eine Abdruckbewegung, die unter der Bedingung einer geschlossenen Beinkette ausgeführt wird, ist aus muskelphysiologischer Sicht uneffektiv)</li> <li>– Der Oberkörper ist in dieser Bewegungsphase stärker „aufzurichten“! Mit seiner Streckung (seinem Aufrichten) bereits mit dem Beginn des Bein-/Skiabdruckes beginnen!</li> </ul>
---	--	--

Abb. 2. 1-1 Skatingtechnik am „leichten“ Anstieg (3 Grad)/Sportlerin BaT

## Diskussion

Wiederum konnte konstatiert werden, dass sich dieses durch das BISp-Bonn geförderte und hier nur auszugsweise dargestellte universitäre Betreuen des Spitzensports insbesondere für die Biathlon-Sportpraxis, aber auch für den sportwissenschaftlichen Erkenntnisgewinn bewährt hat. Unter anderem weil die Autoren auch Mitglieder der DSV-Trainerschule sind, war – bis in alle Kaderbereiche hinein – ein kontinuierlicher Transfer aktuell identifizierter Ergebnisse und gewonnener Erkenntnisse mit dem Bearbeiten dieses Projektes gegeben.

## Literatur

- Clauß, M. & Herrmann, H. (2009). Die Skatingtechniken 2006. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2007/08* (S. 161–165). Köln: Sportverlag Strauß.
- Herrmann, H. & Clauß, M. (2009). Wettkampfuntersuchungen zu den Leistungselementen „Sporttechnik“ und „Kondition“ im Biathlon/Laufbereich. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2008/09* (S. 221–226). Köln: Sportverlag Strauß.

---

## **Widerstandselement Trockenschwimmtrainer** (AZ 071504/09)

Peter Gust (Projektleiter) & Frank Büsener

Universität Wuppertal, Lehrstuhl Konstruktion (Engineering Design)

### **Problem**

Im Leistungssport kämpfen Athletinnen und Athleten um jede hundertstel Sekunde. Zur Unterstützung wird im Maschinenbau daran gearbeitet, die Sportlerinnen und Sportler mit technischem Equipment zu unterstützen, ihre Leistungsfähigkeit zu optimieren. Für das Schwimmen sind Geräte interessant, die das Training auf dem Trocknen ermöglichen. Idealerweise sind Bewegungsablauf und Kraftaufwand mit dem Training im Wasser identisch. Zusätzlich ist es auch interessant, das Kraftniveau und den Kraftverlauf an die individuelle Trainingssituation anpassen zu können, um einen besseren Trainingseffekt zu erzielen.

Ziel des Projekts ist die Entwicklung, der Aufbau und der Vergleich möglicher Widerstandseinheiten für einen Trockenschwimmtrainer. Unterschieden werden dabei passive und aktive Widerstandselemente, wobei nach eigenen Recherchen letztere eher selten in Trainingsgeräten verbaut werden. Aktive Widerstandselemente können sich durch einen eigenen Antrieb selbst bewegen, und durch eine Regelung wird die Widerstandskraft bzw. Reaktionskraft an einen vorgegebenen Kraftverlauf angepasst. Passive Einheiten verfügen nicht über einen eigenen Antrieb. Bei Aufbringen einer Bewegung und einer damit verbundenen Kraft soll das Lastniveau während der Bewegung an einen Sollwert angepasst werden. Während die aktive Einheit sich selbst in eine Ausgangslage fahren kann, muss die passive Einheit durch einen Mechanismus wie z. B. eine Feder oder die Schwerkraft wieder in die Ausgangslage gebracht werden.

### **Methode**

Die Entwicklung der Widerstandseinheit basiert auf der Konstruktionssystematik nach VDI Richtlinie 2222 und Ergänzungen aus der Vorlesung an der Bergischen Universität Wuppertal. Dazu werden in diesem Projekt zu Anfang Anforderungen gesammelt und in einer Anforderungsliste zusammengestellt. Im anschließenden Schritt werden die einzelnen Funktionen und Teilfunktionen in einer Funktionsstruktur zusammengefasst, welche dem Konstrukteur zur besseren Identifizierung von Lösungsmöglichkeiten dient. Unter Verwendung einer morphologischen Matrix werden dreizehn verschiedene Lösungsvarianten erstellt und anschließend bewertet. Bewertungskriterien, die Einfluss auf das Ergebnis einer favorisierten Lösung haben, werden anhand der Anforderungsliste festgelegt. Bei der Auswahl wurde der jeweilige Favorit der passiven und aktiven Widerstandseinheit für den Aufbau eines Prototypen vorgesehen.



Die erste Lösung, eine **passive Widerstandseinheit**, besteht aus zwei Dämpfern mit Elektrorheologischer (ER) Flüssigkeit, welche an einen Kurbeltrieb mit Freilauf gekoppelt sind. Durch diese Anordnung kann der gesamte Aufbau um eine Seiltrommel erweitert werden, um ihn in einem Trockenschwimmtrainer zu verbauen. ER-Dämpfer bieten den Vorteil einer variabel einstellbaren Dämpfung, da die Viskosität des Fluides durch ein elektrisch aufgebautes Feld veränderbar ist. In Abb. 1 ist der Aufbau der Widerstandseinheit dargestellt.

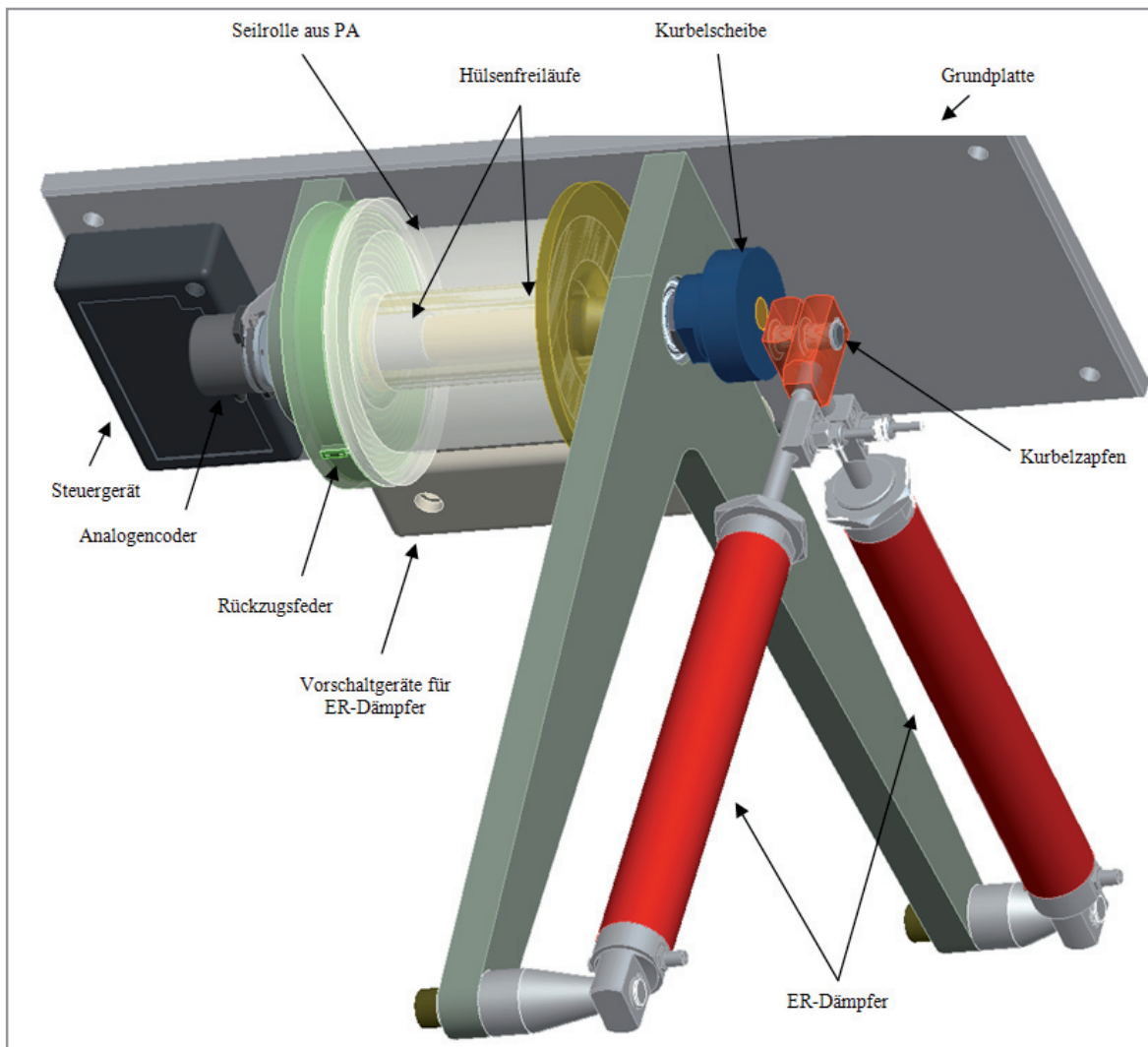


Abb. 1. Passive Widerstandseinheit

Es muss berücksichtigt werden, dass durch den Kurbeltrieb ein ungleichförmiger Geschwindigkeitsverlauf der Dämpfer hervorgerufen wird, was wiederum einen ungleichförmigen Kraftverlauf der Seiltrommel zur Folge hat. Jedoch kann dies durch eine winkelabhängige Ansteuerung der ER Dämpfer kompensiert werden, da diese bereits für das Variieren des Widerstandsniveaus vorhanden ist.

Nach dem Aufbau der Widerstandseinheit wird diese auf einem eigens hierfür entwickelten Prüfstand verbaut, um Dauerversuche durchzuführen. Auf diesem Prüfstand wird das Zugseil durch einen Pneumatikzylinder gezogen, zudem werden parallel



Zugkraft, Position und Temperaturen aufgezeichnet. Die Temperatursensoren werden an den ER Dämpfern angebracht. Des Weiteren wurde die Möglichkeit einer Regelung der Einheit aufgebaut, in der die Dämpfer in Abhängigkeit zur Zugkraft justiert werden. Bei dieser Vorgehensweise werden Temperatureinflüsse und Fehler in der Winkelauswertung kompensiert.

Die 2. favorisierte Lösung, eine **aktive Widerstandseinheit**, wird durch einen elektrisch angetriebenen Linearantrieb realisiert. Um die hohe Geschwindigkeit von ca. 2,5 m/s erreichen zu können, wird eine Lösung mit Zahnriemen und Servomotor von der Firma Isel genutzt. Darüber hinaus ist der Laufwagen mit einem Kraftaufnehmer ausgestattet, da die Regelung kraftabhängig erfolgt. Der Aufbau ist in Abb. 2 zu sehen.

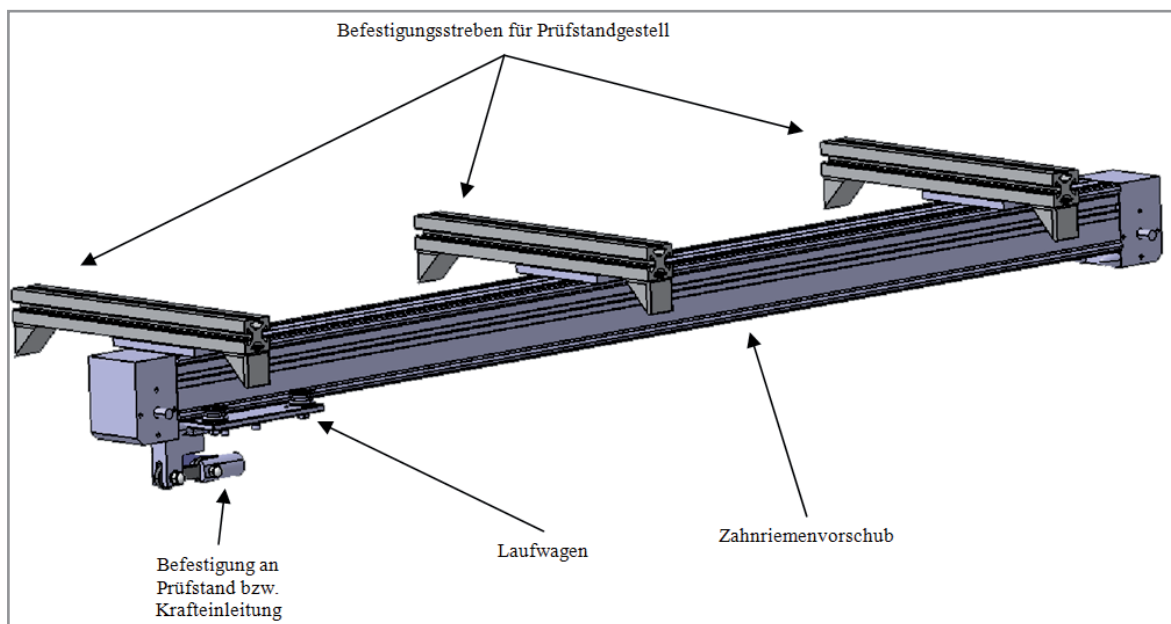


Abb. 2. CAD-Modell Zahnriemenvorschub

Eine direkte Regelung der Kraft mit dem ausgelieferten Controller ist leider nicht möglich, da die Syntax des Controllers eine solche Manipulation nicht zulässt. Der Controller ist jedoch mit verschiedenen Schnittstellen ausgestattet, um ihn extern mit LabVIEW ansteuern zu können. Für die Dauerversuche kann diese Einheit ebenfalls in den Prüfstand eingebaut werden, wobei die Temperatur am Servomotor aufgezeichnet wird.

## Ergebnisse

Erste Messungen an der passiven Widerstandseinheit haben gezeigt, dass sich nicht die gewünschten Ergebnisse einstellen, da der ungleichförmige Kraftverlauf durch die Steuerung nicht kompensiert werden kann. Eine Messreihe zweier Zyklen zeigt Abb. 3, in der die Kraft von 150 Newton über den Weg konstant sein sollte.

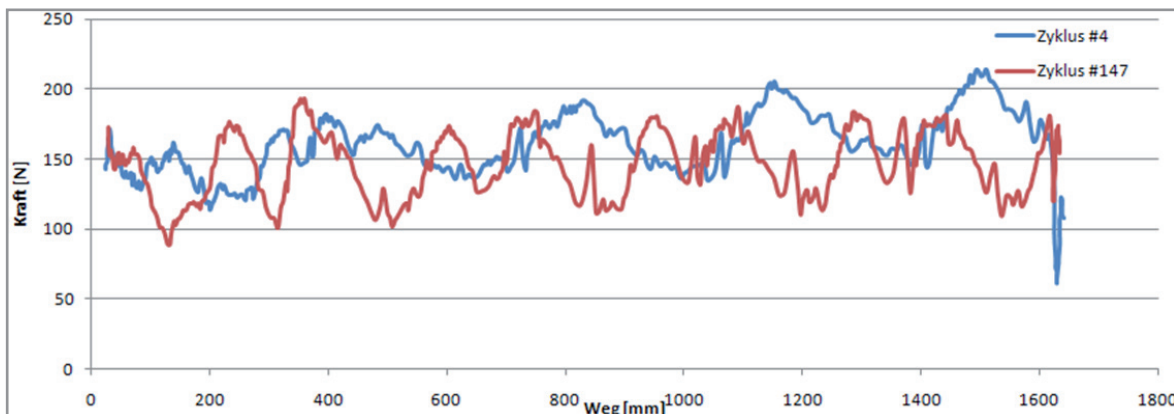


Abb. 3. Kraftverlauf (gesteuert)

Ein Zyklus ist mit der Zug-Druck-Phase der Athletin bzw. des Athleten gleichzusetzen.

Es wurde eine weitere Messreihe durchgeführt, in der die Steuerung durch eine Regelung ersetzt wurde. Die Messreihe zeigt Abb. 4, in der die Kraft konstant 100 Newton betragen sollte.

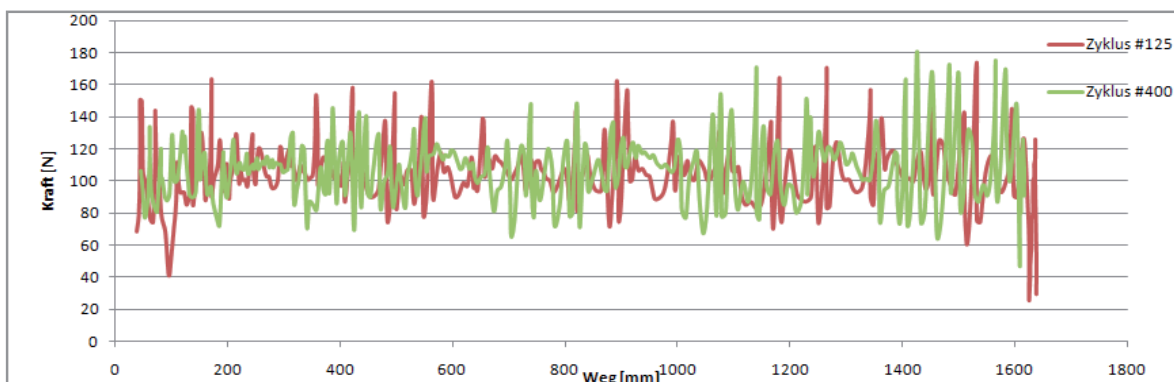


Abb. 4. Kraftverlauf (geregelt)

In diesem Auszug von zwei Messreihen ist deutlich zu erkennen, dass es sich nur um „kurze“ Spitzenwerte handelt, welche mit zunehmender Zyklenzahl vermehrt auftreten. Die Frequenz des programmierten P-Reglers beträgt ca. 300 Hz. Auffallend bei der Regelung im Vergleich zur Steuerung ist die hohe Temperaturdifferenz der beiden Dämpfer, die nach 500 Zyklen ca. 25° C beträgt. Dies ist auf Fertigungstoleranzen der Dämpfer zurückzuführen

Zum Projektabschluss kann nur die passive Widerstandseinheit getestet werden, da die aktive Einheit aufgrund von Schnittstellenproblemen nicht in Betrieb genommen werden konnte. In einem Anschlussprojekt, finanziert durch die BUW, wurde die aktive Widerstandseinheit mit einer seriellen Schnittstelle betrieben, in der erste Versuche durchgeführt wurden.

## Diskussion

Die Messwerte zeigen, dass der Aufbau mit ER-Dämpfern unter Verwendung eines Kurbeltriebes ungeeignet ist, so dass eine andere Möglichkeit gefunden werden muss. Eine weitere Messreihe der Dämpfer auf einer Prüfvorrichtung hat gezeigt, dass der Stick-Slip-Effekt mit ansteigender Spannung, zum Aufbau des Feldes, bei geringen Geschwindigkeiten zunimmt. Da die Dämpfer im Kurbeltrieb pro Umdrehung zweimal der Geschwindigkeit „0“ ausgesetzt sind und einen sinusförmigen Geschwindigkeitsverlauf haben, können die Störungen darauf zurückzuführen sein. Bei einer Überarbeitung des Konzeptes nach Projektabschluss wurden die Dämpfer neu angeordnet und durch ein Getriebe in Form eines Flaschenzuges erweitert. Den Aufbau zeigt Abb. 5.

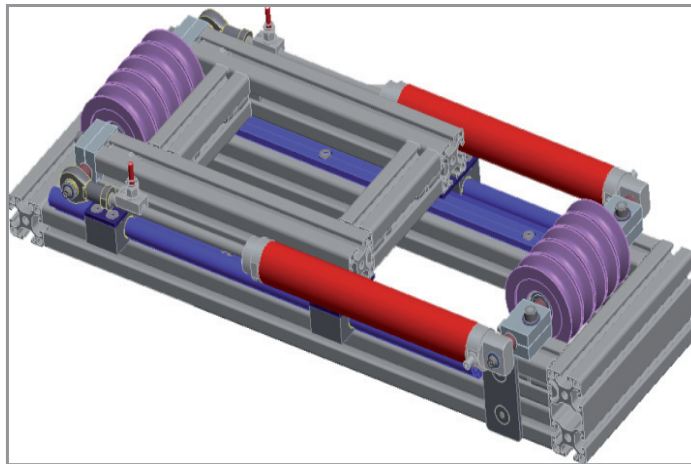


Abb. 5. Überarbeitetes Konzept mit ER-Dämpfer

Bei dieser Form der Anordnung sind die Dämpfer keinen großen Geschwindigkeitsänderungen ausgesetzt, sodass eine Steuerung gemäß den Anforderungen realisiert werden konnte.

## Literatur

- W. Freitag (Hrsg.). (2000). *Schwimmen - Lernen und Optimieren Band 17*; ISBN-10: 3-934706-16-9.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J. & Grote, K.-H (2007). *Pahl/Beitz Konstruktionslehre* (7. Auflage). Springer Verlag; ISBN: 978-3-540-34060-7.
- Reischle, K. (1988). *Biomechanik des Schwimmens*. Sport Fahnemann Verlag; ISBN: 3-88565-010-X.
- Spikermann, M. (1992). *Analysen und Diagnose schwimmspezifischer Kraft-, Beweglichkeits- und Technikmerkmale*. Köln: Sport und Buch Strauß. ISBN: 3-89001-095-4.
- Witt, M. (2008). *Antriebsgestaltung bei zyklischen Bewegungen*. Verlag Dr. Kovac; ISBN: 978-3-8300-3710-1.
- VDI2222, Verein Deutscher Ingenieure. *Konstruktionsmethodik Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien*. Beuth Verlag GmbH.



---

## **Erstellung einer Machbarkeitsstudie zur Nutzung von VR-Technologie im Spitzensport (Analyse und Trainingsmöglichkeiten)** (AZ 071504/10)

Nicole Bandow, Kerstin Witte (Projektleiterin)  
& Jürgen Edelmann-Nusser (Projektleiter)

Universität Magdeburg, Institut für Sportwissenschaft

### **Problem**

Die Virtuelle Realität (VR) hat mittlerweile weiten Einzug in viele wissenschaftliche Bereiche erhalten. VR bietet die Möglichkeit, durch interaktive Computersimulationen Reize zu erzeugen, die vom Anwender wahrgenommen werden, und diesen mental und physisch in eine alternative Realität versetzen (vgl. Sherman & Craig, 2003, S. 13). Es ist vorstellbar, diese Reize in der virtuellen Realität so zu manipulieren, dass diese zur Untersuchung bestimmter Problemstellungen im Sport eingesetzt werden können. Inwiefern das Verhalten in der virtuellen Realität der der wirklichen Realität ähnelt und ob man somit diese adäquat für sportwissenschaftliche Untersuchungen einsetzen kann muss untersucht werden. Dabnicki und Baca (2010, S. 9ff.) erläutern die Möglichkeit dieser Überprüfung über ein Erfassen von Reaktionszeiten auf definierte Bewegungsabläufe. Es wird angenommen, dass der Vergleich der Reaktionszeit in der VR und in der Realität Aufschluss darüber geben kann. Daraus leitete sich folgender Aufgabenbereich für die Untersuchung ab: das Erstellen einer geeigneten VR-Umgebung zur Untersuchung von sportwissenschaftlichen Fragestellungen und damit die Überprüfung der Realitätsnähe der VR auf der Grundlage von Reaktionszeiten. Allgemein soll zunächst überprüft werden, ob sich die Reaktionszeiten beim Ballfang in den verschiedenen Szenarien (Realität, Leinwandprojektion und Cave Automatic Virtual Environment) unterscheiden. Es wird angenommen, dass die Reaktionszeit der Caveprojektion eher der der Realität entspricht als bei der Leinwandprojektion. Eine weitere Aufgabe ist die Untersuchung der Reaktionszeiten auf Karateangriffe, die darüber Aufschluss geben soll, ob VR im Kampfsport zum Beispiel für Untersuchungen zur Antizipationsfähigkeit einsetzbar ist. Es wird angenommen, dass auch hier die Reaktionszeiten der Caveprojektion eher denen der Realität entsprechen als bei der Leinwandprojektion.

### **Methode**

#### *Erstellung der 2D- und 3D-Umgebungen*

Zur Durchführung der vergleichenden Untersuchungen zwischen Realität, Leinwandprojektion (2D) und Caveprojektion (3D) wurden für das Ballfangszenario 10 Ballwürfe und für das Karateangriffsszenario 9 Angriffe, zum einen per Video und zum anderen über das Vicon Motion Capture System (sechs Marker am Ball und 39 Marker – Plug-in-Gait Modell – für den Karateka) erfasst. Die Videoaufnah-

men wurden für die Leinwandprojektion und die Motion-Capture-Aufnahmen zur Animation des virtuellen Balles bzw. des virtuellen Angreifers (ein männlicher und ein weiblicher) verwendet (vgl. Abb.1).



Abb. 1. Von links nach rechts: Untersuchung Karate: Realer Angriff; Leinwandprojektion; Caveprojektion; männlicher animierter, virtueller Angreifer.

Die Erstellung eines virtuellen Ballwurf- und Karateangriffszenarios erfolgte zunächst über die Modellierung (3ds max, Fa. Autodesk) eines virtuellen Balls, Karatekas sowie einer Umgebung. Die Modelle wurden schließlich in eine Autoren-Software, die auf Open-GL und dem Open-Szene Graph aufsetzt und bereits ein integriertes Framework zur Charakteranimation besitzt, übertragen. Die über Vicon Nexus (1.3) erfassten Bewegungsdaten wurden entsprechend des Plug-in-Gait-Modells bereits Segmenten zugeordnet, die dann dementsprechend auf die Segmente des Modells übertragen werden konnten und dieses dadurch animierten.

#### *Durchführung der Ballfang- und Karateangriffuntersuchungen*

Die Versuchsdurchführung wurde bei beiden Untersuchungen, Messung von Reaktionszeiten beim Ballfang und beim Karateangriff, in gleicher Weise durchgeführt. Den Probanden (33 männliche Probanden;  $\bar{X}$  24 ( $\pm$  3) Jahre) der Ballfanguntersuchung wurde in jeder Untersuchungsumgebung die Aufgabe gegeben, zehn Ballwürfe zu fangen. Die Reaktionszeit wurde über Video (Basler Pilot 640-GC210; 200 Hz), über Beschleunigungssensoren (Fa. Myon; 1000 Hz) (linkes Handgelenk) sowie bei zehn Probanden zusätzlich über EMG (Fa. Myon; 1000 Hz) am M. deltoideus p. clavicularis erfasst. Die Synchronisation der Daten erfolgte automatisch über Vicon Nexus (1.4).

Den Probanden der Karateuntersuchung (2 weibliche, 4 männliche;  $\bar{X}$  22 ( $\pm$  7) Jahre) wurde die Aufgabe erteilt, in jedem Untersuchungsszenario so schnell und adäquat wie möglich auf die Angriffe zu reagieren. Die Reaktionszeiten wurden, wie bei der Ballfanguntersuchung, per Video und Beschleunigungssensoren, die am rechten Unterarm und am vorderen linken Unterschenkel angebracht waren, sowie bei drei Testpersonen per EMG-Sensoren, die am linken M. rectus femoris und am rechten M. triceps brachii caput mediale angebracht waren, erfasst.

Die Auswertung der Ballfanguntersuchung wurde auf Basis der Beschleunigungsdaten vorgenommen da angenommen werden konnte, dass diese genauere Aussagen treffen als die Videobildauswertung. Nach einer Filterung der Daten (Butterworth-Hochpass 10 Hz) und mit Hilfe eines Moving Average (20 Werte) wurde der



Beginn der Reaktion durch ein Überschreiten der maximalen Amplitude zwischen zwei Peaks ermittelt. Der Beginn der Reaktionszeitmessung erfolgt über das Videobild bei dem der Ball das erste Mal in Erscheinung tritt. Analog wurde bei der Auswertung der Reaktionszeiten der Karateuntersuchung vorgegangen, wobei ein Experte den Beginn des Karateangriffs über die Videoaufnahme definierte.

Die Beschleunigungsdaten der Ballfanguntersuchung wurden, nach Überprüfung der Voraussetzungen einer ANOVA (Varianzanalyse) unterzogen. Die Auswertung der Reaktionszeiten der Karateangriffe erfolgte, ebenfalls nach Überprüfung der Voraussetzungen, über einen t-Test für gepaarte Stichproben.

Das subjektive Realitätsempfinden der Probandengruppe bei der Leinwand- und Caveuntersuchung wurde im Anschluss an die Untersuchung per Fragebogen erfasst.

## Ergebnisse

Die auf Beschleunigungsdaten gemittelten Reaktionszeiten der Ballfanguntersuchung weisen für die Fälle Real-Cave ( $p = 0,000$ ) und Real-Leinwand ( $p = 0,000$ ) einen hochsignifikanten Unterschied auf. Für das Szenario Cave-Leinwand ( $p = 0,105$ ) konnte kein signifikanter Unterschied gefunden werden (vgl. Abb. 2).

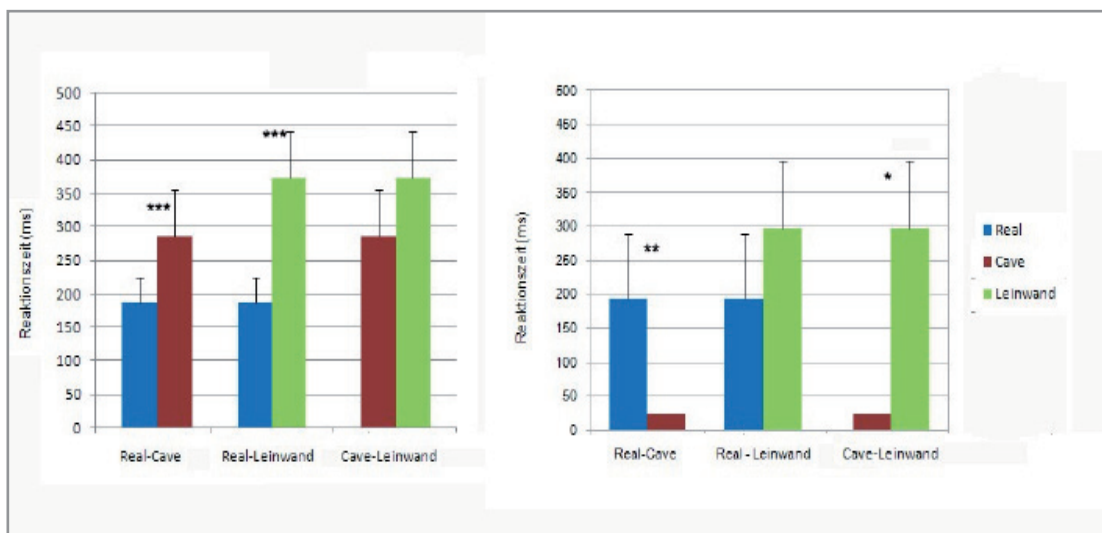


Abb. 2. Links: Balluntersuchung: Vergleich der Reaktionszeiten von Beschleunigungsdaten aller Probanden ( $N = 33$ ) zwischen den einzelnen Umgebungsszenarien.

Rechts: Karateangriffuntersuchung: Vergleich der Reaktionszeiten über Videoanalyse von allen Probanden ( $N = 6$ ) über alle Techniken ( $N = 9$ ) zwischen den einzelnen Umgebungsszenarien.

Die Ergebnisse der Karateangriffsuntersuchung weisen einen signifikanten Unterschied zwischen den Reaktionszeiten von Real-Cave ( $p = 0,004$ ) und Cave-Leinwand ( $p = 0,012$ ) jedoch keinen zwischen Real-Leinwand ( $p = 0,369$ ) auf. Die Ergebnisse der Befragung in Bezug auf das subjektive Empfinden bei der Leinwand- und Cave-Untersuchung im Vergleich zur Realität zeigen, dass die virtuellen Ballwürfe und Karateangriffe als realistischer empfunden werden als die an der Leinwand.



## Diskussion und Ausblick

Die Ergebnisse der Balluntersuchung konnten bedingt zeigen, dass die Reaktionszeiten der Cave eher denen der Real-Untersuchung als die der Leinwand-Untersuchung entspricht. Es treten hochsignifikante Unterschiede zwischen den Szenarien Real vs. Cave und Real vs. Leinwand auf, allerdings auch zwischen der Leinwand vs. Cave. Es kann also angenommen werden, dass die Cave aufgrund der kürzeren Reaktionszeiten eher denen der Realität entspricht, sich dennoch von dieser unterscheidet.

Auch die Ergebnisse der gemittelten Reaktionszeiten über alle Probandinnen und Probanden im Vergleich zwischen Real-, Leinwand- und Cave-Untersuchung zeigen deutliche Unterschiede. Es wurde bereits vor den Untersuchungen angenommen, dass bei der Leinwand-Untersuchung die längsten Reaktionszeiten auftreten würden. Dies konnte hier bestätigt, jedoch nicht signifikant nachgewiesen werden. Es wird angenommen, dass die kurzen bzw. negativen Reaktionszeiten in der Cave aufgrund der Distanz zwischen Probandin/Proband und virtuellem Angreifer auftreten. Kam der virtuelle Angreifer aufgrund seiner Steppbewegung in den angriffsgefährlichen Bereich der Probandin bzw. des Probanden, löste dies möglicherweise bereits eine Reaktionsbewegung aus, ohne dass der virtuelle Angreifer mit dem eigentlichen Angriff begonnen hatte, wie es die eigentliche Aufgabenstellung war (Reagiere auf den Angriff!). Des Weiteren ist nicht auszuschließen, dass die unausgereifte visuelle Darstellung des virtuellen Avatars eine Rolle bei der Beeinflussung der Reaktionszeit spielt. Eine weitere noch wissenschaftlich zu begründende Ursache kann auch darin liegen, dass zunächst davon ausgegangen wurde, dass der reaktionsauslösende Schlüsselreiz (Cue) innerhalb der Angriffstechnik zu suchen ist. Mögliche frühere Cues wurden jedoch bei diesem Untersuchungsdesign nicht weiter berücksichtigt. Diese werden u. a. in verändertem Distanzverhalten des Gegners, Auftaktbewegungen und veränderte Steppbewegung vermutet. Ob es diese frühen Cues gibt, muss Gegenstand weiterführender Untersuchungen, unter der Bedingung der Ausschaltung o. g. Fehlerquellen, sein.

## Literatur

- Dabnicki, P. & Baca, A. (2010). *Computers in Sport*. Southampton: WIT Press.
- Sherman, W. R. & Craig, A. B. (2003). *Understanding virtual reality: Interface, applications and design*. San Francisco: Morgan Kaufmann.