

# Motorische Profile im Sportspiel

(AZ 070503/21-22)

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

Goethe Universität Frankfurt, FB05, Trainings- und Bewegungswissenschaft

## 1 Problem

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

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

## 2 Methode

### 2.1 Untersuchungsablauf

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

### 2.2 Probanden

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

### 2.3 Erfassung der motorischen Präferenzen

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

### 2.4 Erfassung leistungsbezogener Seitenunterschiede

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

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

### 2.5 Statistische Verfahren

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

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Ergebnisse der subjektiven Fragebögen

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

### 3.2 Ergebnisse der Clusteranalyse

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

#### 1. Die Rechtsspringer (n = 26):

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

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

#### 2. Die Rechtsverlagerer (n = 16):

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

#### 3. Die Linksspringer (n = 18):

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

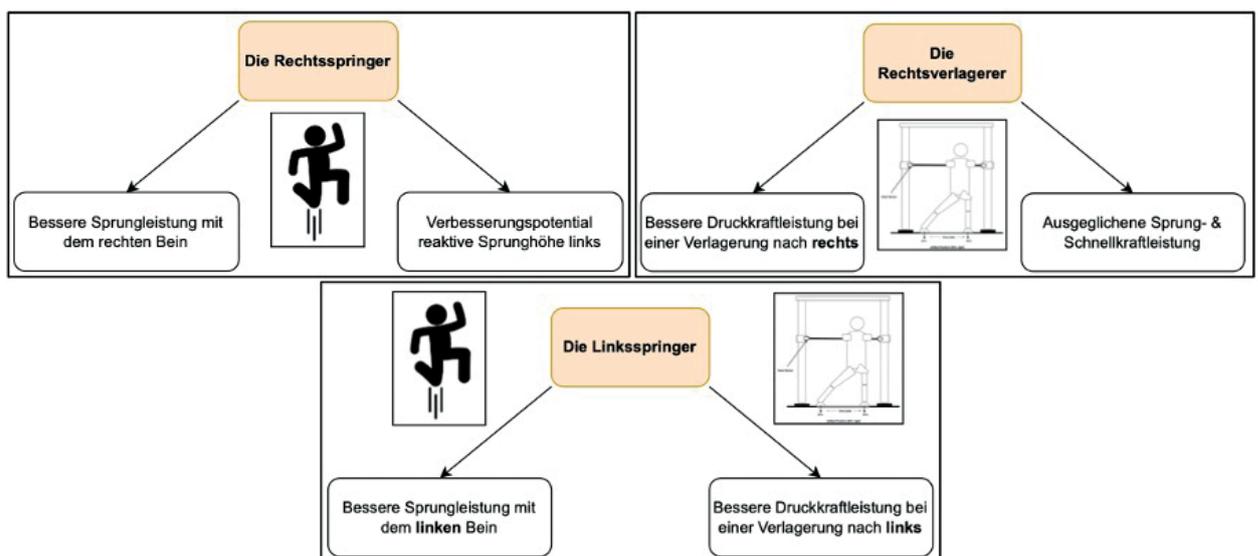


Abb. 1: Motorische Profile der Männer

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

**1. Die Unausgeglichene (n = 7):**

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

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

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

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

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

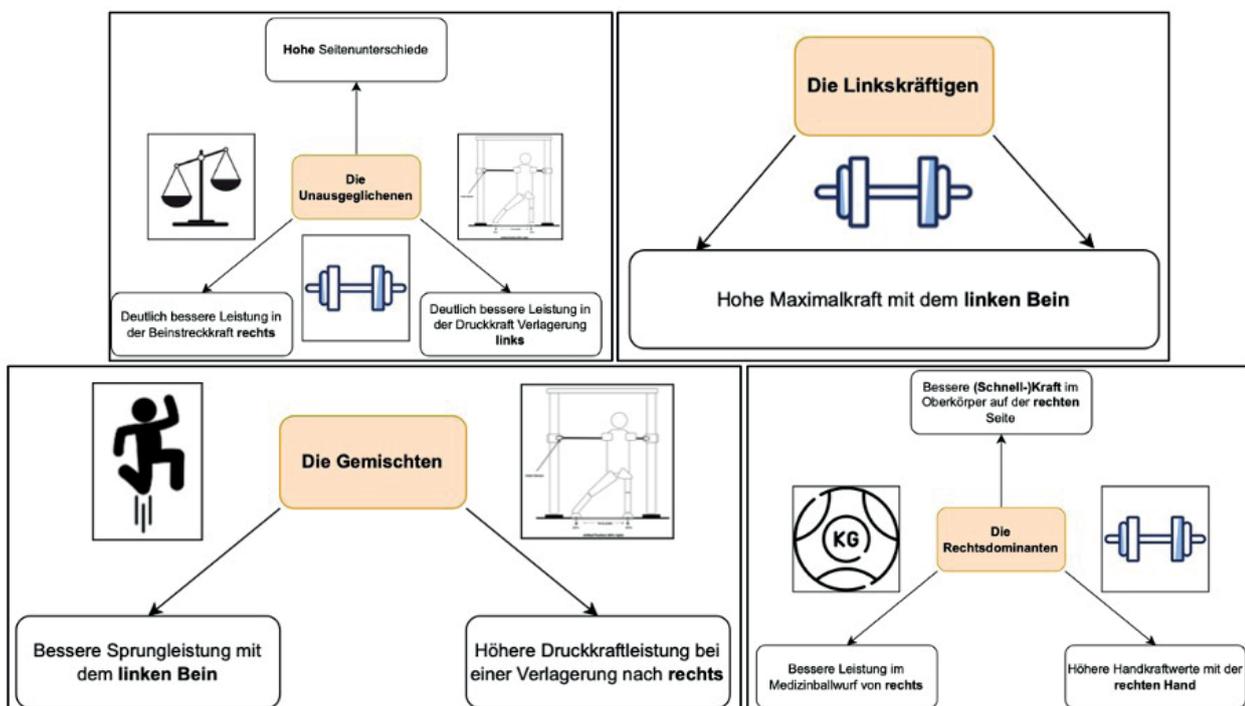


Abb. 2: Motorische Profile der Frauen

### 3.3 Ergebnisse des PATHoops- und MOTORLAT-Tests

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

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

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

### 3.4 Ergebnisse der Druckkraft

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

Tab. 1: Häufigkeiten der Fortbewegungspräferenzen im PATHoops-Test

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

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

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

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

### 3.5 Ergebnisse der motorischen Inhibition

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

## 4 Diskussion

### 4.1 Diskussion Clusterverfahren

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

Für **Sportspieler** ergaben sich die Profile

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

Für **Sportspielerinnen** ergaben sich folgende Profile:

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

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

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

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

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

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

## 4.2 Diskussion PATHoops und MOTORLAT

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

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

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

## 4.3 Diskussion Druckkraft

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

#### 4.4 Diskussion motorische Inhibition

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

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

#### 5 Literatur

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

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