



Bundesinstitut  
für Sportwissenschaft



Wir helfen  
dem Sport

# BISp-Jahrbuch

Forschungsförderung 2018/19

2018/19



Bundesinstitut für Sportwissenschaft

# BISp-Jahrbuch

Forschungsförderung 2018/19

# Online-Publikation des Bundesinstituts für Sportwissenschaft

## Impressum

### Herausgeber

Bundesinstitut für Sportwissenschaft  
Graurheindorfer Straße 198 · 53117 Bonn  
[info@bisp.de](mailto:info@bisp.de)  
[www.bisp.de](http://www.bisp.de)

### Ansprechpartner

Elke Hillenbach  
Tel.: 0228 99 640 9052  
E-Mail: [elke.hillenbach@bisp.de](mailto:elke.hillenbach@bisp.de)

### Erscheinungsjahr

2019

### BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2018/19

ISBN 978-3-96523-024-8

### Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

## Editorial

Das Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) hat die Aufgabe, Forschungsbedarf zu ermitteln und Forschungsvorhaben auf dem Gebiet des (Spitzen)sports (Ressortforschung) zu initiieren, zu fördern und zu koordinieren. Die Auswertung der Forschungsergebnisse erfolgt mit dem Ziel, eine kontinuierliche Sicherung, Erweiterung und Vertiefung von Wissen zu gewährleisten. Ein besonderer Schwerpunkt wird dabei auf den Transfer von (sport)wissenschaftlichen Erkenntnissen in die (Sport)praxis gelegt.

Seit 1997 erscheinen regelmäßig Jahrbücher, in denen abgeschlossene Forschungsvorhaben des BISp in Kurzform vorgestellt werden. „Abgeschlossen“ bezieht sich dabei stets auf das Ende der finanziellen Förderung durch das BISp. Der Transfer von Forschungsergebnissen reicht oft weit über diesen Zeitraum hinaus.

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

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

- › Medizin und Naturwissenschaften (13 Projekte)
- › Sozial- und Verhaltenswissenschaften (10 Projekte)
- › Sportanlagen und Sporttechnologie (1 Projekt)
- › Service-Forschung (17 Projekte).

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

[Forschung\\_node.html;jsessionid=C0272E75EE47D80010F423815A1E5DA3.1\\_cid362](https://www.bisp.de/DE/ForschungFoerdern/Service-Forschung/Service-)).

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

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

Ralph Tiesler

Direktor

des Bundesinstituts für Sportwissenschaft



# Inhalt

Editorial .....	3
Inhalt .....	5
<b>Medizin und Naturwissenschaften .....</b>	<b>9</b>
Optimierung der Trainingstherapie zur Behandlung von Sportlern mit Achilles-Tendinopathie .....	11
<i>Kirsten Legerlotz (Projektleitung) &amp; Goran Radovanović</i>	
Leistungssteigerungen durch vibrationsinduzierte Postaktivierungspotenzierung im Leistungssport .....	17
<i>Olaf Prieske, Fridolin Zinke, Arnd Gebel &amp; Urs Granacher (Projektleitung)</i>	
Evaluation eines neuromuskulären Stabilisationstrainings zur Reduzierung der Kopfbeschleunigung bei antizipierten und nicht-antizipierten Krafteinwirkungen auf den Kopf in den Sportspielen – TrainForImpact.....	23
<i>Carsten Müller &amp; Karen Zentgraf (Projektleitung)</i>	
Leistungsdeterminierende Faktoren und Auswirkungen von differenten Trainingsinterventionen bei Short Track Elite- und Nachwuchsathleten .....	31
<i>Anne Bader, Martin Behrens, Florian Husmann, Norman Holl, Sven Bruhn (Projektleitung) &amp; Sabine Felser</i>	
Prozessbegleitende Trainings- und Wettkampfforschung im Trampolinturnen .....	37
<i>Katja Ferger, Michel Hackbarth &amp; Hermann Müller (Projektleitung)</i>	
Analyse von Gieren und Stampfen des Rennruderboots und deren Ansteuerung mittels akustischen online-Feedbacks im Wassertraining .....	41
<i>Mattes (Projektleitung), Nina Schaffert, Martin Reischmann &amp; Stefanie Wolff</i>	
Entwicklung und Etablierung von Ganzkörper-Elektromyostimulations- interventionen für Bundeskaderathletinnen zur Steigerung muskulärer Leistung in leichtathletischen Wurfdisziplinen (Speer, Diskus, Hammer) zur Vorbereitung auf internationale Wettkämpfe .....	47
<i>Florian Micke, Nicolas Wirtz, Ulrike Dörmann &amp; Heinz Kleinöder (Projektleitung)</i>	
Spielanalyse Para-Tischtennis 2018 .....	51
<i>Daniel Link (Projektleitung), Michael Fuchs &amp; Volker Ziegler</i>	
Entwicklung und Etablierung von Ganzkörper-Elektromyostimulationsinterventionen für Kaderathleten zur Leistungsentwicklung in der Doppelstockschieß-Technik (Langlauf) und Stabilisierung des stehenden Anschlages (Biathlon) zur Vorbereitung auf internationale Wettkämpfe und zur Sicherung der Anschlussfähigkeit in den Hochleistungssport.....	55
<i>Florian Micke, Ulrike Dörmann, Nicolas Wirtz, &amp; Heinz Kleinöder (Projektleitung)</i>	

Goalball, Rostock und weiter – Technik, Taktik, konditionelle Voraussetzungen – Goalballnationalmannschaft .....	61
<i>Renate M. Leithäuser, Max Niemeyer, Thomas Prokein, Johannes Günther &amp; Ralph Beneke (Projektleitung)</i>	
Anwendungsbeobachtung und Weiterentwicklung einer Webanwendung zum individualisierten Monitoring des Regenerationsbedarfs im Leistungs- und Spitzensport (MoRe).....	65
<i>Anne Hecksteden</i>	
Weltstandardbasiertes, individualisiertes Training im Blindenfußball.....	71
<i>Renate M. Leithäuser, Martin Mania, Max Niemeyer, Sebastian Schleich &amp; Ralph Beneke (Projektleitung)</i>	
Entwicklung, Evaluation und Transfer einer funktionsbezogenen Diagnostik, Prävention und Therapie bei Rückenschmerz für den Spitzensport und die Gesamtgesellschaft .....	75
<i>F. Mayer, A. Arampatzis, W. Banzer, H. Beck, G.-P. Brüggemann, M. Hasenbring, M. Kellmann, J. Kleinert, M. Schiltewolf, H. Schmidt, C. Schneider, D. Stengel, P.-M. Wippert &amp; P. Platen</i>	
<b>Sozial- und Verhaltenswissenschaften .....</b>	<b>83</b>
Weltmeister werden mit Euch! Aber wie? Eine Studie zum Problem der Unterrepräsentanz von Spielerinnen und Spielern mit Migrationshintergrund im Handball .....	85
<i>Carmen Borggrefe (Projektleitung) &amp; Klaus Cachay</i>	
Entwicklung, Implementierung und Evaluation eines Qualitätsmanagement- systems sportpsychologisch unterstützter Talententwicklung mit dem Deutschen Segler-Verband.....	91
<i>Ole Benthien, Nadine Thomas &amp; Ralf Brand</i>	
Individuelle videogestützte Lernbegleitung zur Verbesserung der pädagogischen Trainingsqualität im Nachwuchsleistungssport .....	97
<i>Alfred Richartz (Projektleitung), Kathrin Kohake &amp; Jessica Maier</i>	
Evaluation von Angeboten zur Förderung Dualer Karrieren an Schule- Leistungssport-Verbundsystemen unter besonderer Berücksichtigung des Modellversuchs Additives Abitur: Halbzeitzeitstand.....	115
<i>Jeffrey Sallen, Robert Zetzsche, Thomas Wendeborn &amp; Erin Gerlach (Projektleitung)</i>	
Optimierung der Trainings- und Wettkampfqualität der Abteilung Tischtennis des Deutschen Behindertensportverbandes e. V.: Sportpsychologische Betreuung 2017-2019 .....	123
<i>Thorsten Leber &amp; Oliver Höner (Projektleitung)</i>	
Sportpsychologische Betreuung der Rollstuhlcurling Nationalmannschaft 2017/2018.....	129
<i>Christian Heiss &amp; Ralf Brand</i>	

Klassifizierungen und ihre sozialpsychologischen Auswirkungen in der paralympischen Nationalmannschaft Schwimmen .....	133
<i>Anke Delow &amp; Ralf Brand</i>	
Monitoring SSK (Sportsatellitenkonto) II und III .....	139
<i>Gerd Ahlert (Projektleitung) und Sven Repenning</i>	
Sportentwicklungsbericht 3.0: Ausgewählte Ergebnisse der Organisations- und Personenbefragungen der 7. Erhebungswelle des „SEB 3.0“ .....	147
<i>Christoph Breuer (Projektleitung) &amp; Svenja Feiler</i>	
<b>Sportanlagen und Sporttechnologie .....</b>	<b>151</b>
Leistungsdiagnostik im Recurve-Bogenschießen: Entwicklung und Evaluation eines Systems zur Analyse der Dynamik der Schützen-Bogen-Interaktion .....	153
<i>Marian Hoffmann, Gunther Kurz &amp; Thorsten Stein (Projektleitung)</i>	
<b>Service-Forschungsprojekte.....</b>	<b>159</b>
Analyse der Belastungs- und Anforderungsstruktur im olympischen BMX Rennsport .....	161
<i>Wilfried Alt (Projektleitung), Dieter Bubeck &amp; Martin Brenner</i>	
3D-Bewegungsanalyse der Absprungbewegung an der Sprungschanze .....	167
<i>Jakob Ketterer, Albert Gollhofer (Projektleitung), Dominic Gehring, Daniel Kulesa, &amp; Benedikt Lauber</i>	
Vergleichbarkeitsanalyse der technischen Bewegungsabläufe im Langlauf auf dem Laufband mit der Lauftechnik auf Skirollern im Gelände.....	173
<i>Ansgar Schwirtz</i>	
Durchführung und Evaluation eines isokinetischen Krafttrainings der Rumpffrotatoren bei Spitzensportlern im Kanurennsport.....	177
<i>Olaf Prieske, Fridolin Zinke, Martijn Gäbler &amp; Urs Granacher (Projektleitung)</i>	
Kinematische Analyse des Sprintschrittes der Schwung-Zug-Technik und korrelative Beziehungen von Sprintleistung und vertikalen Sprüngen in verschiedenen Leistungsklassen .....	183
<i>Klaus Mattes (Projektleitung), Stefanie Wolff &amp; Martin Reischmann</i>	
Selbst-Coaching durch Performance Monitoring .....	189
<i>Jürgen Beckmann (Projektleitung), Kai Engbert &amp; Thomas Ritthaler</i>	
Untersuchung der Häufigkeit von Hüftgelenkspathologien, speziell des femoroazetabulären Impingements, im leistungssportlich betriebenen Badminton- und Fußballsport.....	191
<i>Karen aus der Fünten (Projektleitung), Jana Kunz, Hannes Käsbauer &amp; Tim Meyer</i>	
Trainingsbegleiteter Einsatz eines modernen Feedbacksystems (IPA-14) als Hilfsmittel zur Wendendurchführung im paralympischen Schwimmen.....	195
<i>Alexandra Wippich &amp; Ulrich Hartmann (Projektleitung)</i>	

Individualisiertes Training im Blindenfußball – Technik, Taktik und konditionelle Voraussetzungen.....	199
<i>Renate M. Leithäuser, Martin Mania, Max Niemeyer, Sebastian Schleich &amp; Ralph Beneke (Projektleitung)</i>	
Zeitkontinuierliche Schätzung der Absprung- und Flugparameter von Skispringern in Videoaufnahmen anhand automatischer zeitkontinuierlicher Erkennung von Körper- und Skiposen .....	205
<i>Rainer Lienhart (Projektleitung), Ina Fichtner, Dan Zecha, Sören Müller &amp; Sascha Kreibich</i>	
Entwicklung athletenzentrierter Potenzial und Zielgespräche im Rahmen des Athletenmanagements von Trainern im Deutschen Volleyball-Verband.....	209
<i>Frank Hänsel (Projektleitung), Sören Daniel Baumgärtner (Projektleitung) &amp; Sabine A. Krawietz</i>	
Differenzierte Analyse verschiedener leistungsdiagnostischer Untersuchungs- methoden zur Optimierung der Trainingsanalyse und -steuerung im Kanurennsport.....	215
<i>Manuel Matzka, Christoph Zinner, Philipp Kunz &amp; Billy Sperlich (Projektleitung)</i>	
Technisch-taktische Analyse von Positionsdaten im Hochleistungs-7er-Rugby .....	221
<i>Daniel Memmert (Projektleitung), Robert Rein &amp; Elsa Häberlein</i>	
Entwicklung und Evaluation eines „Wireless Sensor Moduls“ für die Pistolendisziplinen. Teilprojekt I: Datenbox und Softwareapplikation. ....	227
<i>Hannah Steingrebe, Gunther Kurz &amp; Thorsten Stein (Projektleitung)</i>	
Muskuläre Aktivierungsbeiträge bei Sprüngen auf unterschiedlichen Bodensteifigkeiten – Leistungssteigerung von Turnern durch optimale Stiffnessregulation .....	233
<i>Kathrin Freyler, Ramona Ritzmann, Nina Fuhrmann &amp; Albert Gollhofer (Projektleitung)</i>	
Weiterentwicklung und Einsatz eines Mess- und Informationssystems für die Trainingssteuerung im BMX-Rennsport.....	241
<i>Wilfried Alt (Projektleitung), Dieter Bubeck &amp; Karsten Schäfer</i>	
Entwicklung einer Methode zur Sprungbelastungsmessung im Beach-Volleyball Training .....	249
<i>Mark Pfeiffer (Projektleitung), Thimo Pelzer, Thomas Jaitner &amp; Marcus Schmidt</i>	

# Medizin und Naturwissenschaften





# Optimierung der Trainingstherapie zur Behandlung von Sportlern mit Achilles-Tendinopathie

(AZ 070102/16-17)

Kirsten Legerlotz (Projektleitung) & Goran Radovanović

Humboldt Universität zu Berlin, Institut für Sportwissenschaft

## 1 Problemstellung

Chronische Sehnenbeschwerden, im folgenden Tendinopathien genannt, sind unter Leistungssportlern ein häufig auftretendes Problem. Tendinopathien sind generell durch belastungs- und druck-assoziierten lokalen Schmerz, Schwellung und funktionale Einschränkung gekennzeichnet. Am häufigsten von Tendinopathien betroffen sind die Achilles- und die Patellarsehne, wobei die betroffene Sehne von sportarttypischen Belastungen abhängt. So treten bei Läufern insbesondere Achillessehnenbeschwerden auf, während bei Basket- und Volleyballspielern vor allem die Patellarsehne schmerzt, was daher auch als „Jumpers Knee“ bezeichnet wird.

Die Symptome sind meist ausgeprägt und lang anhaltend, während ihre Behandlung oft langwierig und wenig erfolgreich ist. Dies führt zu einer deutlichen Beeinträchtigung der sportlichen Leistungsfähigkeit und kann somit die Karriere eines Leistungssportlers negativ beeinflussen und sogar beenden. Problematisch ist dabei, dass trotz ihrer weiten Verbreitung die genauen Ursachen der Tendinopathie weitgehend unbekannt sind, was die Behandlung auf symptomatische Ansätze begrenzt. Es wird angenommen, dass Überbelastung zu strukturellen Schäden und metabolischen Veränderungen in der Sehne führt und nach einem unzureichenden Heilungsprozess die chronischen Sehnenbeschwerden auslöst (Legerlotz, 2013).

Momentan werden eine Reihe unterschiedlicher Behandlungsmodalitäten bei Tendinopathien eingesetzt bzw. erprobt, wobei die Effektivität vieler dieser Behandlungsmodalitäten nur unzureichend belegt ist (Legerlotz, 2013).

Bisher gibt es nur eine einzige Therapieform, deren Effektivität in einer Reihe kontrollierter Studien nachgewiesen wurde und die dabei noch nahezu nebenwirkungsfrei ist: exzentrisches Training. Seit 1998 wird das von Håkan Alfredson entwickelte exzentrische Trainingsprotokoll erfolgreich in der Behandlung von Achilles-Tendinopathien eingesetzt (Alfredson et al., 1998). Die Wirksamkeit dieser Methode wurde von Alfredson und Kollegen in mehreren Studien dokumentiert (Alfredson & Lorentzon, 2003; Ohberg, et al. 2004) und von weiteren unabhängigen Wissenschaftlern in einer Reihe randomisiert kontrollierter Studien bestätigt (Petersen et al., 2007; Rompe et al., 2007).

Wenn auch die Wirksamkeit des exzentrischen Trainings in der Behandlung von Tendinopathien mittlerweile akzeptiert ist, werden die Ursachen des Behandlungserfolges nach wie vor diskutiert. So ist es fraglich, ob die Muskelkontraktion, die zur Dehnung der Sehne führt, tatsächlich exzentrisch sein muss, oder ob nicht vielmehr das Ausmaß der Dehnung entscheidend ist. Neuere Studien weisen darauf hin, dass es nicht der exzentrische Belastungsmodus ist, der sich positiv auf die Sehnenregeneration auswirkt, sondern die Intensität des Stimulus. So war intensives Krafttraining („heavy slow resistance training“) noch effektiver in der Behandlung von Patellar-Tendinopathien als das klassische exzentrische Training („decline squat“) (Kongsgaard et al., 2009). Nach wie vor ist allerdings unzureichend untersucht, welche Trainingsprotokolle am effektivsten in der Behandlung sind, und warum diese wirksam sind (Malliaras et al., 2013).

Eine Studie an gesunden Probanden ergab, dass der optimale Trainingsreiz für die Sehne von

hoher Intensität/Amplitude (90 % MVC) und mittlerer Dauer ist (3 Sekunden), sowie repetitiv erfolgt, während die Belastungsrate eine untergeordnete Rolle zu spielen scheint (Bohm et al., 2014). Wir nahmen daher an, dass ein Stimulus, der bei Gesunden die größten Adaptionen auslöst, auch in der tendinopathischen Sehne den größten Effekt auf die Regeneration haben würde.

Ziel dieser Studie war es daher, den optimalen Sehnen-Trainingsreiz als Grundlage für den Entwurf eines Trainingsprotokolls zu nutzen und dies bei Patienten mit Achilles-Tendinopathien einzusetzen sowie mit dem herkömmlichen exzentrischen Training nach Alfredson und alleiniger Physiotherapie zu vergleichen.

## 2 Methode

Die Probanden wurden randomisiert in drei Gruppen eingeteilt: 1) Physiogruppe (N = 14), Alfredson Gruppe (N = 15), 3) Berliner Methode Gruppe (N = 14). Einschlusskriterien waren Alter 20-55 Jahre, ultraschallbasierte Diagnose einer Achilles-Tendinopathie, schmerzhafte Achillessehnenbeschwerden mit Funktionseinschränkung für mindestens drei Monate und ein VISA-A Score von höchstens 80. Ausschlusskriterien waren Kortikosteroidinjektionen, Antibiotikaeinnahme, chirurgische Behandlung der unteren Extremitäten sowie systemische Erkrankungen. Die Studie wurde durch die Ethikkommission der Charité genehmigt (EA1/142/15). Vor der Aufnahme in die Studie wurden alle Probanden aufgeklärt und willigten schriftlich in die Teilnahme an der Studie ein.

Allen Probanden wurden nach etabliertem klinischem Standard 12 Termine passiver Physiotherapie/Manualtherapie verschrieben. Darüber hinaus führten die Gruppen Alfredson und Berliner Methode für 12 Wochen ein definiertes Trainingsprogramm durch, das sie in einem Trainingstagebuch dokumentierten.

Das Training der Gruppe Alfredson bestand aus zwei Übungen (Ferse absenken mit gebeugtem und Ferse absenken mit getrecktem Knie), die zweimal täglich mit 3 x 15 Wiederholungen durchgeführt werden sollten. Wenn der Achillessehnen Schmerz unter den Wert 4 der numerischen Schmerzskala fiel, sollte die Belastung

gesteigert werden, z. B. durch Aufsetzen eines Rucksacks mit steigendem Gewicht.

Das Achillessehnentraining nach der Berliner Methode (Bohm et al., 2014) umfasste 4 x pro Woche 5 x 4 isometrische Plantarflexionen (je 3 Sekunden Belastung und 3 Sekunden Pause). Zwischen den Serien waren 1-2 Minuten Pause. Der Gesamtaufwand betrug somit circa 40 Minuten pro Woche. Die Kontraktionen sollten mit ~90 % der maximal willkürlichen Kraft (MVC) durchgeführt werden. Dabei sollte das Fußgelenk dorsal flektiert (~5°), das Knie völlig gestreckt und die Hüfte gebeugt (~115°) sein. Um das Training entsprechend umsetzen zu können, nutzten die Probanden ein eigens entwickeltes und mobil einsetzbares Gurtsystem. Mittels einer im Gurtsystem integrierten Kofferwaage wurde den Probanden eine Rückmeldung über die während der Kontraktion erzeugte Kraft gegeben, um die 90 % MVC besser anzu steuern zu können.

Vor und nach dem Interventionszeitraum wurden die Probanden hinsichtlich morphologischer und mechanischer Eigenschaften der Achillessehne untersucht und füllten einen international anerkannten und validierten Fragebogen zur Einschätzung des klinischen Status der Achilles-Tendinopathie aus (VISA-A, (Lohrer & Nauck, 2009)).

Zur Messung des Achillessehnenquerschnitts, wurden transversale und sagittale Magnet-Resonanz-Tomographie-Bilder des Unterschenkel-Fuß-Komplexes aufgenommen. Die Sehnenquerschnitte über die gesamte Länge der freien Achillessehne wurden manuell segmentiert und in 10 %-Intervallen der Sehnenlänge dargestellt, um regionsspezifische Anpassungen detektieren zu können (Bohm et al., 2014). Der Durchschnittsquerschnitt wurde aus dem Mittelwert aller Querschnitte entlang der Sehnenlänge berechnet.

Zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften der Achillessehne führten die Probanden fünf langsame Rampenkontraktionen auf einem Dynamometer (Biodex) durch. Zur Bestimmung des Moments der Plantarflexoren wurden Gravitationskräfte, Verschiebungen zwischen der Gelenk- und Dynamometerachse mittels inverser Dynamik (Vicon) sowie der Beitrag der Antagonisten mittels Elektromyogra-

phie (Myon m320RX) berücksichtigt. Der Hebelarm der Achillessehne wurde mittels der tendon excursion-Methode berechnet. Die Sehnenkraft ergab sich aus der Division des Moments und des Sehnenhebelarms. Über ein Ultraschallgerät (ESAOTE MyLab 60) wurde synchron die Verschiebung des Muskelsehnenübergangs des M. gastrocnemius medialis zur Achillessehne Bild für Bild nachverfolgt. Die Sehnenendehnung wurde berechnet als maximale Elongation normiert zur Sehnenruhelänge. Die Steifigkeit der Achillessehne wurde aus dem Verhältnis des Anstiegs der Sehnenkraft zur Sehnenelongation im Intervall von 50-100 % der maximalen Sehnenkraft mittels linearer Regression kalkuliert. Das Elastizitätsmodul (E-Modul) wurde aus dem Verhältnis der Sehnenspannung (Sehnenkraft/Sehnenquerschnittsfläche) zur Sehnenendehnung berechnet.

Unterschiede zwischen den Gruppen wurden mittels einer Varianzanalyse für wiederholte Messungen untersucht ( $p < 0,05$ ).

### 3 Ergebnisse

Zu Beginn der Studie unterschieden sich die Probanden nicht hinsichtlich anthropometrischer Eigenschaften, Aktivitätslevel oder klinischer Symptomatik (Tab. 1).

Hinsichtlich des Schmerz und Funktionalität abfragenden VISA-A Scores zeigten alle Gruppen im Pre-Post-Vergleich eine klinisch relevante Verbesserung von durchschnittlich  $19,7 \pm 15,3$  Punkten, während sich die drei Gruppen nicht voneinander unterschieden (Abb. 1 A auf Seite 4). Ausschließlich in der Berliner Gruppe zeigte sich im Pre-Post Vergleich eine signifikant gesteigerte Sehnenkraft (+10 %) (Abb. 1 B auf Seite 4).

Hinsichtlich morphologischer Parameter vergrößerte sich der Sehnenquerschnitt nach der Intervention in der Berliner Gruppe signifi-

kant um 9 %, wobei die anderen Gruppen keinen Unterschied zeigten (Abb. 2 auf Seite 4).

Hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften der Achillessehne zeigte sich in der Berliner Gruppe nach der Intervention eine signifikante Zunahme in der Sehnensteifigkeit (+20 %), in der Physiogruppe eine signifikante Abnahme (-12 %) und keine Veränderung in der Alfredson Gruppe (Abb.3 A, Seite 5). Die maximale Sehnenendehnung war nur in der Berliner Gruppe nach der Intervention signifikant reduziert (Abb. 3 C, Seite 5). Das E-Modul war in der Physiogruppe nach der Intervention tendenziell ( $p = 0,053$ ) reduziert, während die anderen Gruppen keinen Unterschied zeigten (Abb.3 B, Seite 5).

Die Compliance hinsichtlich der im Trainingstagebuch dokumentierten Durchführung des Trainingsprotokolls bzw. der wahrgenommenen Physiotherapietermine in der Physiogruppe lag im Mittel bei  $84,5 \pm 20,4$  %.

## 4 Diskussion

Unsere Studie zeigt, dass die Berliner Methode praktikabel und anwendbar ist, sowie zu einer Reduktion der Symptomatik führt. Da sie im Gegensatz zu den alternativen Behandlungsmethoden zu positiven Veränderungen der morphologischen und mechanischen Eigenschaften der Achillessehne führt, ist anzunehmen, dass die Berliner Methode die Sehne besser als andere Therapien vor zukünftigen Sehnenverletzungen schützt.

Nur die Berliner Methode führte zu einer signifikanten Zunahme des Sehnenquerschnitts. Dies bedeutet, dass bei einer gegebenen Last das Sehngewebe einer geringeren Spannung ausgesetzt ist. Darüber hinaus erhöhte sich durch die Anwendung der Berliner Methode die Steifigkeit der Achillessehne, während sich die Sehnenendehnung reduzierte. Da große Dehnungen zu Mikrotraumen führen können, sollte die Sehne

Tab. 1: Probandencharakteristika zu Beginn der Studie (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen)

Gruppe	Alter [kg]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	Sportliche Aktivität [h/Woche]	VISA-Pre [Punkte]
Physio (N = 14)	42 $\pm$ 11	24 $\pm$ 4	6 $\pm$ 4	59 $\pm$ 15
Alfredson (N = 15)	40 $\pm$ 8	24 $\pm$ 2	6 $\pm$ 4	53 $\pm$ 14
Berlin (N = 14)	39 $\pm$ 9	25 $\pm$ 3	7 $\pm$ 6	57 $\pm$ 11

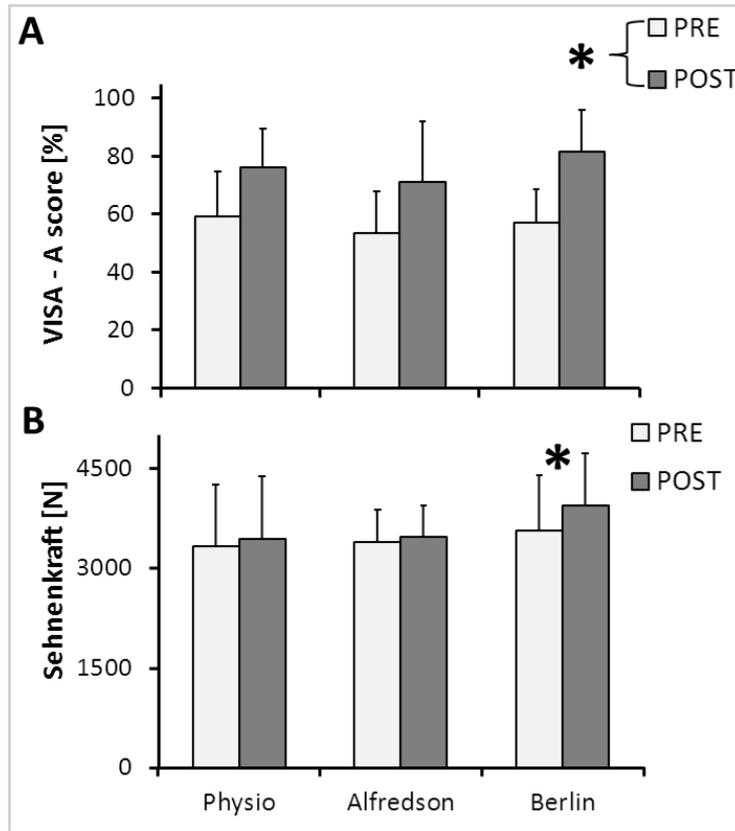


Abb. 1: Klinische und funktionelle Eigenschaften im Pre-Post Vergleich: A) VISA-A Score; B) Sehnenkraft; Dargestellt werden Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen; \* signifikanter Pre-Post Unterschied über alle Gruppen (A) sowie in der Berliner Gruppe (B)

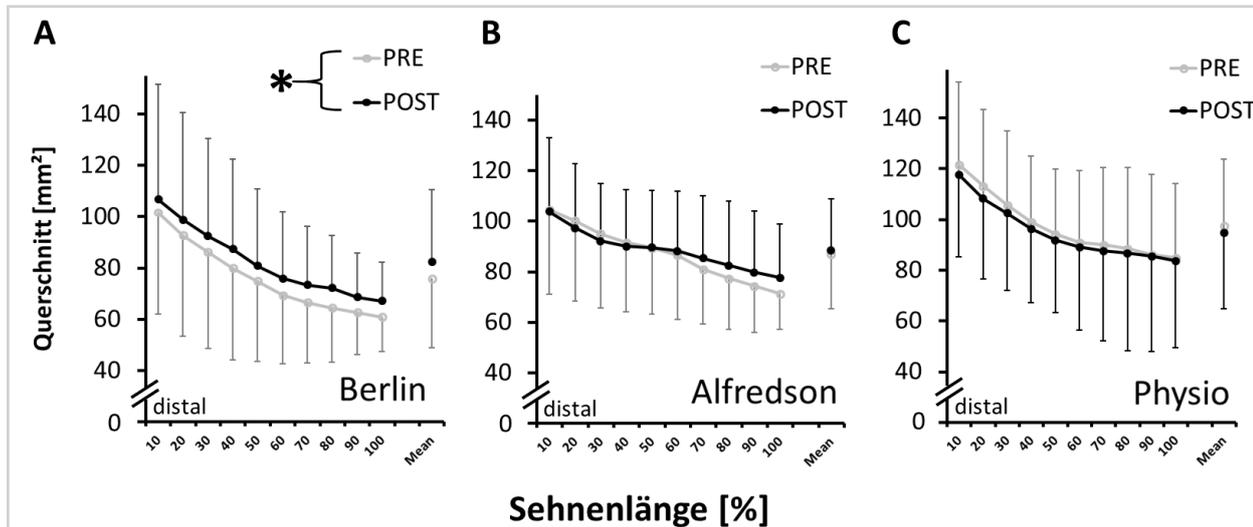


Abb. 2: Pre-Post Vergleich der Sehnenquerschnittsfläche im Mittel sowie in 10 %-Schritten über die gesamte Länge der Achillessehne. A) Berliner Gruppe; B) Alfredson Gruppe; C) Physiogruppe; Dargestellt werden Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen; \* signifikanter Pre-Post Unterschied

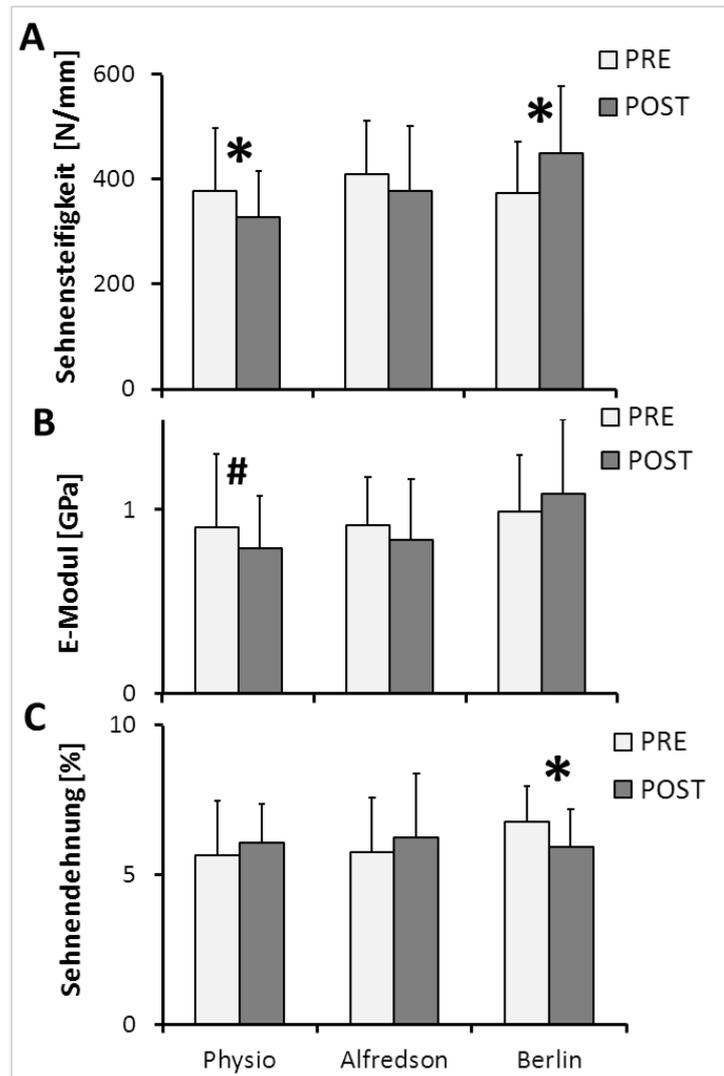


Abb. 3: Pre-Post Vergleich der mechanischen Eigenschaften und Materialeigenschaften. A) Sehnensteifigkeit; B) E-Modul; C) Sehnendehnung; Dargestellt werden Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichungen; \* signifikanter Pre-Post Unterschied; # statistische Tendenz ( $p = 0,053$ )

durch die erhöhte Steifigkeit besser vor überlastungsinduzierten Verletzungen geschützt sein.

Die Annahme, dass ein Stimulus, der bei Gesunden die größten Adaptionen auslöst, auch in der tendinopathischen Sehne den größten Effekt auf die Regeneration hat, konnte bestätigt werden. Die Querschnittszunahme der tendinopathischen Sehnen entsprach dabei in etwa der Zunahme bei Gesunden. So führte das gleiche Trainingsprotokoll in einer Laborstudie mit gesunden Männern und Frauen (Alter 23-42 Jahre) zu einer etwa 10%igen regionspezifischen Zunahme der Achillessehnenquerschnittsfläche bei 60 % und 70 % der Sehnenlänge (Arampatzis et al., 2007). Dies verdeutlicht zum einen,

dass die tendinopathischen Veränderungen die Fähigkeit der Sehne zu adaptiven morphologischen Veränderungen nicht einschränken. Darüber hinaus verdeutlicht es, dass das eigenverantwortlich zu Hause und mit Hilfe des Gurt-systems durchgeführte Training ebenso effektiv wie das im Labor an der Biodex durchgeführte Training hinsichtlich der Stimulierung der Sehnenhypertrophie wirkt.

Hinsichtlich ihrer Wirkung auf die klinische Symptomatik unterschieden sich die Therapieansätze nicht. Jedoch führte die Berliner Methode im Vergleich zum exzentrischen Training nach Alfredson mit deutlich weniger Zeitaufwand zu signifikanten klinischen Ver-

besserungen und ist damit deutlich effektiver. Der mobile Charakter der Berliner Methode ermöglichte es den Athleten/Patienten darüber hinaus, ihre Therapie eigenverantwortlich und unabhängig von äußeren Gegebenheiten durchzuführen. Das transportable Gurtsystem, mit Hilfe dessen die Probanden das Training nach der Berliner Methode durchführten, konnte von den Probanden flexibel eingesetzt werden und erwies sich als praktikable Lösung. Dies wurde auch durch die durchweg positive Rückmeldung individueller Athleten bestätigt (z. B. Olympiateilnehmer Leichtathletik und 2. Bundesliga Fußball), die außerhalb unserer Studie und in Zusammenarbeit mit dem OSP Berlin sowie der sportmedizinischen Ambulanz (Charité) ein Gurtsystem zur Verfügung gestellt bekamen, um die Trainingstherapie eigenverantwortlich durchführen zu können. Der mobile Charakter unseres Therapiekonzeptes schien, insbesondere bei Athleten die viel unterwegs waren, die Durchführung der Therapie zu erleichtern.

Das Ziel unseres Projektes, eine optimierte Behandlungsoption für die Rehabilitation chronischer Achillessehnen-Tendinopathien zu entwickeln, die insbesondere für Athleten geeignet ist, wurde damit erreicht.

## 5 Literatur

- Alfredson, H. & Lorentzon, R., 2003. Intratendinous glutamate levels and eccentric training in chronic Achilles tendinosis: a prospective study using microdialysis technique. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA* 11, 196-199.
- Alfredson, H., Pietila, T., Jonsson, P &, Lorentzon, R., 1998. Heavy-load eccentric calf muscle training for the treatment of chronic Achilles tendinosis. *The American journal of sports medicine*, 26, 360-366.
- Arampatzis, A., Karamanidis, K. & Albracht, K., 2007. Adaptational responses of the human Achilles tendon by modulation of the applied cyclic strain magnitude. *The Journal of experimental biology*, 210, 2743-2753.
- Bohm, S., Mersmann, F., Tettke, M., Kraft, M. & Arampatzis, A., 2014. Human Achilles tendon plasticity in response to cyclic strain: effect of rate and duration. *The Journal of experimental biology*, 217, 4010-4017.
- Kongsgaard, M., Kovanen, V., Aagaard, P., Doessing, S., Hansen, P., Laursen, A. H., Kaldau, N. C., Kjaer, M., Magnusson & S. P., 2009. Corticosteroid injections, eccentric decline squat training and heavy slow resistance training in patellar tendinopathy. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 19, 790-802.
- Legerlotz, K., 2013. Rehabilitation of tendinopathies in human athletes. *Comparative Exercise physiology*, 9, 153-160.
- Lohrer, H. & Nauck, T., 2009. Cross-cultural adaptation and validation of the VISA-A questionnaire for German-speaking achilles tendinopathy patients. *BMC musculoskeletal disorders*, 10, 134.
- Malliaras, P., Barton, C. J., Reeves, N. D. & Langberg, H., 2013. Achilles and patellar tendinopathy loading programmes: a systematic review comparing clinical outcomes and identifying potential mechanisms for effectiveness. *Sports medicine*, 43, 267-286.
- Ohberg, L., Lorentzon, R. & Alfredson, H., 2004. Eccentric training in patients with chronic Achilles tendinosis: normalised tendon structure and decreased thickness at follow up. *British journal of sports medicine*, 38, 8-11; discussion 11.
- Petersen, W., Welp & R., Rosenbaum, D., 2007. Chronic Achilles tendinopathy: a prospective randomized study comparing the therapeutic effect of eccentric training, the AirHeel brace, and a combination of both. *The American journal of sports medicine*, 35, 1659-1667.
- Rompe, J. D., Nafe, B., Furia, J. P. & Maffulli, N., 2007. Eccentric loading, shock-wave treatment, or a wait-and-see policy for tendinopathy of the main body of tendo Achillis: a randomized controlled trial. *The American journal of sports medicine*, 35, 374-383.

# Leistungssteigerungen durch vibrationsinduzierte Postaktivierungspotenzierung im Leistungssport

(AZ 070503/17-18)

*Olaf Prieske, Fridolin Zinke, Arnd Gebel & Urs Granacher (Projektleitung)*

Universität Potsdam, Forschungsschwerpunkt Kognitionswissenschaften,  
Professur für Trainings- und Bewegungswissenschaft

## 1 Problem

Die muskuläre Leistungsfähigkeit ist abhängig von der unmittelbaren Voraktivierung. Lang anhaltende oder sich häufig wiederholende Muskelaktionen bewirken zentrale und/oder periphere Ermüdungsprozesse gefolgt von einer abnehmenden Leistungsfähigkeit (Gandevia, 2001). Demgegenüber stehen transiente Verbesserungen der kontraktiven Eigenschaften der zuvor aktivierten Muskulatur (sog. Postaktivierungspotenzierung [PAP]) (Bishop, 2003). Die tatsächliche Netto-Muskelleistung nach einer muskulären Voraktivierung (Konditionierungsaktivität) ist schließlich abhängig vom zeitlichen Verlauf der Ermüdungs- und PAP-Prozesse.

Eine effektive und praktikable Konditionierungsaktivität zur Verbesserung der kontraktiven Eigenschaften und/oder der neuromuskulären Leistungsfähigkeit scheint die lokale Vibrationsapplikation (z. B. auf Sehnen) über eine kurze Zeitdauer darzustellen (Cochrane, 2016; Pamukoff, Ryan, & Blackburn, 2014). Unter Einbezug elektrophysiologischer Verfahren (Elektroencephalographie [EEG]) belegen aktuelle Studien, dass unmittelbar nach lokaler Vibrationsapplikation die kortikale Aktivität motorischer und somatosensorischer Areale moduliert wird (Moraes Silva et al., 2015). Diesbezüglich ist bislang ungeklärt, ob bei Nachwuchsathleten kurzzeitige, lokale Vibrationen Anpassungen im Bereich sportmotorischer Leistungen, der kontraktiven Eigenschaften und/oder der neuromuskulären/kortikalen Aktivität hervorrufen. Vor diesem Hintergrund war es das Ziel der vorliegenden Studie, die Effekte von kurzzeitigen, lokalen Vibrationen der Achillessehne auf die sportmotorische Leistung (Maximal-/Explosivkraft), die kontraktiven Eigenschaften sowie die

neuromuskuläre Aktivität der Plantarflexoren und die kortikale Aktivität von jungen Athleten und körperlich aktiven Erwachsenen zu untersuchen.

## 2 Methode

### 2.1 Untersuchungsablauf

Das Untersuchungsdesign des Forschungsprojekts bestand aus zwei Teilstudien, die konsekutiv aufeinander aufbauten und jeweils in Form eines randomisierten Cross-Over-Designs durchgeführt wurden. In der ersten Studie wurden lokale Vibrationen von 30 s (V30) und 300 s (V300) sowie eine passive Kontrollbedingung in zufälliger Reihenfolge auf die Achillessehne appliziert. Vor (Prä-Test) und jeweils unmittelbar nach den Konditionierungsaktivitäten (Post-Test) wurden die Maximal- und Explosivkraft, kontraktive Eigenschaften und die neuromuskuläre Aktivität der Plantarflexoren sowie die kortikale Aktivität analysiert. In der zweiten Studie wurden randomisiert 5 x 30 s lokale Vibrationen der Achillessehne (Vibration), submaximale isometrische Plantarflexionen (Kraft; 75 % des isometrischen Kraftmaximums), submaximale isometrische Plantarflexionen mit gleichzeitiger lokaler Vibration der Achillessehne (Kraft+Vibration) und eine passive Kontrollbedingung absolviert. Die Prä- und Post-Tests beinhalteten Messungen zur Erfassung von Maximal- und Explosivkraft, der kontraktiven Eigenschaften und der neuromuskulären Aktivität der Plantarflexoren. Die Post-Tests für die kontraktiven Eigenschaften folgten jeweils 5, 15, und 30 s, sowie 1, 2 und 7 min nach den einzelnen Konditionierungsaktivitäten, während die Maximal- und Explosivkraft sowie die

neuromuskulären Aktivität lediglich nach 7 min erhoben wurden. Die Vibrationseinheiten (Vibrasens®, Techno Concept, Mane, FRA) wurden jeweils über der Achillessehne fixiert und aktiviert (80 Hz, 1 mm Amplitude). Die Teilnehmenden befanden sich während der Vibrationsapplikation in Bauchlage (Knieflexionswinkel = 10°; volle Streckung = 0°). Nach jeder Konditionierungsaktivität und den entsprechen Post-Tests folgten stets sog. „Washout-Phasen“ von zehn Minuten Dauer bevor die nächste Experimentalbedingung begann (Prieske, Maffiuletti, & Granacher, 2018).

## 2.2 Probanden

Für die erste Teilstudie wurden insgesamt elf Nachwuchsfußballerinnen des U17-Bundesligateams vom 1. FFC Turbine Potsdam rekrutiert (Alter: 15,6 ± 0,5 Jahre; Trainingsumfang: 9,3 ± 0,5 Std./Woche;). Zur Realisierung der zweiten Teilstudie wurden 14 männliche Sportstudierende der Universität Potsdam untersucht (Alter: 26,1 ± 3,4 Jahre). Für beide Teilstudien wurde mittels a priori Poweranalyse (G\*Power 3.1.9) eine Stichprobengröße von N = 10 ermittelt ( $\alpha$ -Fehler:  $p < 0,05$ ; statistische Power: 80 %), um signifikante Steigerungen der Maximalkraft in Folge der Vibrationsapplikation zu finden (Cochrane, 2016). Die Untersuchungen wurden durch die Ethikkommission der Universität Potsdam genehmigt.

## 2.3 Erfassung der Maximal- und Explosivkraft

Die Maximal- und Explosivkraft der Plantarflexoren des dominanten Beins wurden während der Durchführung isometrischer Maximalkontraktionen (5 s Dauer) ermittelt. Die Datenerhebung erfolgte mit Hilfe eines isokinetischen Mess- und Trainingssystems (Isomed2000, D&R Ferstl GmbH, Hemau, GER). Analysiert wurden das maximale isometrische Drehmoment (MID) und der maximale isometrische Drehmomentanstieg (MIDA) (Prieske, Wick, & Granacher, 2014).

## 2.4 Erfassung der kontraktilen Eigenschaften

Die kontraktilen Eigenschaften der Plantarflexoren wurden für das dominante Bein mittels maximal-elektrischer Muskelstimulation und dem oben beschriebenen isokinetischen Mess- und Trainingssystem untersucht. Hierfür wurden während und etwa 2 s nach den isometrischen Maximalkontraktionen zur Erfassung der Maximal- und Explosivkraft elektrisch-evozierte isometrische Muskel-Zuckungen (Twitches; 200 ms, 400 V) der Plantarflexoren ausgelöst (Digitimer DS 7AA, Hertfordshire, UK) (Prieske, Maffiuletti, & Granacher, 2018). Ausgewertet wurden das Twitch-MID und der Twitch-MIDA. Zusätzlich wurde die willkürliche Aktivierungsfähigkeit analysiert (Allen, Gandevia, & McKenzie, 1995).

## 2.5 Erfassung der neuromuskulären Aktivität

Die neuromuskuläre Aktivität der Plantarflexoren wurde nach internationalen Standards mittels Oberflächenelektromyographie (OEMG) für folgende Muskeln des dominanten Beins bestimmt: Mm. gastrocnemius medialis und lateralis, M. soleus, M. tibialis anterior (Hermens, Merletti, & Freriks, 1999). Die OEMG-Analysen erfolgten telemetrisch mit einem 16-Kanal-EMG-System (TeleMyo 2400T G2, Noraxon, Scottsdale, AZ; USA). Die Receiverstation TeleMyo 2400R G2 (Noraxon, Scottsdale, AZ, USA) ermöglichte schließlich eine synchrone Erfassung der OEMG- und dynamometrischen Signale bei einer Abtastrate von 3.000 Hz. Nach eingehender Signalverarbeitung (5-500 Hz Bandpass Filter, Root Mean Square-Glättung mit 50 ms Zeitfenster) wurde die mittlere Muskelaktivität im Intervall 100 ms vor MID analysiert (Myo Research XP Master Edition, V. 1.08, Noraxon, Scottsdale, AZ, USA).

## 2.6 Erfassung der kortikalen Aktivität

In der ersten Teilstudie wurde zusätzlich durch ein mobiles 64-Kanal-EEG-System (eego, Advanced Neuro Technology B.V., Enschede, NL) die kortikale Aktivität während einer einminütigen zyklisch-dynamischen (konzentrisch-exzentrisch) Plantarflexionsaufgabe mit dem nicht-dominanten Bein erfasst. Die Probanden führten in Bauchlage auf dem Isokineten liegend konzentrisch-exzentrische Plantarflexionen gegen den standardisierten Widerstand eines elastischen Therapiebandes mit einer Geschwindigkeit von 2 s/Zyklus aus. Die Kadenz wurde mittels Metronom kontrolliert. Die Elektrodenpositionen wurden nach dem internationalen 10-20-System angelegt. Die Roh-EEG-Signale wurden mit einer Frequenz von 1.024 Hz aufgezeichnet, gefiltert (Bandpass: 1-50 Hz) und manuell bereinigt (z. B. Augenzwinkern, Muskelaktivität). Mittels Frequenzanalyse wurde die Aktivität verschiedener Frequenzbänder (Alpha-1, Alpha-2, Beta-1, Beta-2) ausgewählter Elektroden (Fc1, FcZ, Fc2, C1, Cz, C2, Cp1, CpZ, Cp2), die die kortikalen Areale (primärmotorisch und -sensorisch) für die Plantarflexoren repräsentieren, analysiert und über die untersuchten Kanäle gemittelt (Pfurtscheller, 2001).

## 2.7 Statistische Verfahren

Alle Ergebnisse wurden deskriptiv als Mittelwerte und Standardabweichungen in Relation zu den Prä-Tests dargestellt. Zur Überprüfung von Mittelwertunterschieden wurden separate

einfaktorielle Varianzanalysen (ANOVA) mit Messwiederholung gerechnet (Faktor: Bedingung [Konditionierungsaktivität]). Zusätzlich wurde in der zweiten Teilstudie eine mehrfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung (Faktoren: Bedingung, Zeit) speziell für die kontraktile Eigenschaften durchgeführt. Darüber hinaus wurden Effektgrößen (Cohen's d) berechnet und wie folgt interpretiert: klein ( $d < 0,5$ ), mittel ( $0,5 \leq d < 0,8$ ), groß ( $0,8 \leq d$ ) (Cohen, 1988). Die statistische Analyse erfolgte mit dem Programmpaket Statistical Package for Social Sciences (Version 25.0).

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Effekte lokaler Vibrationen unterschiedlicher Dauer (1. Teilstudie)

Die statistische Analyse ergab einen signifikanten Haupteffekt des Faktors Bedingung für die kortikale Aktivität in primärmotorischen und -sensorischen Arealen der Plantarflexoren (Alpha-1-/ Beta-1-Band;  $p < 0,011$ ;  $1,5 \leq d \leq 2,6$ ). Die Post-hoc Analysen zeigten signifikant geringere Alpha-1- und Beta-1-Band-Aktivitäten nach V30 ( $p < 0,001$ ;  $d = 1,4$ ) und/oder V300 ( $p \leq 0,009$ ;  $0,2 \leq d \leq 0,8$ ) im Vergleich zur passiven Kontrollbedingung (Abb. 1). Keine signifikanten Effekte konnten für die Parameter MID, MIDA, Twitch-MID, Twitch-MIDA, willkürliche Aktivierungsfähigkeit und Muskelaktivität festgestellt werden ( $p > 0,05$ ;  $0,2 \leq d \leq 0,9$ ).

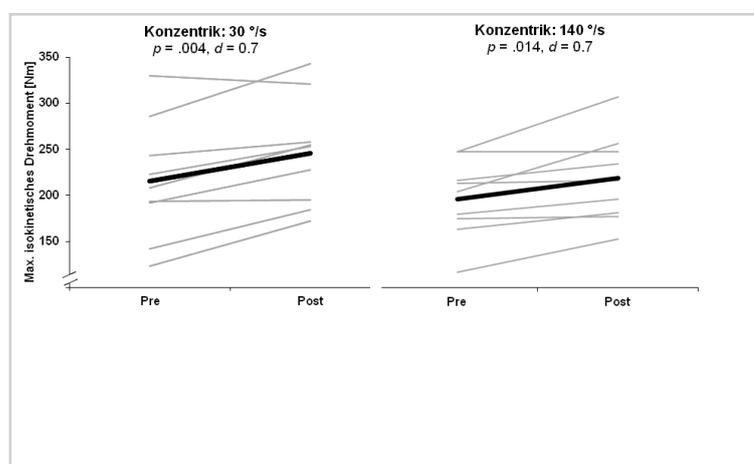


Abb. 1: Kortikale Aktivität während konzentrisch-exzentrischer Plantarflexionen nach lokalen Vibrationen der Achillessehne unterschiedlicher Applikationsdauer. Werte dargestellt in Prozent zum Prä-Test. V30 = 30 s; V300 = 300 s; \* signifikant im Vergleich zur Kontrollbedingung ( $p < 0,05$ ).

### 3.2 Effekte von isolierten lokalen Vibrationen versus lokalen Vibrationen in Kombination mit submaximalen Plantarflexionen (2. Teilstudie)

Die statistische Analyse ergab einen signifikanten Bedingung x Zeit Interaktionseffekt für das maximale isometrische Twitch-MID und Twitch-MIDA ( $p < 0,001$ ;  $2,9 \leq d \leq 3,3$ ; Abb. 2). Die Post-hoc Analysen zeigten jeweils signifikant abnehmende Werte mit zunehmender Zeit nach den Bedingungen Kraft und Kraft + Vibration ( $p < 0,001$ ;  $3,0 \leq d \leq 5,0$ ), jedoch nicht nach Vibration und Kontrolle. Für die Parameter MID, MIDA, willkürliche Aktivierungsfähigkeit und Muskelaktivität konnten keine signifikanten Effekte gefunden werden ( $p > 0,05$ ;  $0,6 \leq d \leq 0,7$ ).

- lokale Achillessehnenvibrationen in Kombination mit submaximalen Plantarflexionen zu vergleichbaren Zuwachsraten der kontraktiven Eigenschaften führen wie isolierte, maximale Plantarflexionen, und
- sportmotorische Leistungen (Maximal-, Explosivkraft) und die neuromuskuläre Aktivität der Plantarflexoren nicht durch lokale Vibrationen der Achillessehne bei Nachwuchsathletinnen und jungen Erwachsenen beeinflusst werden.

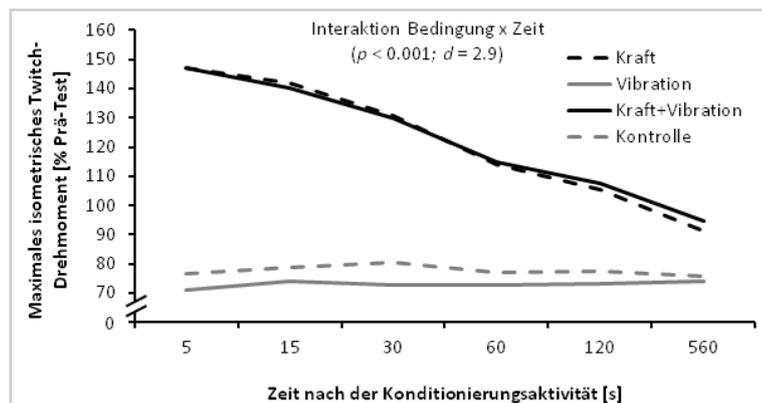


Abb. 2: Maximales isometrisches Twitch-Drehmoment in der Zeit von 5 s bis 7 min nach den Konditionierungsaktivitäten. Werte dargestellt in Prozent zum Prä-Test.

## 4 Diskussion

Im Verlauf von zwei Teilstudien konnte gezeigt werden, dass

- isolierte, lokale Vibrationen der Achillessehne von 30 bis 300 s zu einer akuten Reduktion der kortikalen Aktivität in verschiedenen Frequenzbändern (Alpha-1-/Beta-1-Band) in primärmotorischen und -sensorischen Arealen repräsentativ für die Plantarflexoren führt,

Die Befunde der verringerten kortikalen Aktivität (Alpha-1 und Beta-1 Band Power nach 300 s, Alpha-1 Band Power nach 30 s) primärmotorischer und -sensorischer Areale der Plantarflexoren infolge der Achillessehnenvibrationen sind teilweise in Übereinstimmung mit der Literatur. Moraes et al. (2015) untersuchten die Effekte von 15-minütigen lokalen Vibrationen der rechten Hand auf die kortikale Aktivität. Die Autoren berichteten, dass die Vibrationsapplikation zu einer verringerten Beta-Band-Power über dem kontralateralen somatosensorischen Kortex, jedoch zu einer höheren Beta-Band Power über dem kontralateralen primär-motorischen

Kortex während einer motorischen Zeigefingeraufgabe führte. Die verringerte Alpha- und Beta-Band-Aktivität in der vorliegenden Studie könnte ein Ergebnis der effizienteren sensomotorischen Informationsverarbeitung aufgrund der Vibrationsapplikation darstellen (Neuper & Pfurtscheller, 1996; Smith & Brouwer, 2005). Die effizientere zentralnervale Informationsverarbeitung während der submaximalen dynamischen Muskelaktionen deutet auf eine gesteigerte kortikale Leistungsfähigkeit infolge der lokalen Vibrationen hin. Das könnte wiederum im Rahmen eines Techniktrainings (d. h. geringere Intensitäten, erhöhter Bedarf an kognitiven Ressourcen) im Nachwuchsleistungsfußball von Vorteil sein. Die verbesserten kontraktiven Eigenschaften nach der Konditionierungsaktivität „Kraft“ und „Kraft+Vibration“ stimmen ebenfalls mit Ergebnissen aus der Literatur überein. So untersuchten Shima et al. (2006) und Gago, Arndt und Ekblom (2017) die Effekte kurzer (6-10 s) isometrischer Maximalkontraktionen der Plantarflexoren als Konditionierungsaktivität auf die kontraktiven Eigenschaften. In beiden Studien wurden signifikant erhöhte maximale isometrische Twitch-MIDs unmittelbar nach der Konditionierungsaktivität aufgezeigt. Interessanterweise konnten bisherige Ergebnisse zu den additiven Effekten von Ganzkörpervibrationen während submaximaler Kraftübungen auf sportliche Leistungsparameter (Wang et al., 2014) nicht auf lokale Vibrationen übertragen werden. Weitere Studien könnten Aufschluss über eine geeignete Belastungsgestaltung zur lokalen Vibrationsapplikation während submaximaler Kraftübungen geben. Im Gegensatz zu Untersuchungen, welche akute Leistungssteigerungen (Cochrane, 2016) oder eine akut verbesserte neuromuskuläre Aktivierung der stimulierten Muskulatur (Pamukoff, Ryan & Blackburn, 2014) nach kurzfristigen lokalen Vibrationen gefunden haben, zeigten unsere Ergebnisse unabhängig von der Applikationsdauer keinen Einfluss der Achillessehnevibration. Der Einsatz lokaler Achillessehnevibrationen als Konditionierungsaktivität im Rahmen eines Komplextrainings scheint demnach bei Nachwuchsathleten und körperlich aktiven Erwachsenen wenig zielführend. Während Cochrane (2016) und Pamukoff,

Ryan und Blackburn (2014) die Effekte von lokalen Vibrationen auf die Ellenbogenflexoren bzw. Knieextensoren untersuchten, wurden hier explizit die Effekte auf die Plantarflexoren analysiert. Es bleibt in weiteren Untersuchungen zu überprüfen, ob die stimulierte Muskelgruppe Einfluss auf die akuten Effekte von lokalen Vibrationen hat.

## 5 Literatur

- Allen, G. M., Gandevia, S. C., & McKenzie, D. K. (1995). Reliability of measurements of muscle strength and voluntary activation using twitch interpolation. *Muscle and nerve*, 18 (6), 593-600. doi:10.1002/mus.880180605
- Bishop, D. (2003). Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports medicine*, 33 (6), 439-454.
- Cochrane, D. J. (2016). The acute effect of direct vibration on muscular power performance in master athletes. *International journal of sports medicine*, 37 (2), 144-148. doi:10.1055/s-0035-1564104
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale: Erlbaum.
- Gago, P., Arndt, A., & Ekblom, M. M. (2017). Post activation potentiation of the plantarflexors: Implications of knee angle variations. *Journal of human kinetics*, 57, 29-38. doi:10.1515/hukin-2017-0044
- Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological reviews*, 81 (4), 1725-1789.
- Hermens, H. J., Merletti, R., & Freriks, B. (1999). *SENIAM: European recommendations for surface electromyography results of the SENIAM project* (2nd ed.). Enschede: Roessingh Research and Development.
- Moraes Silva, J. de, Lima, F. P. S., de Paula Júnior, Alderico Rodrigues, Teixeira, S., do Vale Bastos, Victor Hugo, dos Santos, Rayelle Pricila Moreira, . . . Lima, M. O. (2015). Assessing vibratory stimulation-induced cortical activity during a motor task – A

- randomized clinical study. *Neuroscience letters*, 608, 64-70. doi:10.1016/j.neulet.2015.09.032
- Neuper, C., & Pfurtscheller, G. (1996). Post-movement synchronization of beta rhythms in the EEG over the cortical foot area in man. *Neuroscience letters*, 216 (1), 17-20. doi:10.1016/0304-3940(96)12991-8
- Pamukoff, D. N., Ryan, E. D., & Blackburn, J. T. (2014). The acute effects of local muscle vibration frequency on peak torque, rate of torque development, and EMG activity. *Journal of electromyography and kinesiology*, 24 (6), 888-894. doi:10.1016/j.jelekin.2014.07.014
- Pfurtscheller, G. (2001). Functional brain imaging based on ERD/ERS. *Vision research*, 41 (10-11), 1257-1260.
- Prieske, O., Maffiuletti, N. A., & Granacher, U. (2018). Postactivation potentiation of the plantar flexors does not directly translate to jump performance in female elite young soccer players. *Frontiers in physiology*, 9, 276. doi:10.3389/fphys.2018.00276
- Prieske, O., Wick, D., & Granacher, U. (2014). Intrasession and intersession reliability in maximal and explosive isometric torque production of the elbow flexors. *Journal of strength and conditioning research*, 28 (6), 1771-1777. doi:10.1519/JSC.0000000000000321
- Shima, N., Rice, C. L., Ota, Y., & Yabe, K. (2006). The effect of postactivation potentiation on the mechanomyogram. *European journal of applied physiology*, 96 (1), 17-23. doi:10.1007/s00421-005-0053-0
- Smith, L., & Brouwer, B. (2005). Effectiveness of muscle vibration in modulating corticospinal excitability. *Journal of rehabilitation research and development*, 42 (6), 787-794.
- Wang, H.-H., Chen, W.-H., Liu, C., Yang, W.-W., Huang, M.-Y., & Shiang, T.-Y. (2014). Whole-body vibration combined with extra-load training for enhancing the strength and speed of track and field athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 28 (9), 2470-2477. doi:10.1519/JSC.0000000000000437
- Projektbezogene Veröffentlichung:**
- Zinke, F., Gebel, A., Granacher, U. & Prieske, O. (2019). Acute effects of short-term local tendon vibration on plantar flexor torque, muscle contractile properties, neuromuscular and brain activity in young athletes. *Journal of sports science and medicine*, 18 (2), In Press.

# Evaluation eines neuromuskulären Stabilisations- trainings zur Reduzierung der Kopfbeschleunigung bei antizipierten und nicht-antizipierten Kraftein- wirkungen auf den Kopf in den Sportspielen – TrainForImpact

(AZ 070605/17-18)

Carsten Müller<sup>1,2</sup> & Karen Zentgraf<sup>3</sup> (Projektleitung)

<sup>1</sup>Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Hochschulsport

<sup>2</sup>Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Sportwissenschaft

<sup>3</sup>Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Sportwissenschaften,  
Abteilung Bewegungs- und Trainingswissenschaft

## 1 Problem

Das Kopfballsport wird im Fußball als taktische Maßnahme genutzt, mit dem Kopf den Ball zu stoppen, zu passen oder ein Tor zu erzielen. In der Vergangenheit wurden potenziell schädliche Folgen des Kopfballsports in mehrheitlich erwachsenen Stichproben insbesondere im Hinblick auf neurokognitive und motorische Leistungen (posturale Stabilität) untersucht. Ein kausaler Zusammenhang zwischen antizipierten, repetitiven Krafteinwirkungen durch Kopfbälle und akuten oder langfristigen Hirnschädigungen kann aufgrund der heterogenen Datenlage sowie methodischer Schwächen der publizierten Studien aktuell nicht angenommen werden (Kontos et al., 2017), wohingegen „subconcussive impacts“, in der Regel nicht antizipierte Krafteinwirkungen, die ohne die für eine Gehirnerschütterung offensichtlichen Symptome oder neurologischen Funktionsstörungen einhergehen, mikrostrukturelle und funktionelle Veränderungen des Gehirns hervorrufen können (Mainwaring et al., 2018).

Für Kinder und Jugendliche, deren Gehirne sich noch in der Entwicklung befinden, sind die Folgen repetitiver Kraftstöße in Form von Kopfbällen noch nicht eindeutig abzuschätzen. Die vorliegenden Studienergebnisse sind nur eingeschränkt auf den Nachwuchsbereich übertragbar, da sich zwischen jugendlichen und

erwachsenen Spielerinnen und Spielern Unterschiede im Hinblick auf die Anthropometrie und Maximalkraft ergeben, die nachweislich mit der resultierenden Kopfbeschleunigung beim Kopfballsport korrelieren. Auch wenn ein generelles Kopfballsportverbot im Kindes- und Jugendalter derzeit nicht gerechtfertigt ist (Tarnutzer, 2018), erscheinen neben verhältnispräventiven (z. B. Regelwerk, Sensibilisierung von Trainern, Spielern und Eltern) auch verhaltenspräventive Maßnahmen (spezifische Trainingsinhalte) grundsätzlich sinnvoll. Zudem ist ein besseres Verständnis vom Kopfballsport und seinen Auswirkungen speziell im Nachwuchsbereich und hier insbesondere in der bisher noch unterrepräsentierten Gruppe der Fußballspielerinnen notwendig (Mainwaring et al., 2018).

Die folgenden Untersuchungen mit Nachwuchsfußballspielerinnen und -spielern waren Gegenstand dieses Projekts:

- (1) Kinematische Analyse der Kopfbeschleunigung beim Kopfballsport (a), Zusammenhang zwischen Kopfbeschleunigung und isometrischer Maximalkraft der Nacken- und Rumpfmuskulatur (b) sowie Einfluss einer Serie von Kopfbällen auf kognitive Leistungen und posturale Stabilität als leistungs- und verletzungsrelevante Outcomes (c).
- (2) Änderungen in der Kraftleistung, Beweglichkeit sowie elektromyographisch erfassten

Latenzzeiten und -amplituden unter Perturbationsbedingungen (nicht-antizipierte Krafteinwirkungen auf den Rumpf) infolge eines mehrwöchigen neuromuskulären Trainings der Halswirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur und der Rumpfmuskulatur.

- (3) Einfluss der Trainingsinterventionseffekte auf die kinematischen, kognitiven und posturographischen Parameter bei antizipierten Krafteinwirkungen (Kopfbälle).

## 2 Methode

Die Analyse der Kopfbeschleunigung beim Kopfballschuss umfasste eine Serie von zwölf Versuchen unter standardisierten Bedingungen mit einem Fußball der Größe 4, einem Gewicht von 350 Gramm und einem Luftdruck von 0,8 bar. Die Spielerinnen köpften durchgehend mit einer Ballgeschwindigkeit von 34 km/h (9,4 m/s) beim Impact, die männlichen Probanden führten sechs Versuche mit 34 km/h (niedrige Geschwindigkeit) sowie sechs weitere Versuche mit 39 km/h (10,8 m/s) durch. Zur Messung der Kopfbeschleunigung wurden zwei Akzelerometer mit einer Messkapazität von 100 g und einer Messfrequenz von 1.200 Hz genutzt (Velamed GmbH, Köln, Deutschland). Ein Sensor wurde proximal am Sternum fixiert, der zweite Sensor am Hinterkopf oberhalb des Os occipitale befestigt, wodurch eine Quantifizierung der Gesamtbeschleunigung  $a_G$  (Sensor am Kopf), der Beschleunigung des Sternums  $a_S$  (Sensor am Sternum) und die reine Beschleunigung des Kopfes  $a_K$  ermöglicht wurde ( $a_K = a_G - a_S$ ). Die Ballgeschwindigkeit wurde mit Hilfe eines Bewegungsanalysesystems (Qualisys Track Manager (QTM, Version 2.15), Göteborg, Schweden) mit 15 Oqus-Kameras erfasst, die mit einer Messfrequenz von 300 Hz die Ballflugkurve aufzeichnen.

Zur Beurteilung des Einflusses der Kraftleistung auf die Kopfbeschleunigung beim Kopfballschuss und zur Evaluation des Trainingsprogramms wurden die isometrische Maximalkraft der zervikalen Muskulatur in Sagittal- und Frontalebene isoliert im Sitzen erfasst (Genius ECO HWS-Trainer, Frei AG, Kirchzarten, Deutschland; Messfrequenz 100 Hz) sowie die isometrische Maximalkraft und Kraftausdauer der zervikalen Muskulatur

in Kombination mit der Rumpfmuskulatur stehend in Sagittalebene über ein mit einem Kraftsensor (ME-Messsysteme GmbH, Hennigsdorf, Deutschland; Messfrequenz 300 Hz) verbundenes Head-Harness gemessen. Darüber hinaus wurde der Trunk Stability Push-Up (TSPU) zur Einschätzung der Rumpfstabilisierungsfähigkeit mit der kategorialen Bewertung von 0 (Schmerz bei Bewegungsausführung) bis 3 (perfekte Ausführung) sowie ein Beweglichkeitstest der Halswirbelsäule in Sagittal-, Frontal- und Transversalebene mit Hilfe des „Cervical Range of Motion“ Instruments (CROM) durchgeführt. Im Rahmen von Perturbationsmessungen wurden Latenzzeiten und Amplituden der zervikalen Muskulatur und der Rumpfmuskulatur bei Applikation nicht-antizipierter Störreize ( $N = 40$ ) mittels Oberflächenelektromyographie (sEMG) bipolar bei einer Abtastrate von 2.000 Hz erfasst (2.500-fache Verstärkung; Biovision, Deutschland).

Zur Beurteilung der neurokognitiven Leistungsfähigkeit wurden verschiedene Verfahren und Tests angewendet, die die Studienteilnehmenden zum einen charakterisieren sollten (paper and pencil: psychometrische Test zum visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnis, KAI-N; zur Aufmerksamkeits- und Konzentrationsleistung, d2-R; zur kognitiven Leistungsgeschwindigkeit, ZVT) und zum anderen, um etwaige Veränderungen im Rahmen der Fragestellungen zu Akuteffekten von Kopfbällen als auch der Trainingsinterventionseffekte zu untersuchen. Zu letzteren gehören die Erhebung von mentalen Rotationszeiten, von Pro- und Anti-Point-Aufgabenleistungen im Hinblick auf Aufgabenwechselfertigkeiten, von motorischen Inhibitionsleistungen in einer Stop-Signal-Aufgabe sowie von Sensitivitätsschwellen bei einer 3D-multiplen Objektverfolgungsaufgabe (3D-MOT).

Zur Beurteilung des Einflusses des Kopfballschusses auf die posturale Stabilität führten die Probanden einen Einbeinstand auf dem dominanten und dem nicht-dominanten Bein sowie einen Tandemstand, jeweils mit geöffneten und geschlossenen Augen auf einer Kraftmessplatte in Anlehnung an das Balance Error Scoring System (BESS) durch, das bei Verdacht auf (leichte) Schädel-Hirn-Traumen auch als (Sideline) Assessmentverfahren eingesetzt wird.

Jeweils zu Beginn der drei Messtage füllten die Probanden einen Fragebogen mit Angaben zu Kopfschmerzen, Schwindel und Übelkeit basierend auf der visuellen Analogskala (VAS 0-10) rückwirkend für die letzten 24 h sowie zum gegenwärtigen Zeitpunkt aus. Darüber hinaus wurden Erfahrung (Seit wie vielen Jahren spielst du Fußball?), durchschnittliche Anzahl der Kopfbälle im Training und im Spiel, sowie frühere Kopfverletzungen und weitere Sportarten abgefragt.

Für **Untersuchung (1)** durchliefen die Spielerinnen und Spieler die folgenden Untersuchungen:

1. Tag 1 (vor Kopfballserie): Baseline Assessment (kognitive Tests (paper and pencil) zur Charakterisierung der Stichprobe; Kraftmessungen, Perturbationsmessung (nur Interventionsgruppe), Messung der posturalen Kontrolle und neurokognitiver Leistungen (computerbasiert), Eingangsfragebogen inkl. VAS 0-10 zu Kopfschmerz, Schwindel und Übelkeit);
2. Tag 1: Kopfballmessung (Intervention) bzw. leichte körperliche Aktivität (Kontrollgruppe);
3. Tag 1 (nach Kopfballserie): Fragebogen (VAS 0-10 zu Kopfschmerz, Schwindel und Übelkeit), posturale Kontrolle und neurokognitive Leistungen (computerbasiert);
4. Tag 2 (24 h nach Kopfballserie): Fragebogen (VAS 0-10 zu Kopfschmerz, Schwindel und Übelkeit), posturale Kontrolle und neurokognitive Leistungen (computerbasiert);
5. Tag 3 (48 h nach Kopfballserie): Fragebogen (VAS 0-10 zu Kopfschmerz, Schwindel und Übelkeit), posturale Kontrolle und neurokognitive Leistungen (computerbasiert).

Für **Untersuchung (2)** nahm die Interventionsgruppe (weiblich  $N = 8$ , männlich  $N = 6$ ) an einem 14-wöchigen progressiv gestalteten Trainingsprogramm teil, das zweimal pro Woche im Umfang von jeweils 10-15 Minuten vor Trainingsbeginn als Gruppentraining umgesetzt wurde (Müller, 2019; Müller & Zentgraf, 2018). Zusätzlich erhielt die Interventionsgruppe einen Heimtrainingsplan mit zehn Übungen, die eigenständig durchgeführt werden sollten, wenn eine Teilnahme am Gruppentraining nicht

möglich war. Die Anzahl der Trainingseinheiten wurde dokumentiert.

Für **Untersuchung (3)** wurden nach Abschluss der Trainingsintervention die Eingangsmessungen 1. bis 5. in der Interventions- und der Kontrollgruppe ( $N = 13$ ) mit Ausnahme der kognitiven Tests zur Beschreibung der Stichprobe wiederholt.

### 3 Ergebnisse

#### **Untersuchung (1) – Analyse der Kopfbeschleunigung beim Kopfball, Zusammenhang mit der Kraftleistung und Auswirkung auf kognitive und motorische Leistungen**

Insgesamt konnten in der Eingangsmessung 279 gültige Kopfbälle ausgewertet werden. Die durchschnittliche Gesamtbeschleunigung bei Kopfbällen in der Bedingung mit geringen Ballgeschwindigkeiten (34 km/h) lag bei  $\bar{a}_G = 14,4 \pm 3,3$  g, die reine Kopfbeschleunigung lag bei  $\bar{a}_K = 9,4 \pm 2,7$  g. Für weibliche Probanden wurden jeweils höhere Beschleunigungswerte gemessen. Eine multivariate Varianzanalyse zeigte einen signifikanten Effekt des Geschlechts der Probanden auf die drei Variablen  $\bar{a}_G$ ,  $\bar{a}_S$  und  $\bar{a}_K$  an ( $F_{(3,18)} = 6,135$ ,  $p = 0,005$ ,  $\eta_p^2 = 0,506$ ). Wenn die anthropometrischen Merkmale der Probanden im Modell Berücksichtigung fanden, ergab die MANOVA keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Geschlechtern ( $F_{(3,17)} = 1,280$ ,  $p = 0,313$ ,  $\eta_p^2 = 0,184$ ).

Bei den männlichen Probanden ergaben sich für die drei Variablen  $\bar{a}_G$ ,  $\bar{a}_S$  und  $\bar{a}_K$  erwartungskonform höhere Beschleunigungswerte in der Bedingung mit hohen Ballgeschwindigkeiten ( $F_{(3,26)} = 3,880$ ,  $p = 0,020$ ,  $\eta_p^2 = 0,309$ ). Der Post-Hoc-Test nach Bonferroni zeigte signifikante Unterschiede zwischen beiden Ballgeschwindigkeiten für  $\bar{a}_G$  ( $F_{(1,28)} = 5,058$ ,  $p = 0,033$ ,  $\eta_p^2 = 0,153$ ) und  $\bar{a}_S$  an ( $F_{(1,28)} = 6,419$ ,  $p = 0,017$ ,  $\eta_p^2 = 0,186$ ), nicht jedoch für  $\bar{a}_K$  ( $F_{(1,28)} = 1,108$ ,  $p = 0,301$ ,  $\eta_p^2 = 0,038$ ).

Für sämtliche Kraftleistungsvariablen wurde ein negativer Zusammenhang mit der Beschleunigung des Kopfes beobachtet. Höhere Korrelationskoeffizienten zeigten sich jeweils für die Maximalkraftmessung in Flexion im Vergleich zur Extension. Ein Vergleich der beiden Maximalkraft-Messmethoden (HWS-isoliert im Sit-

zen vs. kombinierte Hals-/Rumpfkraftmessung im Stand) zeigte für die kombinierte Kraftmessung im Stand einen stärkeren Zusammenhang mit der reinen Kopfbeschleunigung. Aus der kombinierten Maximalkraftmessung der Flexorenkette im Stand lassen sich 29 % der Varianz in der  $\bar{a}_G$  erklären. Aus der Analyse kann geschätzt werden, dass mit einer Steigerung der Maximalkraft der Beugergruppe um 10 Newton (N) eine Reduktion der  $\bar{a}_G$  um 0,55 g erzielt werden kann (Mittelwerte: Spielerinnen  $93 \pm 13$  N, Spieler  $138 \pm 29$  N). In der Bedingung mit hohen Ballgeschwindigkeiten lassen sich 56 % der Varianz in der  $\bar{a}_G$  durch die Maximalkraftmessung der Flexorenkette im Stand vorhersagen. Hier kann geschätzt werden, dass mit einer Erhöhung der Maximalkraft der Beugergruppe um 10 N eine Reduktion der Gesamtbeschleunigung um 0,7 g erzielt werden kann.

Im Gegensatz hierzu ergab die Perturbationsmessung keinen Zusammenhang zwischen der Beschleunigung des Kopfes und den Reflexantwortzeiten und -amplituden nach Applikation von Störreizen. Die drei Beschleunigungsvariablen  $\bar{a}_G$ ,  $\bar{a}_S$  und  $\bar{a}_K$  korrelierten nur schwach mit den Reflexantwortzeiten der Muskulatur nach ipsilateralen Stimuli ( $-0,22 < r < 0,21$ ) und mit Ausnahme der Rumpfmuskeln *M. rectus abdominis* und *M. erector spinae lumbalis* noch geringer nach kontralateralen Störreizen ( $-0,16 < r < 0,14$ ).

Im Hinblick auf die Effekte einer Kopfballserie auf neurokognitive Leistungen wurde eine repeated-measures analysis of variance (RM-ANOVA) mit dem zweifach gestuften Faktor Gruppe (Kopfbälle versus leichte körperliche Aktivität) und dem vierfach gestuften within-Faktor Messzeitpunkt (MZP: prä, post, post 24 Std und post 48 Std) gerechnet. In sämtlichen Tests zeigten sich erwartungsgemäß signifikante Haupteffekte für den Messzeitpunkt, aber keine Effekte der Gruppe oder der Interaktion Gruppe und MZP. Dasselbe Bild zeigte sich für die Analysen zur posturalen Kontrolle.

Weibliche Probanden der Interventionsgruppe gaben direkt im Anschluss an die Kopfballserien eine um 1,5 Punkte [95 % CI 0,6-2,3] höhere Kopfschmerzintensität auf der VAS (0-10) im Vergleich zur Eingangsmessung an, die 24 Stunden nach Absolvieren der Kopfbälle erhöht war (+1,2

[95 % CI -0,1-2,6]) und sich erst nach 48 Stunden allmählich wieder dem Ausgangsniveau annäherte (+0,4 [95 % CI -0,7-1,6]). Eine ähnliche, jedoch in Intensität geringer und Dauer kürzer verlaufende Entwicklung wurde bei den männlichen Probanden beobachtet. Die Auswirkungen der Kopfballserie auf das selbst berichtete Schwindelgefühl waren insgesamt sehr gering (Spielerinnen > Spieler > Kontrollgruppe). Die Fragen zur Übelkeit wurden vor und nach der Kopfballserie bzw. leichten körperlichen Aktivität durchgehend mit „0“ = „überhaupt keine Übelkeit“ beantwortet.

### Untersuchung (2) – Evaluation der Trainingsintervention im Hinblick auf Kraftleistungen und Reflexantworten

Die durchschnittliche Trainingsdauer der Spielerinnen bzw. Spieler lag bei  $308 \pm 53$  bzw.  $313 \pm 27$  Minuten. Die Ergebnisse der RM-MANOVA mit dem zweifach gestuften Faktor Gruppe (Interventionsgruppe mit Kopfbällen versus Kontrollgruppe mit leichter körperlicher Aktivität) und dem zweifach gestuften within-Faktor Messzeitpunkt (prä, post) zeigten einen signifikanten Haupteffekt für Messzeitpunkt ( $F_{(1,25)} = 16,156$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,393$ ) und Variablen ( $F_{(1,393,34,822)} = 196,171$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta_p^2 = 0,887$ ), aber nicht für den Faktor Gruppe ( $F < 1$ ) sowie einen signifikanten Interaktionseffekt für Gruppe, Messzeitpunkt und Variablen:  $F_{(3,148,78,697)} = 3,607$ ,  $p = 0,015$ ,  $\eta_p^2 = 0,126$ . In den Post-hoc Tests zeigten sich für den Vergleich der Kraftleistungsentwicklung zwischen Eingangs- und Abschlussmessung in fünf der sieben Analysen signifikante Gruppenunterschiede zugunsten der Intervention mit Effektgrößen zwischen  $\eta_p^2 = 0,16$  bis  $\eta_p^2 = 0,42$ . Die Analyse der zervikalen Beweglichkeit ergab lediglich marginale Gruppenunterschiede. Für den Trunk Stability Push-up wurde eine mittlere Effektgröße ermittelt (Cohen's d = 0,56).

Insgesamt zeigten sich in der Analyse der Reflexantworten (Latenzen und Amplituden) keine bedeutsamen Veränderungen, die als Trainingseffekte infolge der Intervention zu interpretieren wären. Dabei gingen hohe Varianzen mit geringen Änderungen des Mittelwertes einher. Entsprechend ergab eine RM-MANOVA keinen Hinweis auf einen Interventionseffekt im Hinblick auf die Reflexantwortzeiten (Latenzen) ( $F_{(1,910,24,825)} = 2,152$ ,  $p = 0,139$ ,  $\eta_p^2 = 0,142$ ).

### Untersuchung (3) – Einfluss der Trainingsinterventionseffekte auf die kinematischen, kognitiven und posturographischen Parameter

Eine RM-MANOVA ergab für die geringe Ballgeschwindigkeit einen signifikanten Haupteffekt für den zweifach gestuften Faktor Zeit ( $F_{(1,13)} = 6,958, p = 0,020, \eta_p^2 = 0,349$ ). So wurde in der Abschlussmessung eine im Median um  $-1,7$  g reduzierte  $\bar{a}_G$  im Vergleich zur Eingangsmessung ( $\eta_p^2 = 0,39$ ), eine um  $-0,8$  g reduzierte  $\bar{a}_S$  ( $\eta_p^2 = 0,31$ ) und eine um  $-0,8$  g reduzierte  $\bar{a}_K$  ( $\eta_p^2 = 0,24$ ) ermittelt. In den Post-hoc Tests ergab sich für keine der drei Beschleunigungsvariablen ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Messzeitpunkten. Im Geschlechtervergleich zeigten sich größere stabilisierende Effekte bei den Spielerinnen: Im Vergleich zu den männlichen Probanden reduzierte sich die  $\bar{a}_G$  im Median um  $-3,3$  g vs.  $-0,9$  g, die  $\bar{a}_S$  um  $-1,6$  g vs.  $-0,1$  g und die  $\bar{a}_K$  um  $-1,5$  g vs.  $-0,4$  g. Für die männlichen Probanden ergab eine RM-MANOVA in der Kopfballsituation mit hohen Ballgeschwindigkeiten einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Zeit ( $F_{(1,5)} = 6,991, p = 0,046, \eta_p^2 = 0,583$ ). Insgesamt wurden in dieser Bedingung größere Effekte im Vergleich zu den Kopfbällen mit geringeren Ballgeschwindigkeiten mit einer Reduktion der  $\bar{a}_G$  im Median um  $-1,8$  g ( $\eta_p^2 = 0,60$ ), der  $\bar{a}_S$  um  $-0,8$  g ( $\eta_p^2 = 0,63$ ) und der  $\bar{a}_K$  um  $-0,9$  g ( $\eta_p^2 = 0,23$ ) beobachtet (jeweils nicht signifikant).

Die Analysen zur neurokognitiven Leistung und zur posturalen Kontrolle deuteten weder auf eine akute Beeinträchtigung nach Durchführung von zwölf Kopfbällen mit den in dieser Studie verwendeten Ballgeschwindigkeiten hin, noch auf einen durch das Trainingsprogramm induzierten Präventionseffekt. Die beobachteten Veränderungen in der kognitiven Informationsverarbeitung oder motorischen Leistungsfähigkeit zwischen den Messzeitpunkten betrafen die Interventions- und Kontrollgruppe gleichermaßen und lassen sich nicht auf Trainingsinterventionseffekte zurückführen, so dass die Hypothese eines präventiven Effekts, der spezifisch durch ein Nackenstabilisationstraining induziert wird, verworfen werden muss.

Abschließend wurde eine signifikante Mehrfachinteraktion zwischen dem zweifach gestuften Faktor Messzeitpunkt (prä-post Intervention), dem vierfach gestuften Messzeitpunkt

Kopfball (prä, post 1-3), Symptomen und Gruppe gefunden ( $F_{(2,228, 53,466)} = 3,909, p = 0,017, \eta_p^2 = 0,140$ ). Entgegen unserer Erwartungen klagten insbesondere Spielerinnen nach Abschluss der Trainingsintervention im Vergleich zur Eingangsmessung über vermehrte Kopfschmerzen infolge des Kopfballspiels.

## 4 Diskussion

Auf Basis der vorliegenden Literatur lautete die erste Hypothese, dass die Kopfbeschleunigungen infolge von Kopfbällen mit der Maximalkraft der halsstabilisierenden Muskulatur zusammenhängen. Die Ergebnisse dieser Studie unterstützen diese Erwartung, die wir auf Basis eines biomechanischen Modells der Kopfbeschleunigung beim Kopfball entwickelten. In der Tat zeigen sich durchweg negative Korrelationen zwischen der Maximalkraft der Hals- und Rumpfmuskulatur und der resultierenden Kopfbeschleunigung. Die ventrale Kette der Hals- und Rumpfflexoren nimmt aufgrund höherer Korrelationen mit der Kopfbeschleunigung eine Schlüsselrolle ein. Aus der Regressionsanalyse kann geschätzt werden, dass – ausgehend von einem durchschnittlichen Maximalkraftniveau der Hals- und Rumpfflexoren bei weiblichen Spielerinnen von 93 N und bei männlichen Spielern von 138 N – mit einer Steigerung der Maximalkraft um 10 N eine Reduktion der Gesamtbeschleunigung von 0,55 g beim frontalen, antizipierten Kopfball erzielt werden kann. In der Gruppe der männlichen Spieler lässt eine Maximalkraftsteigerung um 10 N in der Bedingung mit hohen Ballgeschwindigkeiten eine Dämpfung der Beschleunigung von 0,7 g erwarten.

Die Latenzzeiten der halsstabilisierenden Muskulatur klären allerdings kaum Varianz der Kopfbeschleunigungen bei Ballgeschwindigkeiten auf ( $r \leq \pm 0,2$ ). Das bedeutet, dass die rasche Ansteuerung der stabilisierenden Muskulatur im hier verwendeten Setting nicht der entscheidende Faktor für die Höhe der Kopfbeschleunigung ist. Ebenso wenig deuten unsere Ergebnisse darauf hin, dass sich neurokognitive Leistungen direkt nach (sowie einen und zwei Tag(e) nach) einer Kopfballsreihe von zwölf intentionalen Kopfbällen mit Ballgeschwindigkeiten von 9,4 m/s und 10,8 m/s bei den männlichen

Jugendlichen und 9,4 m/s bei den weiblichen Jugendlichen im Vergleich zu einer ebenso körperlich aktiven Kontrollgruppe verschlechtern. Es ist zu beachten, dass die Kopfbälle in der hier vorliegenden Untersuchung antizipiert und intentional sowie bei Ballgeschwindigkeiten erfolgten, die im Spiel vorkommen, aber nicht den oberen Bereich der im Spiel möglichen Ballgeschwindigkeiten abdecken. Außerdem ist zu beachten, dass zwölf Kopfbälle zwar über der im Spiel insbesondere von den weiblichen Probanden berichteten Zahl an Kopfbällen liegt (ca. zwei), allerdings in Trainingseinheiten mit dem Fokus auf das Kopfballsportspiel auch deutlich mehr Kopfbälle durchgeführt werden. Die vergleichsweise hohe Anzahl an Kopfbällen ist als ursächlich für das Auftreten von im Zusammenhang mit Gehirnerschütterung stehenden Symptomen (Kopfschmerzen) zu sehen, über die vorwiegend die weiblichen Nachwuchsfußballspielerinnen berichten. Dennoch ist zu konstatieren, dass hier keine kognitiven oder die posturale Kontrolle betreffende Veränderungen feststellbar sind, die spezifisch auf die Durchführung einer Kopfballsportserie zurückzuführen sind.

Ein zervikal-muskuläres Trainingsprogramm, das über mehrere Wochen zweimal pro Woche durchgeführt wird, ist unseren Ergebnissen zufolge in der Lage, auch bei bereits trainierten Fußballspielerinnen und -spielern die Halsmuskulatur erkennbar und funktional relevant zu stärken. In dieser Untersuchung hat das Trainingsprogramm zu Maximalkraft-/Kraftausdauersteigerungen im Bereich von 12 % (HWS-Extension isoliert, isometrisch) bis 23 % geführt (HWS- und Rumpfflexion im Stand, isometrisch). Bei identischen Trainingshäufigkeiten und -umfängen zeigten sich bei den weiblichen Fußballspielerinnen leicht höhere Trainingsanpassungen im Vergleich zu den männlichen Nachwuchsspielern.

Dies beruht allerdings nicht auf einer durch das Training induzierten früheren Ansteuerung der Muskulatur, da nach der Trainingsintervention keine Veränderungen in der Ansteuerung der Muskulatur festzustellen waren. Das hier entwickelte Trainingsprogramm ist demnach sehr gut geeignet, um kraftbezogene Leistungsverbesserungen in der halsstabilisierenden Muskulatur auszulösen, allerdings beruhen diese eher nicht

auf Ansteuerungsaspekten, sondern auf peripheren Adaptationen der Muskulatur.

Insgesamt steigerte die Trainingsgruppe die Maximalkraft der Hals- und Rumpfflexoren im Median um 31 N. Aus der Regressionsanalyse kann vermutet werden, dass sich die  $\bar{a}_G$  um  $3,1 \text{ N} * -0,55 \text{ g} = -1,71 \text{ g}$  reduziert. Das Maximalkraftniveau der Hals- und Rumpfflexoren verbesserte sich in der Gruppe der männlichen Fußballspieler im Median um 24 N. Analog zum Ergebnis der Regressionsanalyse kann eine Reduzierung der  $\bar{a}_G$  von  $2,4 \text{ N} * -0,7 \text{ g} = -1,68 \text{ g}$  vermutet werden. Tatsächlich wurde eine Dämpfung der aus den frontalen Kopfbällen resultierenden  $\bar{a}_G$  für die gesamte Gruppe von  $-1,7 \text{ g}$  in der Bedingung mit geringen Ballgeschwindigkeiten und für die männlichen Fußballspieler in der Bedingung mit hohen Ballgeschwindigkeiten von  $-1,8 \text{ g}$  im Median beobachtet und somit das Ergebnis der oben aufgeführten Regressionsanalyse bestätigt.

Die weiteren Ergebnisse bezüglich der präventiven Effekte eines mehrmonatigen Nackenstabilisationstrainings lassen sich wie folgt zusammenfassen: Während deutliche Effekte im Bereich der Maximalkraftsteigerung der Halsmuskulatur und eine auf die resultierende Beschleunigung dämpfende Wirkung bei Kopfbällen zu konstatieren sind, bleiben trainingsbezogen geringere Einschränkungen auf kognitive und posturale Parameter aus. Indikatoren beziehen sich auf verschiedene Maße der Schwankung des Centers-of-Pressure als auch auf verschiedene kognitive Prozesse wie Inhibition, Pro-Anti-Point-Aufgaben und mentale Rotationsleistungen.

Insgesamt kann dieses Projekt relevante Hinweise für die Wirksamkeit eines Nackenstabilisationstrainings zeigen, die sich vor allem in Kraftvariablen ausdrücken. Die Bedeutung dieser veränderten Kraftparameter wird deutlich, wenn die reduzierten Kopfbeschleunigungen im Rahmen von Kopfbällen nach der Trainingsintervention betrachtet werden. Akute leistungsmindernde Effekte von Kopfbällen und eine längerfristige leistungsstabilisierende Wirkung eines mehrwöchigen Trainingsprogramms lassen sich im Rahmen dieses Projekts nicht nachweisen.

## 5 Literatur

- Kontos, A. P., Braithwaite, R., Chrisman, S. P. D., McAllister-Deitrick, J., Symington, L., Reeves, V. L. et al. (2017). Systematic review and meta-analysis of the effects of football heading. *British journal of sports medicine*, 51 (15), 1118-1124. doi: 10.1136/bjsports-2016-096276.
- Mainwaring, L., Ferdinand Pennock, K. M., Mylabathula, S. & Alavie, B. Z. (2018). Sub-concussive head impacts in sport: A systematic review of the evidence. *International journal of psychophysiology*, 132 (Pt A), 39-54. doi: 10.1016/j.ijpsycho.2018.01.007.
- Müller, C. (2019). *TrainForImpact exercise intervention: Collection of exercises designed to decrease head accelerations following (un-) anticipated (in-)direct impacts in sports games*. Zugriff am 25. März 2019 unter [https://www.researchgate.net/publication/331982721\\_Exercise\\_Intervention](https://www.researchgate.net/publication/331982721_Exercise_Intervention)
- Müller, C. & Zentgraf, K. (DFB-Akademie, Hrsg.). (2018). *Spezifisches Krafttraining der Nackenmuskulatur. Ein waghalsiges Training – Krafttraining zur Prävention möglicher Spätfolgen durch häufiges Kopfballspiel*. Zugriff am 25. März 2019 unter <https://www.dfb-akademie.de/studie/spezifisches-krafttraining-der-nackenmuskulatur/-/id-15000067>
- Tarnutzer, A. A. (2018). Should heading be forbidden in children's football? *Science and medicine in football*, 2 (1), 75-79. doi: 10.1080/24733938.2017.1386793.



# Leistungsdeterminierende Faktoren und Auswirkungen von differenten Trainingsinterventionen bei Short Track Elite- und Nachwuchsathleten

(AZ 070704/17-18)

Anne Bader<sup>1</sup>, Martin Behrens<sup>1</sup>, Florian Husmann<sup>1</sup>, Norman Holl<sup>2</sup>, Sven Bruhn<sup>1</sup> (Projektleitung)  
& Sabine Felser<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Universität Rostock, Institut für Sportwissenschaft

<sup>2</sup>Universitätsmedizin Rostock, Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Kinder- und Neuroradiologie

<sup>3</sup>Universitätsmedizin Rostock, Klinik für Hämatologie, Onkologie und Palliativmedizin

## 1 Problem

Nur wenige nationale und internationale Arbeitsgruppen setzen sich derzeit wissenschaftlich mit der Sportart Short Track auseinander. In eigenen vorangegangenen Projekten, die vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) gefördert wurden (IIA1-070712/06-07 und IIA1-070501/09 und AZ 071504/12-14), konnte schon ein wesentlicher Beitrag zur Identifikation leistungsbestimmender Faktoren und biomechanischer Rahmenbedingungen im Short Track geleistet werden. Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse lassen sich sportartspezifische Trainingsprozesse weiter optimieren.

Ausgehend von der Erkenntnis, dass sich die Stabilisation des Sprunggelenks sowie die Kraftfähigkeiten der vortriebswirksamen Muskulatur maßgeblich auf die Kraftübertragung auf das Eis und somit auf die Laufleistung auswirken (Felser et al., 2016a), bleiben die zu Grunde liegenden neuronalen Mechanismen zu untersuchen. Gleichzeitig gilt es, die sportartspezifischen Besonderheiten angemessen zu berücksichtigen. Diese bestehen zum einen aus den instabilen Bedingungen, unter denen die Kraft der Muskulatur auf das Eis übertragen wird. Zum anderen müssen die differenten Anforderungen an den Athleten in den einzelnen Streckenabschnitten (Start, Gerade und Kurve) Beachtung finden. Nicht zuletzt bleibt offen, inwiefern die muskuläre Aktivierung von der Laufgeschwindigkeit und von Ermüdungsprozessen beeinflusst wird.

Das Hauptziel der vorliegenden Studie bestand demnach darin, die Zusammenhänge und Interdependenzen zwischen muskulärer Aktivierung, Kraft und Laufleistung weiter zu präzisieren. Die Fragestellungen wurden zu diesem Zweck in zwei zentrale Themenbereiche gegliedert. Im ersten Themenblock wurden die maximalen willkürlichen Kräfte sowie die Aktivitäten relevanter Beinmuskeln mittels Oberflächenelektromyografie (EMG) bei unilateralen konzentrischen Beinstreckbewegungen unter stabilen und instabilen Bedingungen untersucht. Berücksichtigung fanden dabei sowohl vortriebswirksame als auch stabilisierende Muskeln. Zudem wurden die Auswirkungen einer Krafttrainingsintervention verglichen, die unter stabilen bzw. unter instabilen Bedingungen durchgeführt wurde. Der zweite Themenbereich umfasste die muskuläre Aktivierung bei verschiedenen Laufgeschwindigkeiten sowie die Auswirkungen von Ermüdung auf die Bewegungskoordination. Zu diesem Zweck wurde im Vorfeld die Mess- und Auswertungssoftware „ShortTrack“ bzw. „ShortSpector“ erweitert.

## 2 Methoden

Im Rahmen des ersten Themenkomplexes wurden mittels einer unilateralen Beinpresse maximale willkürliche Kräfte während der konzentrischen Beinstreckbewegung unter stabilen und instabilen Bedingungen an der Fußplatte gemessen. Synchron wurden die Aktivitäten der für den Vortrieb und für die Sprung- und

Kniegelenkstabilisierung relevanten Beinmuskeln mittels EMG abgeleitet. Zusätzlich wurden Sprungkraft- und Rumpfkraftparameter erhoben. Parallel fanden Messungen auf dem Eis zur Leistungsfähigkeit beim Start und auf der fliegenden Runde statt. Insgesamt nahmen 33 Short Track-Athleten (19 männlich, 14 weiblich) der Altersklasse E- bis A-Junioren ( $14,3 \pm 2,5$  Jahre) an den Eingangsuntersuchungen teil. Im Anschluss erfolgte eine 12-wöchige Trainingsintervention in vier Gruppen (2 Gruppen Leistungsgruppe (LG) 1 & 2 (13-17 Jahre), 2 Gruppen LG 3 & 4 (10-14 Jahre)), wobei zwei Gruppen ein konventionelles Krafttraining absolvierten und zwei gematchte (Alter, Geschlecht, Leistungsfähigkeit) Gruppen dieselben bzw. vergleichbare Übungen unter instabilen Bedingungen ausführten. Nach dem 12-wöchigen Training wurden die Messungen der Eingangsuntersuchung auf dem Eis und im Labor wiederholt. An der Trainingsintervention nahmen insgesamt 29 Athleten teil.

Im zweiten Themenkomplex absolvierten 15 Rostocker Short Track-Nachwuchsatleten (6 männlich, 9 weiblich) Läufe mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten und unter verschiedenen Ermüdungsbedingungen. Während der Läufe wurden in fliegenden Runden bilateral Muskelaktivitäten mittels EMG abgeleitet. Die fliegende Runde mit maximaler Geschwindigkeit ( $V_{\max}$ ) diente als Referenzgröße für die fliegenden Runden mit 85 % bzw. 70 %  $V_{\max}$ . Zur Einschätzung der Ermüdungseffekte wurde

ein Ausbelastungslauf unter konventionellen Startbedingungen durchgeführt. Als Abbruchkriterium für diesen Lauf galt jene Laufleistung, die zuvor für 70 %  $V_{\max}$  in der fliegenden Runde ermittelt wurde. So konnten entsprechende Vergleichsrunden in ermüdetem Zustand generiert werden.

Die erhobenen Daten wurden deskriptiv als auch statistisch hinsichtlich bestehender Unterschiede und Zusammenhänge ausgewertet.

### 3 Ergebnisse

Der Kraftverlust bei den konzentrischen Bein-streckbewegungen an der Beinpresse im Vergleich zwischen stabilen (1 Freiheitsgrad (DoF)) und instabilen (3 DoF) Bedingungen betrug in beiden LG gemittelt beidseits jeweils 12 % ( $p = 0,000$ ) in  $F_z$ -Richtung. Die muskuläre Aktivierung (Root Mean Square (RMS)  $\pm 50$  ms um das Kraftmaximum ( $F_z$ -peak)) von drei der vier untersuchten Unterschenkelmuskeln (Mm. soleus (SOL), gastrocnemius (GA), peroneus (PER)) erhöhte sich signifikant bei 3 DoF im Vergleich zu 1 DoF. Am Oberschenkel war die Aktivität des M. vastus medialis (VM) bei 3 DoF signifikant höher als bei 1 DoF (Abb. 1).

Trotz fast identischer Kraftabnahme in Abhängigkeit von den Versuchsbedingungen (1 vs. 3 DoF) zeigten sich hinsichtlich der zeitlichen Muskelkoordination signifikante Unterschiede zwischen den LG (Abb. 2).

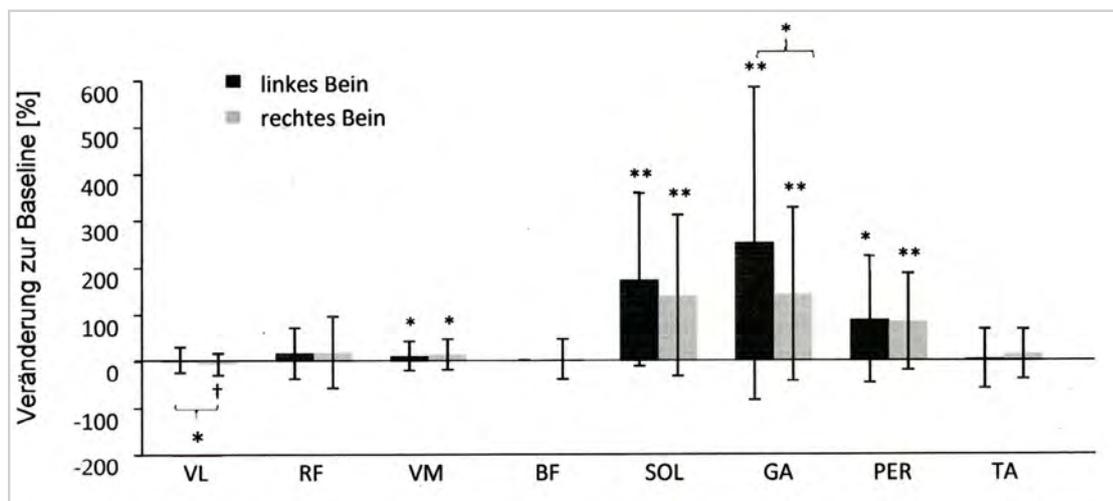


Abb. 1: Prozentuale Veränderung der Muskelaktivität (RMS) in Abhängigkeit von der Körperseite und den Freiheitsgraden (1 DoF = baseline = 100 %) (\*  $p < 0,05$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; †  $p < 0,09$ ). Die Daten sind als Mittelwert und Standardabweichung dargestellt.



Abb. 2: Durchschnittliche Zeitverschiebung  $\tau$  [ms] in Abhängigkeit von den Muskeln und der Anzahl der Freiheitsgrade (DoF) bei den Athleten der LG 1 & 2 (links) und LG 3 & 4 (rechts) am Beispiel des rechten Beines

Um herauszufinden, mit welchen der erhobenen Parameter die Laufleistungen beim Start bzw. über die fliegende Runde am stärksten vorhergesagt werden können, wurden Regressionsanalysen durchgeführt. Bei der LG 1 & 2 sind die Sprungkraftparameter die stärksten Prädiktoren, während in der LG 3 & 4 die Rumpfkraftparameter starke Prädiktoren sind. Zudem wurde berechnet, wie hoch die Korrelation zwischen den Laufzeiten über 55,5 m (Start) und 111 m (fliegende Runde) ist. Bei den jüngeren Sportlern (LG 3 & 4) beträgt der Korrelationskoeffizient ( $r$ ) 0,592\*, die Varianzaufklärung (VA) liegt somit bei 35,0 %, vs.  $r = 0,928^{**}$  VA = 86,1 % bei den älteren Sportlern (LG 1 & 2). So unterschiedlich wie die Zusammenhänge zwischen den Laufzeiten stellen sich auch die Ergebnisse der Regressionsanalysen dar.

Bei den Athleten der LG 1 & 2, die durchschnittlich 11 der 24 geplanten Trainingseinheiten (TE) absolvierten, war die Startzeit über die erste halbe Runde nach der Trainingsintervention signifikant schlechter. Es gab keine signifikanten Veränderungen hinsichtlich der Maximalkraft an der Beinpresse. In der Muskelkoordination zeigten sich nur wenige Veränderungen. Zwischen den Trainingsgruppen (stabil vs. instabil) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Im Gegensatz dazu verbesserten sich in der LG 3 & 4 (durchschnittlich 16 TE absolviert) die Laufzeiten zwischen Ein- und Ausgangsuntersuchung. Zudem zeigten sich Verbesserungen in der Maximalkraft an der Beinpresse unter

instabilen Bedingungen. Hinsichtlich der muskulären Aktivität gab es nur wenige signifikante Veränderungen. Enorme Verbesserungen zeigten sich in der Rumpfkraft, speziell der vorderen Rumpfkette. Zwischen den beiden Trainingsgruppen (stabil vs. instabil) konnten nur wenige Unterschiede detektiert werden.

Innerhalb des zweiten Themenbereichs lieferten die Analysen des RMS des EMG-Signals Einblick in die Aktivierungscharakteristik der relevanten Beinmuskulatur. Als Referenz dienten die Werte der fliegenden Runde mit  $V_{\max}$ . Der Vergleich der fliegenden Runde mit 85 % und der fliegenden Runde mit 70 %  $V_{\max}$  bestätigte dabei die Erwartungen, dass die meisten Muskeln eine signifikant geringere Aktivierung im Lauf mit 70 %  $V_{\max}$  zeigen. Ausnahmen bildeten dabei der M. rectus femoris links sowie der M. tibialis anterior rechts dahingehend, dass sie zwar im Mittel erkennbar aber nicht signifikant geringer aktiviert wurden. Die Gegenüberstellung der aufgenommenen Muskelaktivitäten während der fliegenden Runden und der entsprechenden Runden im Ausbelastungslauf ergab verschiedene muskelspezifische Veränderungen. Signifikante Unterschiede in der Muskelaktivierung beider Beine zwischen ausgeruhtem und ermüdetem Zustand konnten für die Mm. rectus femoris (RF), biceps femoris (BF) und tibialis anterior (TA) gefunden werden. Das galt für beide Geschwindigkeiten (70 % und 85 %  $V_{\max}$ ). Die Aktivierung des PER des rechten Beines war im ermüdeten Zustand bei beiden Geschwindigkeiten signifikant redu-

ziert. Weiterhin zeigte die Aktivierung des M. vastus lateralis (VL) des rechten Beines signifikante Unterschiede, jedoch lediglich in der Gegenüberstellung der 70 %-Runden (Abb. 3). Alle genannten Muskeln wiesen im ermüdeten Zustand geringere Aktivitäten als im ausgeruhten Zustand auf, während die Aktivierung des BF beider Beine sich erhöhte.

10 %. Ausgehend von diesen Ergebnissen hätten wir auf Grund des Alters unserer Athleten ( $14,3 \pm 2,5$ ) ein Kraftdefizit von ca. 20 % erwartet. Dass das Kraftdefizit bei nur 12 % lag, ist mit großer Wahrscheinlichkeit auf das spezifische Training der Athleten zurückzuführen.

Aus den Ergebnissen für die Muskelaktivierung während der Beinstreckbewegung unter stabi-

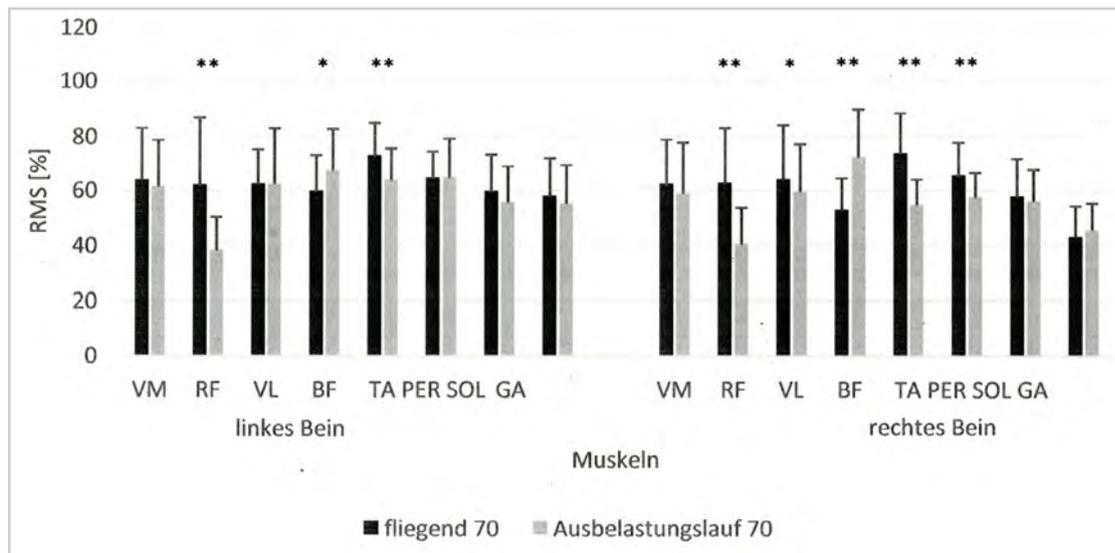


Abb. 3: Prozentuale Aktivierung der Muskulatur (RMS) in der fliegenden Runde mit 70 %  $V_{max}$  und der 70 %-Runde des Ausbelastungsversuchs (fliegende Runde mit  $V_{max}$  = Referenz = 100 %) (\*\*  $p < 0,01$ , \*  $p < 0,05$ ). Die Daten sind als Mittelwert und Standardabweichung dargestellt.

## 4 Diskussion

Ein primäres Ziel der Untersuchungen im ersten Themenkomplex war, Zusammenhänge und Interdependenzen zwischen Kraft, Bewegungskoordination und Laufleistung zu untersuchen, um das Leistungsstrukturmodell, das im Rahmen vorheriger Förderungen durch das BISp erstellt wurde, weiter zu präzisieren. Dieses Ziel konnte durch die umfangreichen Untersuchungen erreicht werden. Das gemessene konzentrische Kraftdefizit an der unilateralen Beinpresse war mit 12 % deutlich geringer als das bei unseren zuvor durchgeführten Untersuchungen an der Beinpresse unter isometrischen Bedingungen (-25 %) (Felser et al., 2016a). Bei Untersuchungen an der unilateralen Beinpresse von Holl et al. (2015), der die Gelenkstabilisierung in Abhängigkeit vom Alter betrachtete, betrug das durchschnittliche willkürliche Kraftdefizit bei den jüngeren Probanden ( $23,6 \pm 1,4$  Jahre) 21 % und bei den älteren Probanden ( $75,1 \pm 5,6$  Jahre)

len vs. instabilen Bedingungen kann geschlossen werden, dass die Stabilisierung des Kniegelenkes hier primär durch den VM erfolgt. Die Stabilisierung des Sprunggelenkes erfolgt hauptsächlich über den TA und PER und deckt sich mit den Ergebnissen vorangegangener Studien (Wübbenhorst & Zschorlich, 2011; Felser et al., 2016b). Die Unterschiede in der Muskelkoordination in Abhängigkeit von der LG zeigten sich für beide Beine. Global betrachtet erfolgt die zeitliche Ansteuerung aller Muskeln (intermuskuläre Koordination) bei den jüngeren Athleten in einem insgesamt größeren Zeitfenster im Vergleich zu den älteren Athleten. Ob die Unterschiede in den Koordinationsmustern durch das Alter und/oder die Trainingserfahrung bedingt sind, kann an dieser Stelle nicht abschließend geklärt werden. Hier bedarf es weiterer Untersuchungen.

Die Sprunghöhen zeigten hohe Korrelationen mit den Laufzeiten. Die Regressionsanalysen belegen, dass die Sprunghöhen nur bei den älte-

ren Sportlern geeignet sind, um die Laufleistungen vorherzusagen. Dabei ist die Sprunghöhe im Squat Jump ein stärkerer Prädiktor für die Start-/Beschleunigungsfähigkeit und die Sprunghöhe im Counter Movement Jump für die maximale Geschwindigkeit. Bei den jüngeren Athleten steht zudem die Rumpfkraft im Fokus. Fast ein Drittel der Varianz in der Startzeit konnte allein über die Haltezeit beim Rumpfkrafttest erklärt werden.

Der im Studiendesign vorgesehene Vergleich zwischen konventionellem Krafttraining vs. Krafttraining unter instabilen Bedingungen lässt keine verlässlichen Aussagen hinsichtlich der Wirksamkeit zu. Die Trainingsintervention konnte von den Athleten der LG 1 & 2 nicht im geplanten Umfang durchgeführt werden. Zudem entsprachen die Inhalte des Trainings nicht denen der Planung, sondern wurden weitestgehend von der Deutschen Eisschnelllauf Gemeinschaft e. V. vorgegeben. Darüber hinaus wurden in beiden LG zusätzlich zum Krafttraining zirka 5 TE pro Woche (Imitation, Inlineskating, Ausdauertraining) durchgeführt, in denen keine Trennung in stabil und instabil vorgenommen wurde. Die Ergebnisse der LG 3 & 4 entsprechen zuvor publizierten Studienergebnissen, welche belegen, dass Krafttraining unter Instabilität, verglichen mit einem traditionellen Krafttraining unter stabilen Bedingungen, zu ähnlichen Leistungs- und Kraftzuwächsen führt (Behm & Colado, 2012; Cug et al., 2012; Kibele & Behm, 2009; Sparkes & Behm, 2010).

Die Ergebnisse des zweiten Themenbereichs geben Aufschluss über die Aktivierung der Muskulatur bei verschiedenen Laufgeschwindigkeiten. Erwartungsgemäß zeigte sich eine zumeist geringere Aktivierung der untersuchten Muskeln in den fliegenden Runden mit 70 %  $V_{\max}$  im Vergleich zu denen mit 85 %  $V_{\max}$ . Bei den Muskeln RF und TA waren zwischen den beiden Geschwindigkeiten keine Unterschiede erkennbar. Dieser Umstand ist vermutlich auf die gelenkstabilisierende Funktion dieser Muskeln zurückzuführen. Die Stabilisierungsarbeit

musste in allen Läufen unabhängig von der Geschwindigkeit geleistet werden.

Beim Vergleich der fliegenden Runden mit den entsprechenden Runden des Ausbelastungsversuchs wurden Unterschiede in der Muskelaktivierung erkennbar. Somit war die Aktivierung der Muskulatur des rechten Beines offenbar stärker von ermüdungsbedingten Veränderungen betroffen als die des linken Beines. Das entspricht der asymmetrischen Belastung der Beine beim Short Track, bei der die Muskeln des rechten Beines mehr aktiviert und weniger oxyniert werden (Felser et al., 2016b; Hesford et al., 2012).

Darüber hinaus wiesen die Muskeln RF, TA und PER eine Verringerung der Aktivität unter Ausbelastung auf und untermauern die Ergebnisse bisheriger Untersuchungen, die diesen Muskeln erhebliche Stabilisierungsaufgaben für die Knie- und Sprunggelenke zuordnen. Konträr dazu steht die Veränderung der Aktivierung des BF. Während die Aktivierung der genannten Muskeln im ermüdeten Zustand geringer war als die während der Vergleichsbedingung, wies der BF beider Beine eine höhere Aktivierung auf und das bei beiden Geschwindigkeiten. Ein möglicher Erklärungsansatz ist, dass der BF mit fortschreitender Ermüdung des M. quadriceps femoris kompensatorisch verstärkt aktiviert wird, um die Sicherung der Gelenkstabilität zu gewährleisten (Gagnon et al., 1992). Der im Sinne der Kniestreckung agonistisch arbeitende RF zeigte gleichzeitig eine verringerte Aktivität unter Ausbelastung. Da der BF ein zweigelenkiger Muskel ist, der nicht nur für die Knieflexion, sondern auch für die Hüftextension zuständig ist, ist es vorstellbar, dass er im ermüdeten Zustand vermehrt Haltearbeit für die Positionierung des Oberkörpers leisten musste.

## 5 Literatur

- Behm, D. G., & Colado, J. C. (2012). The effectiveness of resistance training using unstable surfaces and devices for rehabilitation. *International journal of sports physical therapy*, 7 (2), 226-241.
- Cug, M., Ak, E., Ozdemir, R. A., Korkusuz, F., & Behm, D. G. (2012). The effect of instability training on knee joint proprioception and core strength. *Journal of sports science & medicine*, 11 (3), 468-474.
- Felser, S., Behrens, M., Fischer, S., Heise, S., Bäumler, M., Salomon, R., & Bruhn, S. (2016a). Relationship between strength qualities and short track speed skating performance in young athletes. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*, DOI: 10.1111/sms.12429
- Felser, S., Behrens, M., Fischer, S., Baeumler, M., Salomon, R., & Bruhn, S. (2016b). Neuro-muscular Activation during Short-Track Speed Skating in Young Athletes. *International journal of sports physiology and performance*, DOI: 10.1123/ijsp.2015-0344
- Gagnon, D., Arsenault, A. B., Smyth, G. & Kemp, F. (1992). Cocontraction changes in muscular fatigue at different levels of isometric contraction. *International journal of industrial ergonomics*, 9, 343-348.
- Hesford, C. M., Laing, S. J., Cardinale, M., & Cooper, C. E. (2012). Asymmetry of quadriceps muscle oxygenation during elite short-track speed skating. *Medicine and science in sports and exercise*, 44 (3), 501-508.
- Holl, N., Wuebbenhorst, K., Behrens, M., & Zschorlich, V. (2015). The effect of age on coordination of stabilization during changing environmental dynamics. *Brain research*, DOI: 10.1016/j.brainres.2015.01.021
- Kibele, A., & Behm, D. G. (2009). Seven weeks of instability and traditional resistance training effects on strength, balance and functional performance. *Journal of strength and conditioning research*, 23 (9), 2443-2450.
- Sparkes, R., & Behm, D. G. (2010). Training adaptations associated with an 8-week instability resistance training program with recreationally active individuals. *Journal of strength and conditioning research*, 24 (7), 1931-1941.
- Wübbenhorst, K., & Zschorlich, V. (2011). Effects of muscular activation patterns on the ankle joint stabilization: an investigation under different degrees of freedom. *Journal of electromyography and kinesiology*, 21 (2), 340-347.

# Prozessbegleitende Trainings- und Wettkampfforschung im Trampolinturnen

(AZ 070701/18)

Katja Ferger, Michel Hackbarth & Hermann Müller (Projektleitung)

Justus-Liebig-Universität Gießen, Arbeitsbereich Trainingswissenschaft

## 1 Problemstellung

Mit der Einführung der Flugzeit (Time of Flight – ToF) als einem neuen Wertungskriterium im vergangenen Olympiazzyklus (2013-2017) sowie der Neuregelung der Wertungsvorschriften (Code of Points/COP) für den aktuellen Olympiazzyklus (2017-2020) und der damit verbundenen Einführung der Positionsbestimmung (Horizontal Displacement – HD) (FIG Executive Committee, 2013; FIG Executive Committee, 2016) wurde ein Mess- und Informationssystem zur Flugzeit- und Positionsbestimmung sowohl für Einzel- als auch Synchronwettbewerbe entwickelt (Systemname: Horizontal Displacement, Time of flight, Synchronicity – HDTS) (Mylo et al., 2017). Die in Echtzeit darstellbaren leistungsrelevanten Faktoren wie Flugzeit, Tuchkontaktzeit, Position im Tuch, Synchronität sowie auftretende Kräfte und Verläufe bieten die Möglichkeit, dem Trainierteam und den Aktiven objektive Kriterien zur Leistungsbeurteilung sowie Informationen für eine gezieltere Trainings- und Leistungssteuerung zur Verfügung zu stellen (Lenk et al., 2016; Lenk, Mylo & Ferger, 2016).

Konkretes Ziel des Projektes war es, die Belastungs- und Beanspruchungsparameter, die aus dem Mess- und Informationssystem generiert bzw. von diesen Parametern abgeleitet werden, wissenschaftlich zu validieren. Die Validierung der Messparameter ist zunächst erforderlich, um weiterführend eine Ableitung der vom Verband (DTB Deutscher Turner-Bund e. V.) nachgefragten wissenschaftlich fundierten Athleteninformationen gezielt vornehmen zu können.

Im Zentrum der Analysen stand daher die Validität der zur Messung der unterschiedlichen Leistungskriterien erhobenen Messwerte. Mittels Mess- und Informationssystem wurden folgende Parameter erhoben und die Ergebnisse mit den Ergebnissen zeitgleich eingesetzter Referenzsysteme (High-Speed Video und Capture Motion System) validiert.

- › Flugzeit (Time of Flight für einzelne Elemente  $ToF_{\text{Sprung}}$ , Sprungfolgen  $ToF_{\text{Sprungfolge}}$  und für gesamte Übungen  $ToF_{\text{Gesamt}}$ ),
- › räumliche Abweichungen (Distanz) vom Gerätmittelpunkt für jeden einzelnen Sprung.

In diesem Zusammenhang fanden unterschiedliche Untersuchungen mit Aktiven des DTB statt.

## 2 Methode

Die Überprüfung der Parameter erfolgte in unterschiedlichen Settings. Die durch das HDTS ermittelte Flugzeit ToF wurde zunächst mit der Flugzeit des bis zu diesem Zeitpunkt offiziell zugelassenen und zertifizierten Messsystem TMD (Time Measurement Device, Acrosport, 2010) verglichen. Die Positionsbestimmung des HDTS wurde per Fallkugel-Test auf festgelegte Koordinaten im Tuch überprüft. Im Rahmen der Hauptuntersuchung stand der Vergleich des HDTS mit Referenzsystemen für die Flugzeit (HS-Kamera) und Position (Infrarot-Kameras) im Mittelpunkt.

## 2.1 Überprüfung der zeitlichen Präzision des Messsystems

Zur Validierung der zeitlichen Genauigkeit (ToF) wurden die Ereignisse Landung und Absprung von insgesamt 951 Sprüngen (Athlet 1: N = 463; Athlet 2: N = 488) an zwei Tagen (Tag 1: N = 660; Tag 2: N = 291) auf einem FIG-zugelassenen Trampolin (Ultimate 4 x 4, Eurotramp Trampoline, Weilheim a. d. Teck, Germany) herangezogen. Sie umfassten Sätze von Strecksprüngen und Übungen, wie sie während Wettkämpfen durchgeführt werden. Als Referenzsystem zur Überprüfung der zeitlichen Genauigkeit wurde eine Hochgeschwindigkeitskamera (Digitalkamera Exilim EX-F1, Casio, Tokio, Japan) mit einer Bildrate von 600 fps verwendet. Für jeden Sprung wurden der Moment der Landung und des Absprungs bestimmt und ausgewertet, der den jeweils ersten und letzten Kontakt des Fußes mit dem Tuch zeigt. Zur Synchronisation der Systeme wurde ein LED-Trigger (Abtastrate von 1000 Hz) verwendet, der im Sichtfeld der Kamera positioniert und gleichzeitig mit dem Kraftmesssystem verbunden wurde.

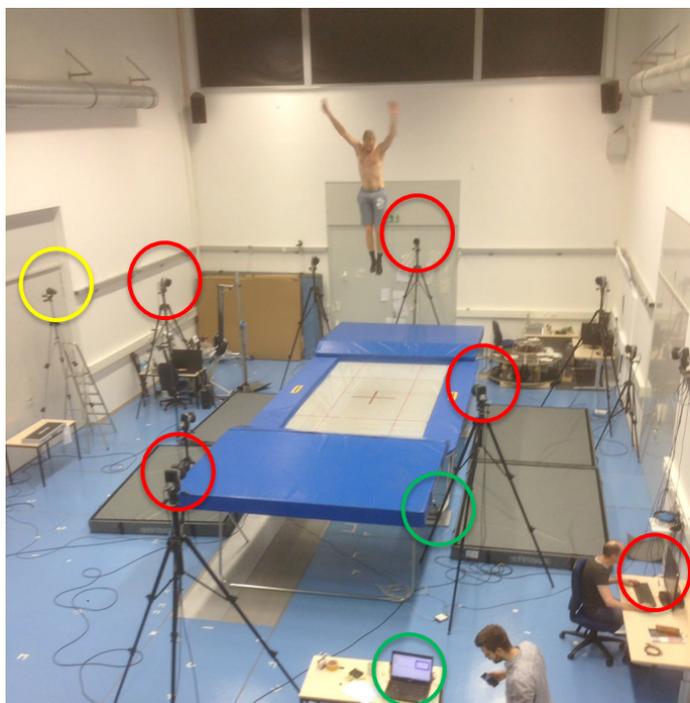
## 2.2 Überprüfung der räumlichen Präzision des Messsystems

Zur Bewertung der räumlichen Genauigkeit (HD) der Landung, wurden 913 Sprünge von zwei Aktiven analysiert. Zur Referenz kamen zehn Oqus 400 Infrarotkameras mit einer Aufnahme Frequenz von 400 Hz zum Einsatz, die mit dem HDTS synchronisiert wurden (siehe Abb. 1). Darüber hinaus wurde eine Stahlkugel mit einer Masse von 60 kg und einem Durchmesser von 40,0 cm mit Hilfe einer elektromagnetischen Fallvorrichtung 56-mal aus einer Höhe von 4 m über dem Tuch auf vorab definierte bzw. festgelegte Positionen auf dem Gerät abgeworfen.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Ergebnisse der zeitlichen Genauigkeit des Messsystems

Der Unterschied für Absprung- und Landezeitpunkt zwischen Referenzsystem (HS-Video) und HDTS zeigt eine durchschnittliche Differenz von 0.34 ms ( $SD = 3$  ms) für die Landung und



- Infrarotaufnahme 400 Hz
- Videoaufnahme 600Hz
- HDTS 1kHz

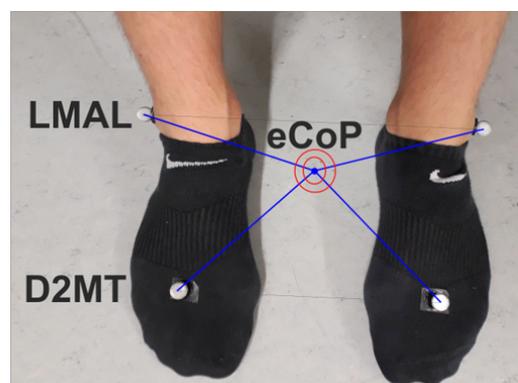


Abb. 1: Versuchsaufbau zur Überprüfung der Parameter ToF und HD

eine durchschnittliche Differenz von 0,01 ms ( $SD = 5,6$  ms) für den Absprung. Die 95 %-Konfidenzintervalle der berechneten Limits of Agreement zwischen HDTS und Kamera-Referenz sind für die Landung -6,3 bis -5,2 ms und 5,9 bis 7,0 ms. Für den Absprung liegen die Konfidenzintervalle bei -12,5 bis -10,3 ms und 10,3 bis 12,4 ms. Mit der Berechnung der Zeiträume zwischen den Ereignissen Absprung und Landung werden die Flugzeit (ToF) für das HDTS und das Referenzsystem angezeigt. Die Unterschiede der Systeme werden durch die zweifache Standardabweichung als Limits of Agreement dargestellt (siehe Abb. 2). Es besteht zwischen den Systemen eine durchschnittliche Differenz in der ToF von 0,15 ms ( $SD = 7$  ms) bei 864 ausgewerteten Sprüngen. Die doppelte Standardabweichung in beide Richtungen beträgt -13,5 ms [ $KI_{95\%}$ : -13,95 bis -13,02] und 13,8 ms [ $KI_{95\%}$ : 13,33 bis 14,24].

### 3.2 Ergebnisse der räumlichen Präzision des Messsystems

Die Abweichungen in Längsrichtung (x) zwischen HDTS und Referenzsystem (Capture Motion System) betragen im Mittel 2,9 cm ( $SD = 2$  cm). In Querrichtung des Tuches (y) liegt die Differenz bei 0,8 cm ( $SD = 0,6$  cm). Der direkte Abstand der Landepunkte beider Systeme beträgt durchschnittlich 3,2 cm ( $SD = 1,9$  cm).

Die Ergebnisse des Fallkugeltests für vordefinierte Positionen bestätigen die Ergebnisse der Hauptuntersuchung. Auch hier liegen die mittleren Abweichungen des Messsystems sowohl in x- als auch in y-Richtung unter 3 cm.

Berücksichtigt man die Vorgaben des internationalen Verbandes (FIG, 2016b), so darf die durchschnittliche Abweichung 10 cm in x-Richtung und 5 cm in y-Richtung nicht überschreiten. Mit

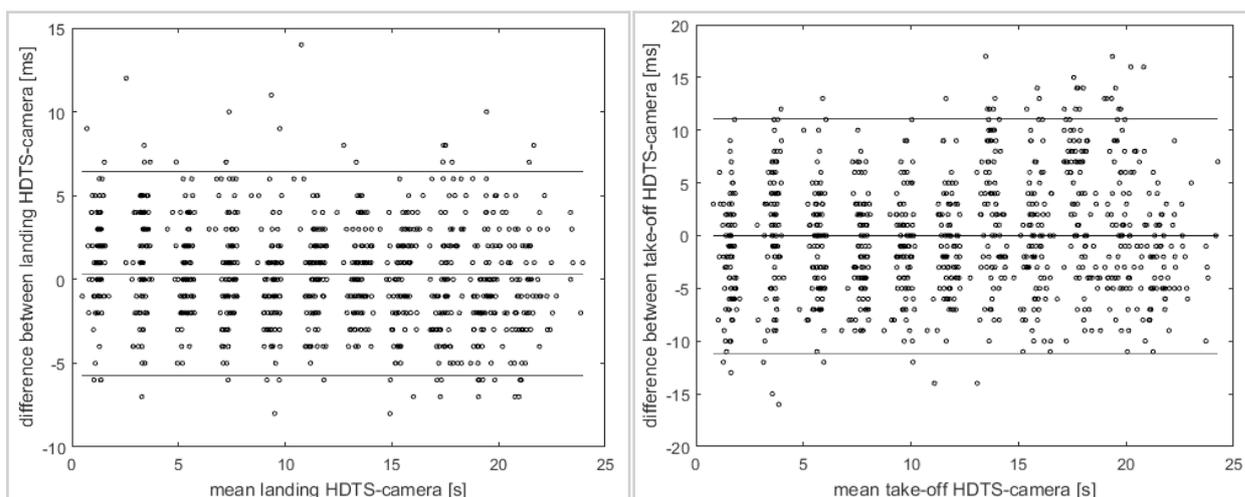


Abb. 2: Bland-Altman-Plots. Darstellung der Unterschiede bei Landung (links) und Absprung (rechts) zwischen HDTS und Referenzsystem.

Die Abweichungen von <0,4 % für die Landung und <0,7 % für den Absprung können bei einer durchschnittlichen Flugzeit von 1668 ms für jeden Sprung vernachlässigt werden. Die größeren Abweichungen beim Start können zum Teil mit Hilfe der Videoaufnahmen erklärt werden, da während des Absprung das Tuch immer noch nachschwingt und der Startzeitpunkt zwischen zwei Videoframes liegt.

einer durchschnittlichen Abweichung von 2,9 cm (x-Richtung) und 0,8 cm (y-Richtung) liegen die gemessenen Ergebnisse deutlich unter diesen Abweichungen.

## 4 Diskussion und Fazit

Die Parameter Flugzeit und Position, die aus dem Mess- und Informationssystem generiert bzw. direkt abgeleitet werden können, wurden im Rahmen der vorgestellten Untersuchungen wissenschaftlich validiert (Ferber et al., 2019). Mit dem HDTS-System können Flugzeit, Tuchzeit und Position der Aktiven sowohl im Training als auch im Wettkampf gemessen werden. Zu diesem Zweck wurden folgende Messgrößen erfasst: die Flugzeit (ToF), der Zeitpunkt von Absprung und Landung sowie die Position auf dem Gerät. In mehreren Untersuchungen mit Kaderathletinnen und Kaderathleten sowie mit einer Stahlkugel (Masse von 60 kg) konnte gezeigt werden, dass diese Parameter mit einer ausreichenden Genauigkeit gemessen werden können. Auf dieser Basis kann weiterführend eine Ableitung der vom Verband nachgefragten wissenschaftlich fundierten Athleteninformationen in Training und Wettkampf gezielt vorgenommen werden.

Das HDTS-System wird derzeit als Diagnosewerkzeug in Training und Wettkampf eingesetzt. Es liefert zuverlässig und valide individuelle Informationen einzelner Leistungsparameter und ermöglicht eine individuelle und differenzierte Dokumentation der Sprungmuster, Flugzeiten und Kraftentwicklungen.

## 5 Literatur

- Acrosport Co. LTD. (2010). *Time Measurement Device (TMD1)*. Datasheet and Instructions. St. Petersburg.
- Ferber, K., Hackbarth, M., Mylo, M., Müller, C. & Zentgraf, K. (2019). Measurement of temporal and spatial accuracy in trampolining. *Sports engineering* (under review).
- FIG Executive Committee (2013). *Code of Points 2013-2016. Trampoline Gymnastics*. Retrieved February 15, 2016, from [http://www.figgymnastics.com/publicdir/rules/files/tra/TRA-CoP2013-2016\(English\).pdf](http://www.figgymnastics.com/publicdir/rules/files/tra/TRA-CoP2013-2016(English).pdf)
- FIG Executive Committee (2016). *Code of Points 2017-2020*. Retrieved July 22, 2016, from [http://www.fig-gymnastics.com/publicdir/rules/files/tra/TRA-CoP\\_2017-2020-e.pdf](http://www.fig-gymnastics.com/publicdir/rules/files/tra/TRA-CoP_2017-2020-e.pdf)
- FIG Executive Committee (2016b). *Apparatus Norms: Part II*. Retrieved July 22, 2016, from [http://www.fig-gymnastics.com/publicdir/rules/files/en\\_Apparatus%20Norms.pdf](http://www.fig-gymnastics.com/publicdir/rules/files/en_Apparatus%20Norms.pdf)
- Lenk, C., Hackbarth, M., Mylo, M., Weigand, J., & Ferber, K. (2016). Evaluation of a Measurement System for determining Flight Times in Trampoline Sports. In J. Wiemeyer & A. Seyfarth (Eds.), *Human Movement and Technology. Book of abstracts - 11th joint dvs Conference on Motor Control & Learning, Biomechanics & Training*, 28-30 September 2016 in Darmstadt.
- Lenk, C., Mylo, M. & Ferber, K. (2016). Evaluation eines Messsystems zur Bestimmung der Flugzeit und der Landepunkte im Trampolinsport. In S. Korban, M. Brams, L. Henning & T. Heinen (Hrsg.), *Vielfalt und Vernetzung im Turnen*. (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 246, S. 27-40). Hamburg: Feldhaus Edition Czwalina.
- Mylo, M., Lenk, C., Hackbarth, M., Weigand, J. & Ferber, K. (2017). Entwicklung eines Mess- und Informationssystems zur simultanen Erfassung, Verarbeitung und Aufbereitung von Wettkampfdaten im Trampolinturnen. In I. Fichtner (Hrsg.), *Technologien im Leistungssport*. (2. Schriftenreihe für angewandte Trainingswissenschaft, 6, S. 74-79). Aachen: Meyer & Meyer Verlag.

# Analyse von Gieren und Stampfen des Rennruderboots und deren Ansteuerung mittels akustischen online-Feedbacks im Wassertraining

(AZ 070803/16-17)

Mattes (Projektleitung), Nina Schaffert, Martin Reischmann & Stefanie Wolff

Universität Hamburg, Arbeitsbereich Bewegungs- und Trainingswissenschaft

## 1 Problem

Stampfen und Gieren werden durch die äußeren Bedingungen (Konstruktion des Bootes, Wind und Wellen) sowie die Rudertechnik beeinflusst (Loschner, Smith & Galloway, 2000; Formaggia, Mola, Parolini & Pischiutta, 2010). Beide Rotationsbewegungen können in Abhängigkeit von verwendetem Ruderboot und Trimmung sowie den gegebenen Umweltbedingungen durch die Kraftabgabe und Körperbewegung des Athleten bzw. der Athletin direkt beeinflusst werden. Obwohl der direkte Einfluss der Rotationsbootbewegung auf die Bootsgeschwindigkeit und damit unmittelbar auf das Leistungsergebnis im Rennrudern allgemein anerkannt ist, existiert bisher keine systematische Beschreibung von Gieren und Stampfen der Rennruderboote und deren Wirkung auf die Bootsgeschwindigkeit. Im Rahmen der aktuellen biomechanischen Leistungsdiagnostik kann eine wissenschaftliche Unterstützung nur sporadisch anhand von theoretischen Überlegungen, Beobachtungen der Bootsbewegung bzw. über Analogieschlüsse auf der Basis anderer Messparameter (Bootsgeschwindigkeit, Ruderkraft-Zeit-Verläufe) gegeben werden. Die Beeinflussung der Rotationsbewegungen wird wesentlich eingeschränkt, weil bisher kein geeignetes Mess- und Ansteuerungssystem für Kaderathletinnen und -athleten des Deutschen Ruderverbandes (DRV) existiert.

Dabei ist nicht klar, welche Merkmale von Gieren und Stampfen leistungsrelevant sind und wie diese Leistungsreserve im Training erschlossen werden kann. Es fehlt ein wissenschaftlich begründetes Konzept zur Erfassung und Ansteuerung der Bootsbewegungen und deren nachhaltige Veränderung im Wassertraining (Mattes, Schaffert, Manzer & Reischmann, 2018).

Im Untersuchungsteil 1 des Forschungsprojekts wurden die Beziehung zwischen Merkmalen der individuellen Rudertechnik und der Bootsbewegungen (Gieren und Stampfen) in Abhängigkeit von Schlagfrequenz (SF) und Stemmbreithöhe untersucht. Teil 2 des Forschungsprojekts beinhaltete die Entwicklung und Erprobung eines akustischen online-Feedbacks zur Ansteuerung der beiden Bootsbewegungen und dessen Wirkungsüberprüfung im Wassertraining in wenigen Trainingseinheiten (TE), um zu klären, in welcher zeitlichen Folge die Sonifikation im Training eingesetzt werden kann.

## 2 Methode

Die Felduntersuchungen erfolgten mit Ruderinnen und Ruderern des DRV und des Hamburger Landesruderverbands in der Unmittelbaren Wettkampfvorbereitung in Berlin sowie während des regulären Wassertrainings in Hamburg (Tab. 1 und 2).

Tab. 1: Untersuchungsstichproben Teil 1

Ruderart	Anzahl Athleten	Alter [J]	Körperhöhe [m]	Körpermasse [kg]
Skull Riemen	6 6	22,5 ± 4,2	183,9 ± 5,5	74,4 ± 8,5

Tab. 2: Untersuchungsstichproben Teil 2

Bootsklasse	Anzahl Athleten	Alter [J]	Körperhöhe [m]	Körpermasse [kg]
1x, 2-	5	21,6 ± 3,4	181,6 ± 8,4	76,4 ± 6,1
2-, 2x, 4x, 8+	17	17,1 ± 0,7	183,5 ± 8,3	77,3 ± 11,7

Die Felduntersuchung (Teil 1) erfolgte in einer TE über drei Teilmessfahrten bei normalen äußeren Bedingungen (max. 2 Beaufort und leichter Wellengang). Die Baseline wurde über 500 m mit der individuellen Bootstrimmung in der SF-Stufe  $20 \pm 0,5$  Schläge/min bestimmt. Dieselbe Strecke wurde in entgegengesetzter Richtung mit unterschiedlicher Windrichtung absolviert. Die zweite Teilmessfahrt wurde mit unterschiedlichen Stemmbretteinstellungen (höher und tiefer als die individuelle Einstellung) in randomisierter Reihenfolge mit dem jeweils identischen Testprogramm über 500 m durchgeführt. Im dritten Teil wurde ein SF-Stufentest (20, 24, 28 und 32 Schl./min) über jeweils 15 Ruderzyklen durchgeführt. Zum Erreichen der jeweiligen SF-Stufe wurden die fünf ersten Ruderzyklen genutzt, erst die darauf folgenden zehn Ruderzyklen gingen in die Datenauswertung ein.

In der Felduntersuchung zur Überprüfung der Ansteuerungseffekte (Teil 2) wurde eine Baseline ohne Sonifikation über 500 m in Gegen- und Schiebewind-Richtung aufgezeichnet. Anschließend hatten die Athleten die Möglichkeit, sich an die Vertonung der jeweiligen Bewegungsrichtung zu gewöhnen. Danach wurde über jeweils 500 m der Gier- und Stampfverlauf akustisch rückgemeldet ( $SF-20 \pm 0,5$  Schläge/min). Für die Wirkungsüberprüfung wurden acht TES über zwei Wochen mit Sonifikation des Gier- (Woche 1) und des Stampfverlaufs (Woche 2) durchgeführt. Die Überprüfung erfolgte im Vergleich von Pre-, Post- und Behaltenstest. Zudem wurde die Wirkung der Sonifikation standardisiert erfragt.

Das mobile Messsystem (MMS 2012) registrierte den Ruderwinkel, die Innenhebelkraft getrennt für Back- und Steuerbord sowie den Rollsitzenweg. Das Mess- und Trainingsgerät Sofrow II zeichnete die Bootsbewegung in Vortriebsrichtung (Geschwindigkeit und -beschleunigung) und die 3D-Rotationsbewegung (Rollen, Gieren und Stampfen) mittels eines inertialen Messsystems auf und sonifizierte die jeweilige Bootsbewegung mittels algorithmischer Transformation. Zur Auswertung wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung und den Faktoren: Schlagfrequenz, Windrichtung und Stemmbreithöhe gerechnet sowie für Teil 2 mit dem Faktor akustisches Feedback. Das partielle Eta-Quadrat mit der Klassifizierung nach Cohen (1988) wurde zur Einschätzung der Effektstärke verwendet.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Untersuchungsteil 1

#### 3.1.1 Reproduzierbarkeit der Gier- und Stampfwinkelamplitude

Mit dem neuen Messsystem Sofrow II können die Gier- und Stampfwinkel sowie die Gier (GA)- und Stampfamplitude (SA) im Einer mit absoluter Reproduzierbarkeit bestimmt werden (Tab.3).

Tab. 3: Reproduzierbarkeit der GA und SA, Intra-Klassen-Korrelationskoeffizient (ICC), 95%-Konfidenzintervall (CI), Standardfehler der Messung (SEM), Wiederholbarkeitskoeffizient (CR),  $N = 12$ .

Kennwert [Einheit]	Test 1	Test 2	ICC	95%-CI	SEM	CR
Gierwinkelamplitude [°]	0,79 ± 0,33	1,16 ± 0,42	0,878	0,51 – 0,97	0,15	0,29
Stampfamplitude [°]	0,93 ± 0,10	0,91 ± 0,10	0,926	0,74 – 0,98	0,028	0,056

### 3.1.2 Gieren

Der Gierwinkel über mehrere Ruderzyklen zeigte keinen sich zyklisch wiederholenden charakteristischen Verlauf. Demnach kann der einzelne Ruderschlag anhand des Gierwinkels nicht oder nur grob identifiziert werden. Die Windrichtung beeinflusste signifikant das Gieren des Bootes und die Symmetrie der rudertechnischen Kennwerte. Von Windrichtung I (seitlicher Schiebewind von Steuerbord) zu Windrichtung II (seitlicher Gegenwind von Backbord) erhöhte sich die GA um 0,48°. Mit Erhöhung der SF reduzierte sich die GA. Die SF veränderte zwar die rudertechnischen Kennwerte (Schlagweite, Innenhebelkraft und -geschwindigkeit) von Back- und Steuerbord, ohne aber die Asymmetrie signifikant zu beeinflussen.

### 3.1.3 Stampfen

Das Profil des Stampfwinkels zeigte einen zyklischen Verlauf, bei dem sich die Kurvencharakteristika über die Schlagfolge reproduzierten. Folglich kann der einzelne Ruderschlag anhand des Stampfwinkel-Zeitverlaufs gut identifiziert werden. Mit Vergrößerung der Stemmbretthöhe reduzierte sich die SA. Zudem beeinflusste die Stemmbretthöhe die Rudertechnik. Mit Zunahme der Stemmbretthöhe verringerten sich die Schlagweite, der Rollsitze, die Durchzugszeit, der Rücklagewinkel, die Innenhebel-

kraft und -geschwindigkeit im Mittelzug sowie die Innenhebelkraft im Endzug. Die Verringerung des Vorlagewinkels war dagegen knapp nicht signifikant. Die SF beeinflusste die SA (höchster Wert bei SF 20, abnehmender Wert bei SF 24 und SF 28, Wiederanstieg bei SF 32).

## 3.2 Untersuchungsteil 2

### 3.2.1 Ergebnisse zur Ansteuerung der Gier- und Stampfbewegung des Bootes

Der Einsatz von akustischem Feedback der Gier (aFGie) und Stampfbewegung (aFSta) zeigte bei Schiebewind jeweils einen signifikanten Haupteffekt mit hoher Effektstärke. Dabei lagen die Amplituden in allen Abschnitten mit Sonifikation bei beiden Bewegungsrichtungen über den Amplituden der Baseline (Tab. 4). Aufgrund der hohen Streuung konnte kein signifikanter Kontrast zwischen den einzelnen Abschnitten bei aFGie gefunden werden. Dagegen unterschieden sich die Abschnitte bei aFSta signifikant zur Baseline.

Bei Gegenwind wurde kein statistischer Haupteffekt gefunden. Die Unterschiede zwischen den Abschnitten bei aFGie waren im Vergleich zur Baseline mit jeweils 0,02° geringer, lagen aber dennoch über den Amplituden der Baseline. Bei aFSta waren die SA identisch zu den Amplituden der Baseline (0,70°) (Tab. 5).

Tab. 4: Vergleich von Mittelwert und Standardabweichung der SF, Bootsgeschwindigkeit und -weg, sowie der SA und GA für die drei Messzeitpunkte bei Schiebewind;  $N=5$

Etappe	$S_F$ [Schl./min]	$v_B$ [m/s]	$s_B$ [m]	SA [°]	GA [°]
Baseline	20,3 ± 0,4	4,18 ± 0,21	12,34 ± 0,78	0,68 ± 0,05	0,63 ± 0,35
aFGie	20,3 ± 0,4	4,22 ± 0,22	12,48 ± 0,88	0,69 ± 0,05	0,65 ± 0,25
aFSta	20,4 ± 0,3	4,24 ± 0,21	12,33 ± 0,63	0,69 ± 0,04	0,69 ± 0,20

Tab. 5: Vergleich von Mittelwert und Standardabweichung der SF, Bootsgeschwindigkeit und -weg, sowie der SA und GA für die drei Messzeitpunkte bei Gegenwind; N = 5

Etappe	S <sub>F</sub> [Schl./min]	v <sub>B</sub> [m/s]	s <sub>B</sub> [m]	SA [°]	GA [°]
Baseline	20,4 ± 0,5	4,04 ± 0,28	12,17 ± 1,01	0,70 ± 0,03	0,63 ± 0,23
aFGie	20,4 ± 0,4	4,15 ± 0,29	12,40 ± 1,12	0,69 ± 0,03	0,58 ± 0,16
aFSta	20,5 ± 0,3	4,18 ± 0,27	12,38 ± 1,01	0,70 ± 0,03	0,61 ± 0,27

### 3.2.2 Ergebnisse zur Wirkungsüberprüfung

Insgesamt zeigen die Ergebnisse individuelle Unterschiede zwischen den drei Booten. Daher erfolgt die Darstellung der Effektüberprüfung exemplarisch anhand eines Riemenzweiers.

In beiden TEs mit akustischem Feedback der Gierbewegung (TE 2 und 4) zeigten die ersten beiden Abschnitte (aFGie und nAF) höhere GW-Amplituden, in den folgenden beiden Abschnitten (aFGie und nAF) dagegen geringere GW-Amplituden als die Baseline. Die Ausprägung war dabei in der zweiten TE mit Sonifikation (TE 4) größer als in der ersten TE (Abb. 1 links). Ein eindeutigeres Bild zeigte sich in den beiden TEs mit aFSta (TE 6 und 8). Hier waren die SA in den Abschnitten mit Sonifikation gleich und kleiner als die Amplituden der Baseline. Im ersten Abschnitt ohne (nAF) zeigten die SA dagegen höhere, im zweiten und letzten Abschnitt ohne dagegen geringere Werte als die Baseline. Der jeweils letzte Abschnitt ohne war gleichzeitig auch der mit der insgesamt geringsten SA (Abb. 1 rechts).

Die Ergebnisse zur Überprüfung der Effekte im Vergleich Pre-, Post- und Behaltenstest zeigten einen signifikanten Haupteffekt jeweils für GA und SA. Im Einzelnen lagen die GA beim Post- und Behaltenstest mit -0,24° und -0,15° unter denen des Pretestes. Dagegen lagen die SA im Post- und Behaltenstest mit 0,05° und 0,01° geringfügig über den Amplituden des Pretestes.

### 3.2.3 Ergebnisse zur Befragung

Die Ergebnisse der Athletenbefragung zeigen, dass die veränderte Bootsbeugung im Klang erkennbar und dadurch von den Athletinnen und Athleten detaillierter wahrgenommen wird. Die facettenreichen Aussagen der Athletinnen und Athleten weisen dabei auf vielfältige Ansteuerungsmöglichkeiten hin. Zudem steigert die Sonifikation die Aufmerksamkeit der Athletinnen und Athleten („Der Ton verleitet einen zur Konzentration“) und ermöglicht die Konzentration auf die Ausführung der Rudertechnik („Feingefühl beim Vorführen und wenn Wind ins Boot kommt“), die dadurch bewusst wird und so zur Verbesserung der Bewegungs-

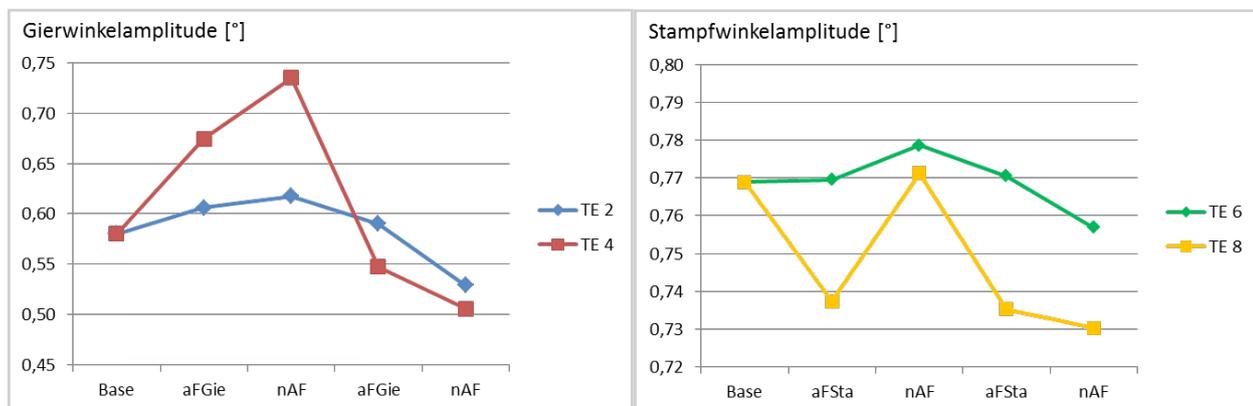


Abb. 1: Verlauf der GA (links) und SA (rechts) zu den fünf Messzeitpunkten in TE 2 und 4 (1. Woche) mit aFGie und in TE 6 und 8 (2. Woche) mit aFSta am Beispiel des Riemenzweiers.

vorstellung beiträgt. Auch lieferte die Athletenbefragung Hinweise für eine zukünftige Klanggestaltung.

## 4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Das neue Messsystem Sofirow II ist geeignet, Gruppen- sowie inter- und intraindividuelle Unterschiede der Gierbewegung des Bootes unter verschiedenen Bedingungen (Windrichtung und Windstärke, Streckendistanzen und Schlagfrequenzen) sowie der Stampfbewegung (Stembretthöhe und Schlagfrequenzen) abzubilden. Zudem können die Bootsbewegungsrichtungen akustisch differenziert dargestellt werden.

Für die Leistungsdiagnostik eignen sich das Gierprofil über mehrere Ruderzyklen, um die Dimension der Gierens und Art der Kurskorrekturen zu erheben. Da sich der intrazyklische Verlauf des Stampfwinkels im Einer typisch reproduziert, sind mittlere Kurven über definierte Etappen geeignet, um die Charakteristik der Stampfbewegung des jeweiligen Bootes bzw. der Crew beschreiben und bewerten zu können.

Die GA und SA sind aktuell die wichtigsten Kennwerte zur Quantifizierung. Bei der Interpretation der GA ist deren Abhängigkeit von der SF und den Wetter- und Windbedingungen zu berücksichtigen; bei der SA deren Abhängigkeit von der SF, Bootsklasse, Stembretthöhe und Körpermasse.

Mit Erhöhung der Schlagfrequenz von SF 20, SF 24, SF 28 auf SF 32 reduziert sich die GA im Einer. Mit höherer Bootsgeschwindigkeit wird die Kursstabilität des Bootes gesteigert. Die Kontrolle des Gierens im steuerruderlosen Skullboot sowohl bei Windstille als auch bei seitlichem Gegen- oder Schiebewind stellt eine rudertechnische Anforderung dar, deren Bewältigung das Leistungsergebnis erheblich beeinflussen kann.

Die SA kann als ein Optimierungskriterium für die Einstellung der Stembretthöhe verwendet werden. Für den einzelnen Athleten bzw. die einzelne Athletin muss eine optimale Stembretthöhe gefunden werden, um einerseits die Innenhebelleistung zu maximieren und andererseits die Stampfbewegung zu minimieren. Da

die Stampfbewegung den Wasserwiderstand erhöht, ist eine Minimierung der Stampfbewegung im Training und Wettkampf anzustreben, um die mittlere Bootsgeschwindigkeit als Zielgröße der Ruderbewegung zu maximieren. Dabei bieten sich in allen Geschwindigkeitsbereichen eine Reduzierung der Schlagfrequenz und/oder der horizontalen und vertikalen Massenverschiebung an, da diese sich unmittelbar auf die Stampfbewegung auswirken.

Die Sonifikation der Rotationsbewegungen stellt eine neue und neben der Sonifikation der Bootsbeschleunigung vergleichsweise noch ungewohnte Form des akustischen Feedbacks dar. Mit Zuschalten der akustischen Rückmeldung, gleich welcher Bewegungsrichtung des Bootes, finden sich Effekte auf die Rotationsbewegungen des Bootes Gieren und Stampfen. Damit konnte eine Wirkung der Sonifikation auf die Bootsbewegung gezeigt und die Annahme bestätigt werden, dass sich innerhalb kurzer Zeit (wenige Anzahl an TEs) durch den Einsatz der Sonifikation im Training von Athletinnen und Athleten des DRV in allen Kaderbereichen Ansteuerungseffekte auf die Bootsbewegung finden.

Dennoch zeigen die Ergebnisse ein uneinheitliches Bild. Trotz der umfangreich durchgeführten Messungen konnte die Frage nach der Wirkung der Sonifikation auf Gieren und Stampfen im Einzelnen (welches Bewegungsdetail in welcher Rotationsbewegung wie am besten angesteuert wird) nicht abschließend und einheitlich geklärt werden. Die Rotationsbewegungen des Bootes scheinen für die die Athletinnen und Athleten komplexer und schwerer verständlich zu sein als die Beschleunigung, die sich über den dosiert ausgeführten Freilauf gezielt ansteuern lässt (Mattes & Schaffert, 2014; 2015).

Die Ergebnisse der Athletenbefragung unterstreichen, dass die Veränderung in der Boots-bewegung von den Athletinnen und Athleten wahrgenommen und dadurch eine gezielte Ansteuerung der jeweiligen Boots-bewegungsrichtung ermöglicht wird. Die Möglichkeiten zur Ansteuerung der beiden neuen Bewegungsrichtungen des Bootes sind hier noch nicht ausgeschöpft. Für den zukünftigen Einsatz in der Praxis sollten neben der Sonifikation der Bootsbeschleunigung auch die Rotationsbewegungen

des Bootes regelmäßig im Training eingesetzt werden, um die Athletinnen und Athleten an die neuen akustisch rückgemeldeten Parameter zu gewöhnen. Zudem sollte der Einsatz dosiert erfolgen und jeweils nur eine Bewegungsrichtung für eine bestimmte Zeit (über 2 oder 3 Wochen) rückgemeldet werden.

## 5 Literatur

- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for behavior sciences*. 2. Edition. Lawrence Erlbaum Assoc. Inc..
- Formaggia, L., Mola, A., Parolini, N., & Pischiutta, M. (2010). A three-dimensional model for the dynamics and hydrodynamics of rowing boats. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 224 (1), S. 51-61.
- Loschner, C., Smith, R., & Galloway, M. (2000). Intra-stroke boat orientation during single sculling. In *ISBS-Conference Proceedings Archive* (Vol. 1, No. 1).
- Mattes, K. & Schaffert, N. (2014). Wirkungen akustischen online-Feedbacks zum Bootsbeschleunigungs-Zeit-Verlauf im Mannschaftsboot auf die individuelle Rudertechnik der Crewmitglieder. Abschlussbericht zum BISp-Projekt IIA1-070801/13.
- Mattes, K. & Schaffert, N. (2015). Wirkung der Sonifikation auf die Bootsgeschwindigkeit und Mannschaftssynchronisation im Rennrudern. *Leistungssport*, 45 (3), 46-51.
- Mattes, K., Schaffert, N., Manzer, S. & Reischmann, M. (2018). Analyse von Gieren und Stampfen des Rennruderboots und deren Ansteuerung mittels akustischen online-Feedbacks im Wassertraining“ Teilbericht I: Analyse von Gieren und Stampfen und deren Einflussgrößen im Renneiner. Abschlussbericht zum BISp-Projekt ZMVI4-07080316-17.

# Entwicklung und Etablierung von Ganzkörper-Elektromyostimulationsinterventionen für Bundeskaderathletinnen zur Steigerung muskulärer Leistung in leichtathletischen Wurfdisziplinen (Speer, Diskus, Hammer) zur Vorbereitung auf internationale Wettkämpfe

(AZ 071609/17-18)

*Florian Micke, Nicolas Wirtz, Ulrike Dörmann & Heinz Kleinöder (Projektleitung)*

Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik

## 1 Einleitung

Die Zielstellung des Transfer-Forschungsprojekts war die wissenschaftlich begleitete Einführung der alternativen und intensiven Trainingsmethodik Ganzkörper-Elektromyostimulation (GK-EMS) in das Hochleistungstraining von NK1- bis OK-Athletinnen des DLV innerhalb der leichtathletischen Wurfdisziplinen. Neben der akuten Leistungssteigerung der Athletinnen durch eine Intervention sollte GK-EMS mit längerfristiger Perspektive für Weltklasse-Athletinnen als saisonbegleitende Maßnahme etabliert, und es sollten dafür notwendige GK-EMS Anwendungsempfehlungen mit Übungskatalog abgeleitet werden. Zur Sicherung der Anschlussfähigkeit von Bundeskaderathleten an die Weltspitze ist eine solche wissenschaftlich begründete Implementierung innovativer und intensiver Trainingsmethoden wichtig.

Auf Grundlage des aktuellen Forschungsstands und unter Beachtung gegebener Anforderungen in der Weltspitze leichtathletischer Wurfdisziplinen wurde GK-EMS während sportartspezifischer Bewegungen und Kraftübungen zusätzlich appliziert. Zum einen sollten koordinativ anspruchsvolle Phasen innerhalb der Wurftechniken stabilisiert sowie deren Wiederholbarkeit erhöht werden. Zum anderen sollte die Kraft- und Leistungsfähigkeit der Athletinnen gesteigert werden.

## 2 Methodik

Die Entwicklung und Etablierung von GK-EMS Interventionsprogrammen für das Hochleistungstraining erforderte eine enge Kooperation zwischen den verantwortlichen DLV-Disziplintrainern und der wissenschaftlichen Arbeitsgruppe der Deutschen Sporthochschule Köln. Drei Kaderathletinnen des TSV Bayer Leverkusen aus den leichtathletischen Disziplinen Speerwurf (N = 2) und Diskuswurf (N = 1) nahmen an der Interventionsphase des Transferprojektes teil. Die Einführung der intensiven Trainingsmethode GK-EMS wurde aufgrund der sportartspezifischen Periodisierung im November vorgenommen. Eine 6-monatige Interventionsphase wurde anschließend in der Vorbereitungsperiode zwischen November und April durchgeführt. Dies erfolgte in Blockperiodisierung von GK-EMS mit den Schwerpunkten November/Dezember und März/April mit einer Einheit pro Woche.

Um der komplexen Periodisierung und Belastungssteuerung im Hochleistungssport gerecht zu werden, wurde GK-EMS unter Berücksichtigung der jeweiligen Trainingspläne der Athletinnen individuell angesetzt. Dennoch konnten die grundlegenden EMS-spezifischen Einstellungen am Stimulationsgerät bei allen Athletinnen gleich gewählt werden (Intensität: submaximal 70 %; Impulsart: bipolar; Impulsfrequenz:

85 Hz; Impulsbreite: 400  $\mu$ s; Impulsanstieg: rechteckförmig; Impulszeit/-pause: übungsspezifisch). Die submaximale Intensität der EMS ermöglichte die Ausführung von dynamischen, sportartspezifischen Übungen bei simultaner GK-EMS. Die ausgewählten Trainingsübungen wurden von den beiden DLV-Disziplintrainern individuell nach Sportart und Athletin angepasst.

Begleitet wurde die Trainingsintervention von einer sportartspezifischen Wurfdiagnostik am Leichtathletikstützpunkt in Leverkusen, die jeweils vor (PRE) und nach der Intervention (POST) zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit durchgeführt wurde. Die speerwurfspezifische Diagnostik erfolgte am Kraft-Trainings-Gerät (KTG). Dabei wurden die Athletinnen auf einem Sitz an den Füßen und der Hüfte fixiert. Die Bewegungsaufgabe der Athletinnen bestand in der einarmigen Beschleunigung eines Schlittens durch eine sportartspezifische Wurfabfolge. Die Abwurfgeschwindigkeit [m/s] des Schlittens wurde mittels Radarsensor (ballspeedometer, SwissSensor, Schweiz) erfasst. Die Diagnostik der Abwurfgeschwindigkeit erfolgte mit unterschiedlichen Zusatzlasten (ZL) (ohne ZL, +1,2 kg, +2,4 kg und +4,0 kg) (Abb. 1).

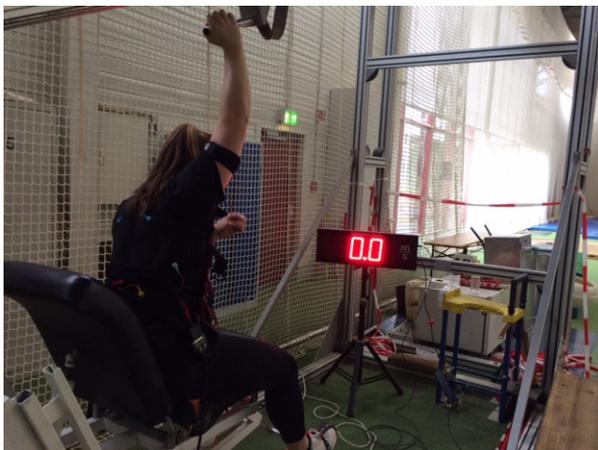


Abb. 1: Durchführung der speerwurfspezifischen Wurfdiagnostik am Kraft-Trainings-Gerät

Die diskuswurfspezifische Diagnostik erfolgte mit Hilfe von einarmigen Kugeldrehwürfen. Die Kugeldrehwürfe erfolgten aus einer einfachen diskuspezifischen Drehung. Die Abwurfgeschwindigkeit [m/s] der Kugel wurde ebenfalls mittels Radarsensor (ballspeedometer, Swiss-Sensor, Schweiz) erfasst. Die Würfe erfolgten mit

unterschiedlich schweren Kugeln (1,0 kg und 1,5 kg) (Abb. 2).



Abb. 2: Durchführung der diskuspezifischen Wurfdiagnostik im Kugeldrehwurf

### 3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der wurfspezifischen Diagnostiken werden auf den Seiten 2 und 3 individuell für jede Athletin aufgeführt.

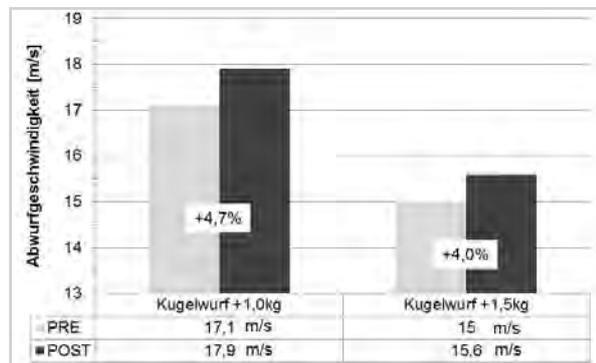


Abb 3: Ergebnisse der wurfspezifischen Diagnostik von Athletin 1 (Diskus; C-Kader (Stand 2017)).

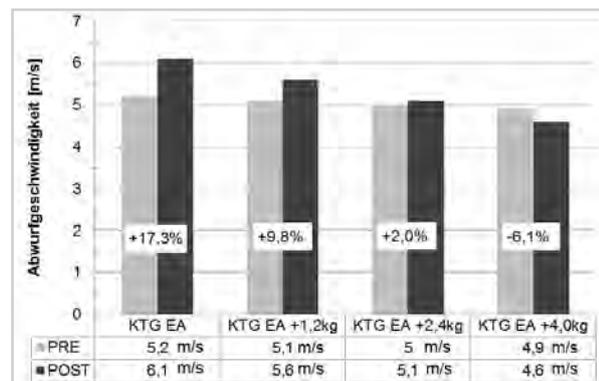


Abb 4: Ergebnisse der wurfspezifischen Diagnostik von Athletin 2 (Speer; EK (Stand 2018))

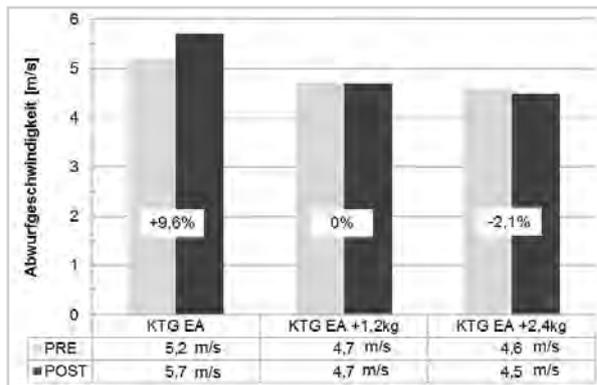


Abb 5: Ergebnisse der wurfspezifischen Diagnostik von Athletin 3 (Speer; OK (Stand 2018))

## 4 Diskussion

Die Durchführung des dynamischen GK-EMS-Trainings fand in der Vorbereitungsperiode der Kaderathletinnen auf die anstehende Sommersaison statt. Regelmäßig wurden einzelne GK-EMS Trainingseinheiten in den Trainingsplan der Athletinnen integriert. Dabei mussten die intensiven Einheiten individuell an die verschiedenen Athletinnen angepasst werden. Mit der komplexen und individuellen Belastungssteuerung steht damit im Hochleistungssport die individuelle Leistungsentwicklung der einzelnen Athletinnen bei der Betrachtung der Ergebnisse im Vordergrund.

Alle drei Athletinnen konnten ihre sportartspezifische Abwurfgeschwindigkeit über den Interventionszeitraum steigern. Insbesondere die hochrangigen Kaderathletinnen aus dem Speerwurf konnten beachtliche Verbesserungen der Abwurfgeschwindigkeit von +17,3 % EK Athletin und 9,6 % OK Athletin erzielen. Dies weist auf ein hohes Verbesserungspotential durch die Integration von GK-EMS, selbst bei hochtrainierten Athletinnen, hin. Insbesondere bei den Diagnostiken ohne Zusatzlast bzw. mit geringeren Zusatzlasten (ohne ZL bis 1,5 kg) konnten die größten Leistungsverbesserungen erzielt werden. Die speerwurfspezifischen Diagnostiken mit den schwereren Zusatzlasten (+2,4 kg und +4,0 kg) führten hingegen nicht zu Verbesserungen. Diese Ergebnisse können mit der sportartspezifischen Ausrichtung des Trainings sowie der Trainingspezifität von GK-EMS begründet werden. Die GK-EMS Trainingseinheiten wurden nur mit geringer Zusatzlast durchgeführt

und waren nicht auf das Bewegen hoher Lasten ausgelegt. In dieser Belastungssteuerung zeigten auch andere GK-EMS Studien Verbesserungen der Peak-Power über die Geschwindigkeitskomponente. Die erzielten Leistungsverbesserungen können nicht ausschließlich auf die Trainingsmethode GK-EMS zurückgeführt werden, da innerhalb der Trainingsgruppe keine leistungsentsprechende Kontrollgruppe gestellt werden konnte. Dieser Nachweis war Gegenstand früherer Projekte (2010; 2013, 2014-2016). Der integrative und offene Umgang in Zusammenschluss zwischen Trainingspraxis und Wissenschaft im Hochleistungssport bestätigt die positiven Ergebnisse und liefert wichtige sicherheitsrelevante Erkenntnisse und sportartspezifische Empfehlungen. Trotz der intensiven Trainingsmethode GK-EMS verlief die Saisonvorbereitung ohne negative Beeinträchtigungen mit der deutlichen Steigerung eines leistungsrelevanten Faktors der Abwurfgeschwindigkeit.

Die Applikation von submaximaler GK-EMS kann als Anwendungsempfehlung für den Leistungssport gegeben werden. Im Gegensatz zu maximalen Stimulationsintensitäten ermöglichte die submaximal gewählte Intensität die Ausführung von dynamischen und sportartspezifischen Übungen. Neben dieser sportartspezifischen Trainingsausrichtung, lag ein weiterer Vorteil der submaximalen Stimulation in der Vermeidung von längerfristigen Regenerationszeiten bzw. Ausfallzeiten aufgrund starker muskulärer Beanspruchung. Somit war das konventionelle Trainingsprogramm der Athletinnen nicht beeinträchtigt. Dennoch wurde der Arbeitsgruppe aufgrund der hohen Gesamtintensität von GK-EMS, trotz submaximaler Stimulation, die Schwierigkeit der Integration von GK-EMS in Wettkampfphasen aus Trainer-/Athletinnensicht rückgemeldet. An dieser Stelle besteht weiterer Forschungsbedarf.

Zahlreiche Übungen wurden im Projekt gemeinsam erarbeitet und trainingspraktisch erprobt. Der daraus abgeleitete Übungskatalog wurde als Ergebnissicherung des Projektes allen Projektpartnern zur Verfügung gestellt. Er umfasst ein breites Spektrum grundlegender Übungen zur Kräftigung der wurfspezifischen Muskulatur sowie sportartspezifischer Übungen zur Verbesserung der Bewegungstechnik und

Wurfleistung. Die grundlegenden Übungen sind für die Integration in nahezu allen wurfaffinen Sportarten geeignet. Die sportartspezifischen Übungen sind speziell auf die leichtathletischen Disziplinen Speerwurf und Diskuswurf ausgerichtet.

Insbesondere die dynamische Ausführungsform sportartspezifischer Trainingsübungen mit simultaner elektrischer Stimulation wurde der Arbeitsgruppe in diesem Transferprojekt positiv rückgemeldet. Ausblickend regten die Trainer und Athletinnen für die Weiterentwicklung des diskuspezifischen Übungskatalogs die Verwendung eines kabellosen Stimulationsgeräts an, um der drehbetonten Sportart noch mehr Anwendungsmöglichkeiten als bisher zu bieten.

# Spielanalyse Para-Tischtennis 2018

(AZ 071618/17-18)

Daniel Link<sup>1</sup> (Projektleitung), Michael Fuchs<sup>1</sup> & Volker Ziegler<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität München, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaften,  
Lehrstuhl für Trainingswissenschaft und Sportinformatik,

<sup>2</sup>Bundestrainer Tischtennis, Deutscher Behindertensportverband e. V.

## 1 Einleitung

In den letzten Jahren lässt sich eine zunehmende Professionalisierung von paralympischen Sportarten beobachten. Dieses trifft auch auf das Para-Tischtennis zu. Der wesentliche Unterschied zum olympischen Tischtennis besteht darin, dass taktisches Verhalten noch viel stärker von den körperlichen Fähigkeiten der beteiligten Athleten bestimmt wird. Dieses liegt daran, dass der individuelle Grad der Behinderung mit sehr spezifischen Bewegungseinschränkungen verbunden ist (bspw. geringe Reichweite auf der Vorhand). Es lässt sich davon ausgehen, dass nicht nur in den 11 Behinderungsklassen verschiedene taktische Optionen unterschiedlich erfolgversprechend sind, sondern auch innerhalb einer Klasse große Unterschiede bestehen (Fuchs et al., 2018). Im Wettkampf müssen daher die eigenen physisch-anthropometrischen Schwächen möglichst vermieden und die gegnerischen Defizite taktisch klug ausgespielt werden.

Ziel dieses Projektes war, die Konkurrenzfähigkeit des Deutschen Nationalteams mit der Entwicklung und Etablierung einer modernen Spielbeobachtung im Para-Tischtennis zu verbessern. Dies beinhaltete eine Portierung der bestehenden Spielbeobachtungssoftware ([TUM.TT Viewer](#)) auf die Android-Plattform, sowie die Betreuung der deutschen Nationalmannschaft bei Wettkämpfen, speziell in Vorbereitung auf die WM 2018.

## 2 Technologie- und Methodenentwicklung

An der Technischen Universität München wurden in vorausgegangenen BISp-Projekten spezialisierte Spielanalysetools für Para-Tischtennis entwickelt (Link, Fuchs & Ziegler, 2018). Der [TUM.TT Scouter](#) erlaubt eine effiziente, manuelle Datenerfassung unter Berücksichtigung des Spielrhythmus, während der [TUM.TT Viewer](#) eine spezifische Datenanalyse ermöglicht. Im Rahmen dieses Projektes wurde der [TUM.TT Viewer](#) um einen Android-Variante ergänzt, die eine Nutzung von mobilen Endgeräten erlaubt. Hierdurch können Trainer und Athleten bei einem sehr engen Zeitplan und vorhandenen Überschneidungen vorgefertigte Analysen der folgenden Gegner leichter nutzen. Die Android-Variante bietet ebenso wie die PC-Variante Videosteuererelemente, verschiedene Filtermöglichkeiten, Playlists und diverse Reports (Abb. 1).

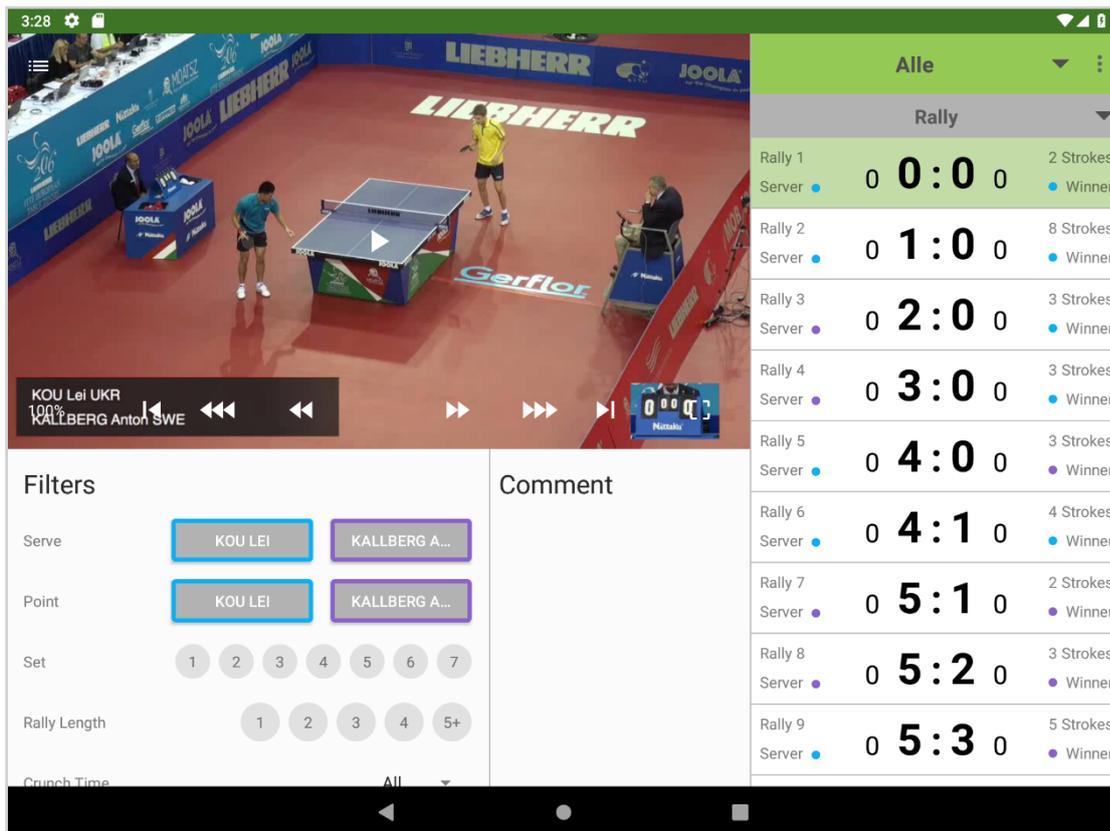


Abb. 1: Screenshot [TUM.TT](#) Android Version. Filteroptionen (links), Kommentaroption (Mitte) und Playlist/Hitlist (rechts)

Mit Hilfe der entwickelten Werkzeuge wurden in 2018 zahlreiche Spielanalysen angefertigt und für die unmittelbare Wettkampfvorbereitung der deutschen Nationalmannschaften verwendet (Fuchs, Faber & Lames, 2019). Im Wesentlichen wird das Spiel hierbei in einzelne Ballwechsel unterteilt, die nachfolgend mit Attributen versehen werden (z. B. Spielstand, Aufschläger, Ballwechselsieger, Ballwechsellaenge, Schlagtechnik, Platzierung, Qualität, Balltreffpunkt/Position, Aggressivität, Spin). Auf Basis dieser Daten kann im [TUM.TT](#) Viewer eine quantitative Voranalyse durchgeführt werden, die z. B. die Gewinnwahrscheinlichkeiten bei eigenem Aufschlag bzw. Rückschlag des Gegners/eigenen Spielers, Gewinnwahrscheinlichkeiten bei kurzen und langen Ballwechseln und Kombinationen aus einer bestimmten Ballwechsellaenge und den Aufschläger- bzw. Ballwechselsieger-Informationen enthält. Solche quantitativen Auswertungen werden durch qualitative Analysen ergänzt. Leitfragen sind beispielsweise: Welche Aufschlagplatzierungen bzw. -techniken sind beim Gegner/eigenen Spieler besonders erfolg-

reich, welche Schlagplatzierungen/-techniken sind innerhalb eines Ballwechsels erfolgreich bzw. gar nicht erfolgreich? Im Vorlauf auf wichtige Wettkämpfe bzw. Wettkampfhöhepunkte werden auf diese Weise Profile von möglichen Gegnern erstellt.

### 3 Exemplarische Einzelfallanalyse

Die Erstellung eines Gegnerprofils soll beispielhaft am Chinesen Panfeng Feng, dem aktuellen Paralympicsieger der Wettkampfklasse 3 gegen den deutschen Nationalspieler Thomas Schmidberger im Vorfeld der WM 2018 gezeigt werden. Wenn man bei Feng überhaupt von einer Schwäche sprechen kann, dann ist es der Vorhand-Ellbogen Bereich, in dem er mit seiner Vorhand passiv reagieren muss und mit seiner Rückhand keinen großen Druck hinter seine Schupfbälle bekommt. So war auch der generelle Matchplan von Schmidberger, dass er die Platzierung, vor allem im passiven Spiel, viel über den Vorhand-Ellbogen-Bereich wählt.

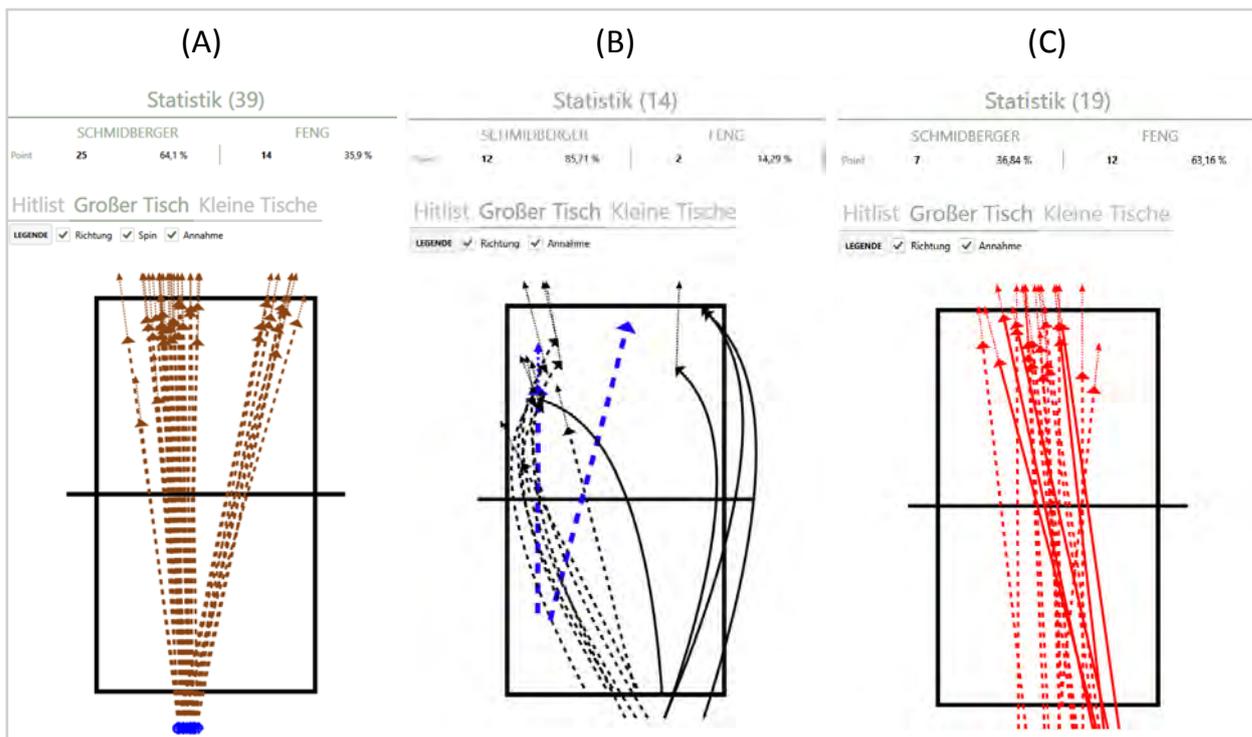


Abb. 2: Screenshots [TUM.TT Viewer](#). Dargestellt sind die Aufschlagrichtungen (A), Platzierung des 3. Schlages als aktiver Ball (Topspin, Schuss, Spezialball) (B) sowie die Platzierung des 3. Schlages als passiver Ball (Schupf) (C) von Thomas Schmidberger (GER) gegen Panfeng Feng (CHN).

Abb. 2A zeigt die Visualisierung der Aufschlagrichtungen von Schmidberger auf. Erkennbar sind gemäß Matchplan vorrangig Platzierungen auf Mitte-Vorhand und die tiefe Rückhand. Da die Gewinnwahrscheinlichkeit bei eigenem Aufschlag mit 64 % vergleichsweise hoch war, kann diese Strategie als erfolgversprechend angesehen werden. Zudem zeigte die Auswertung des Rückschlages von Feng, dass Feng größtenteils mit seiner Rückhand nur passiv spielen konnte, bzw. die Versuche, aktiv mit der Rückhand aus dem Mitte-Vorhand-Bereich zu agieren, nur eine Gewinnwahrscheinlichkeit von 28 % hatten. Weitere Erkenntnisse hat die Analyse des 3. Schlages von Schmidberger ergeben. Hier wird deutlich, dass nach dem eigenen Aufschlag das aktive Spiel mit 85 % Gewinnwahrscheinlichkeit (2B) deutlich erfolgreicher war als das passive Spiel mit Schupf über den Vorhand-Mitte-Bereich mit 36 % Gewinnwahrscheinlichkeit (2C). Möglicherweise lassen sich diese Erkenntnisse für zukünftige Wettkämpfe nutzen.

## 4 Fazit

Der [TUM.TT Scouter](#) und der [TUM.TT Viewer](#) sind zwei Analysetools für den Einsatz im Tischtennis und Para-Tischtennis, die jetzt auch in einer Version für mobile Endgeräte vorliegen. Mit diesen werden die deutschen Nationalteams zukünftig auf internationalen Wettkämpfen unterstützt. Wir gehen davon aus, dass insbesondere durch die Optimierung auf das spezifische Erkenntnisinteresse im Para-Tischtennis derzeit ein Wettbewerbsvorteil Bereich Spielbeobachtung besteht, der aber vermutlich von konkurrierenden Nationen (insbesondere China, Japan, Korea) mittelfristig aufgeholt werden wird.

## 5 Literatur

- Fuchs, M., Liu, R., Malagoli Lanzoni, I., Muniv-rana, G., Straub, G., Tamaki, S., Yoshida, K., Zhang, H. & Lames, M. (2018). Table Tennis Match Analysis: A review. *Journal of sports sciences: special issue table tennis*. doi: 10.1080/02640414.2018.1450073
- Fuchs, M. Faber, I. & Lames, M. (2019). Game characteristics in elite para table tennis. *German journal of exercise and sport research*, pp. 1-8, online first, doi: 10.1007/s12662-019-00575-4.
- Link, D., Fuchs, M., & Ziegler, V. (2018). Spielanalyse Paratistennnis. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISP-Jahrbuch Forschungsförderung 2017/18* (S. 95-97).

# Entwicklung und Etablierung von Ganzkörper-Elektromyostimulationsinterventionen für Kaderathleten zur Leistungsentwicklung in der Doppelstockschub-Technik (Langlauf) und Stabilisierung des stehenden Anschlages (Biathlon) zur Vorbereitung auf internationale Wettkämpfe und zur Sicherung der Anschlussfähigkeit in den Hochleistungssport

(AZ 071601/18)

*Florian Micke, Ulrike Dörmann, Nicolas Wirtz, & Heinz Kleinöder (Projektleitung)*

Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik

## 1 Einleitung

Die Zielstellung des Transfer-Forschungsprojekts war die wissenschaftlich begleitete Einführung der alternativen und intensiven Trainingsmethodik Ganzkörper-Elektromyostimulation (GK-EMS) in das Nachwuchstraining nordischer DSV-Athleten (NK1, NK2 und LK) aus den Sportarten Biathlon und Langlauf. Neben der akuten Leistungssteigerung der Athleten durch eine speziell auf die Sportart und Trainingsgruppe abgestimmte Intervention sollte GK-EMS mit längerfristiger Perspektive als saisonbegleitende Maßnahme etabliert werden. Zur Sicherung der Anschlussfähigkeit von Nachwuchsatleten an die nationale und internationale Spitze ist eine solche wissenschaftlich begründete Implementierung innovativer und intensiver Trainingsmethoden wichtig.

## 2 Methodik

Insgesamt nahmen 23 Kaderathleten aus den Trainingsgruppen von Jens Filbrich (Langlauf; N = 12) und Andreas Wolf (Biathlon; N = 11) teil. Zu Beginn der Projektkooperation wurde der Einsatz von GK-EMS in beiden Sportarten erprobt. Nach erfolgreicher Erprobungsphase wurden zwei separate Trainingsinterventionen in den jeweiligen Trainingsgruppen durchgeführt. Zielstellung der Trainingsgruppe Biathlon war die Steigerung der Rumpfkraft sowie die Erhöhung der Haltezeit im Zielbild des stehenden Anschlages. Zielstellung der Trainingsgruppe Langlauf war die Verbesserung der Doppelstockschub-Technik in Kombination mit einer Erhöhung der Laufleistung bei einem standardisierten Leistungstest. Beide Trainingsgruppen wurden jeweils in eine EMS-Gruppe (EMS) und in eine aktive Kontroll-Gruppe (KON) unterteilt. Die Belastungsnormative zwischen den jeweiligen beiden Gruppen wurden gleich gewählt. Der einzige Unterschied bestand in der zusätzlichen Applikation von GK-EMS während allen Trainingsübungen ausschließlich in der EMS-Gruppe.

Tab. 1: Gruppendaten als Mittelwert (Standardabweichung) aller Kaderathleten mit vollständigen Datensätzen

	Langlauf		Biathlon	
	EMS (N = 4)	KON (N = 4)	EMS (N = 6)	KON (N = 5)
Alter [J]	16,5 (0,6)	17,3 (1,0)	18,0 (0,9)	16,8 (1,1)
Größe [cm]	186 (8)	182 (8)	180 (6)	185 (5)
Gewicht [kg]	75,0 (10,3)	72,8 (7,7)	71,2 (9,3)	76,6 (5,6)
BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	21,5 (1,5)	22,1 (2,7)	22,0 (1,9)	22,5 (1,7)
Krafttrainingserfahrung [J]	3,0 (1,1)	3,0 (0,9)	4,2 (1,5)	3,4 (1,1)
Trainingszeit/Woche [h]	15,0 (1,7)	15,7 (2,0)	13,5 (1,5)	13,5 (1,5)

Die Trainingsintervention Biathlon erfolgte insgesamt über 14 Wochen von Mitte/Ende Mai bis Ende August. In dieser Zeit absolvierten beide Gruppen (EMS und KON) neben dem normalen Biathlontraining 12 zusätzliche Trainingseinheiten. Jede Trainingseinheit bestand aus 2 Sätzen mit jeweils 16 verschiedenen Stabilisationsübungen für den Rumpf in dynamischer und isometrischer Ausführung. Für die EMS-Gruppe wurden folgende EMS-spezifische Einstellungen an Ganzkörper-Stimulationsgeräten (miha bodytec, Augsburg) gewählt: Intensität: submaximal 70 %; Impulsart: bipolar; Impulsfrequenz: 85 Hz; Impulsbreite: 400 µs; Impulsanstieg: rechteckförmig; Impulszeit/-pause: 4 s/4 s. Begleitet wurde die Intervention Biathlon vorher (Eingangstest) und nachher (Ausgangstest) von einer isometrischen Kraftdiagnostik (Schnell, Ingolstadt; FZP, Köln) und einem Haltetest im stehenden Anschlag (Spezialmesstechnik, Ilmenau) am Olympiastützpunkt Thüringen.

Die Trainingsintervention Langlauf erfolgte insgesamt über 16 Wochen von Mitte/Ende Mai bis Mitte September. In dieser Zeit absolvierten beide Gruppen (EMS und KON) neben dem normalen Langlauftraining 13 zusätzliche Stabilisationseinheiten zur Kräftigung der Rumpfmuskulatur und 8 zusätzliche Doppelstockschubeinheiten zur Techniks Schulung auf dem

Laufband. Die Stabilisationseinheiten bestanden aus 2 Sätzen mit jeweils 10 verschiedenen Übungen. Die Doppelstockschubeinheiten wurden auf dem Laufband gefahren und bestanden aus 3 Durchgängen mit folgendem Protokoll: 5 min bei 3° Steigung und anschließenden 3 min bei 5° Steigung. Sowohl für das Stabilisations- als auch für die Doppelschubeinheiten wurden für die EMS-Gruppe die gleichen EMS-spezifischen Einstellungen wie bei der Trainingsgruppe Biathlon gewählt. Einzig beim Doppelschubtraining wurde die Impulszeit/-pause mit 0,6 s Impulszeit und 0,5 s Impulspause an den Doppelstockschubeinsatz angepasst. Begleitet wurde die Intervention Langlauf von einem Doppelstockschub-Leistungstest des DSV, welcher im OSP Thüringen vor (Eingangstest) und nach der Intervention (Ausgangstest) durchgeführt wurde. Der Leistungstest erfolgte auf einem Laufband mit einstellbarem Steigungsgrad (Poma, Porschendorf) inklusive Rollski (SRB, Zella-Mehlis; DMS Sport, Pirna).

Zusätzlich wurde ein Belastungsmonitoring mittels Fragebögen Akutmaß Erholung und Belastung (AEB) und Kurzskala Erholung Belastung (KEB) in beiden Trainingsgruppen durchgeführt.



Abb. 1: Durchführung des Stabilisationstrainings zur Kräftigung der Rumpfmuskulatur (links) und des Doppelstockschubtrainings zur Techniks Schulung mit zusätzlicher Elektromyostimulation am OSP Thüringen (rechts)



Abb. 2: Durchführung des Haltetests im stehenden Anschlag im Biathlon (links) und des Doppelstockschub-Leistungstests im Langlauf (rechts)

### 3 Hauptergebnisse

In der Sportart Langlauf werden die Effekte der Trainingsintervention gemessen an der insgesamt absolvierten Strecke im DSV-Leistungstest aufgeführt. Die Ergebnisse werden als Gruppenvergleich zwischen EMS- und Kontroll-Gruppe sowie per Individualverläufe zwischen Eingangs- und Ausgangstest dargestellt.

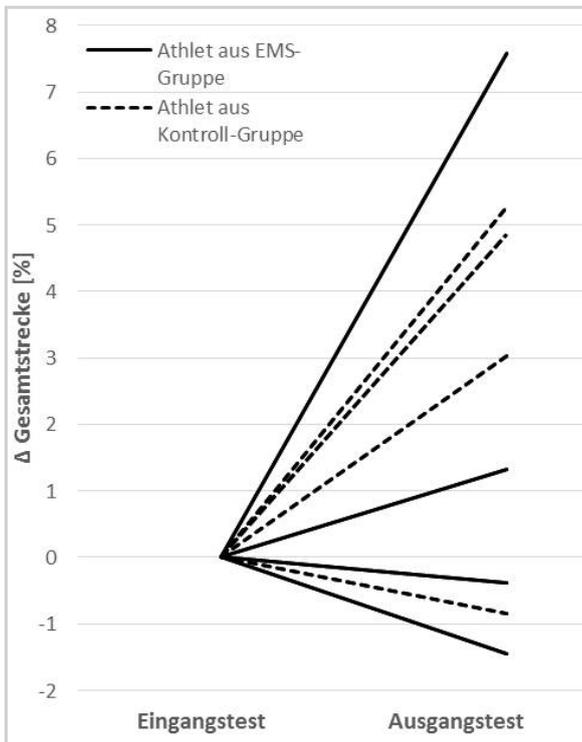
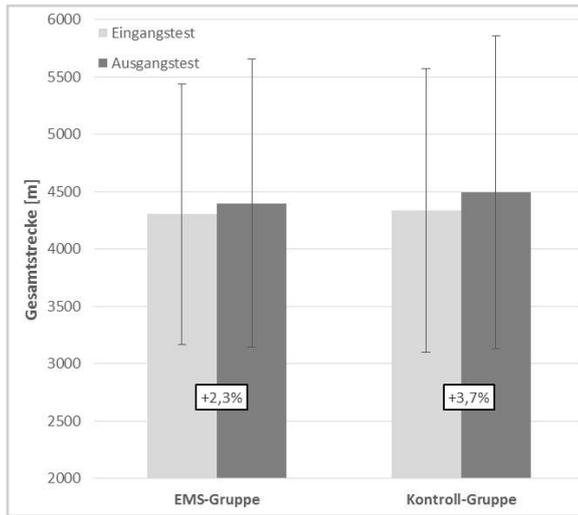


Abb. 3: Langlauf Gruppenvergleich (oben) und Individualverläufe (unten): DSV-Doppelstockschiebungs-Leistungstest

In der Sportart Biathlon werden die Effekte der Trainingsintervention auf die Rumpfkraft im Folgenden per Gruppenvergleich zwischen

EMS- und Kontroll-Gruppe jeweils für die Extension und Flexion aufgeführt.

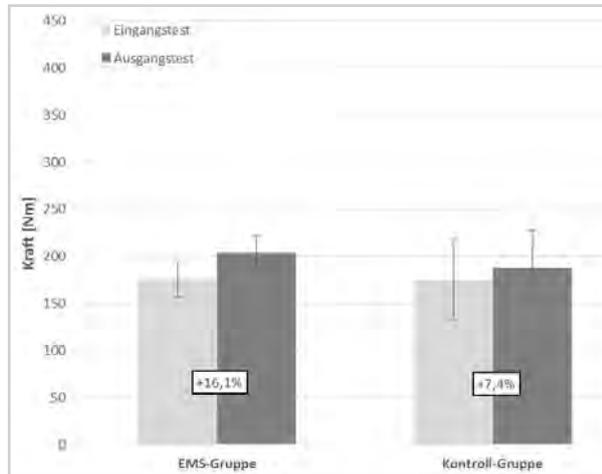
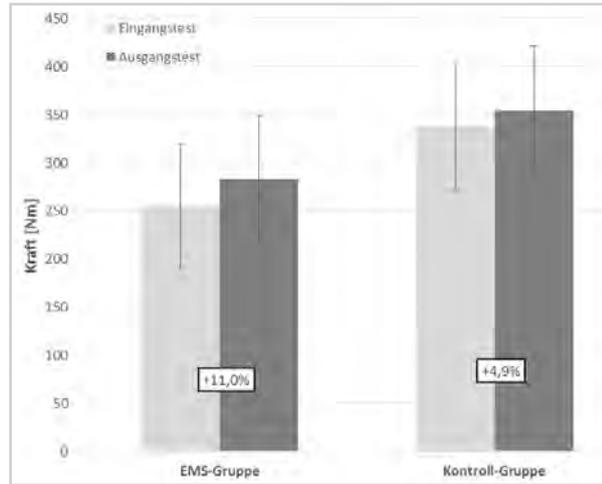
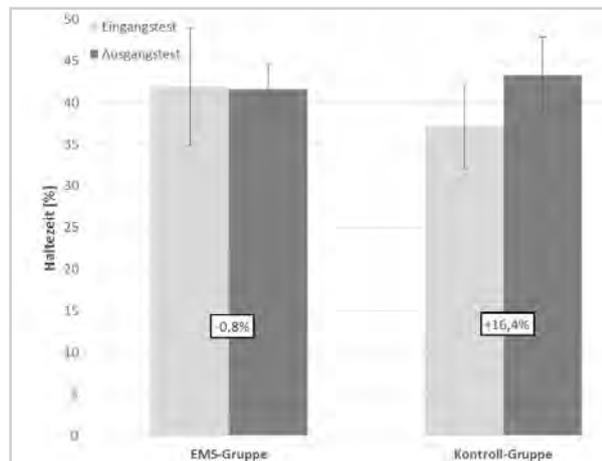


Abb. 4: Biathlon Gruppenvergleich: Rumpfkraft Extension (oben) und Rumpfkraft Flexion (unten)

Im biathlonspezifischen Haltetest im stehenden Anschlag konnten folgende Hauptergebnisse im Gruppenvergleich zwischen EMS- und Kontroll-Gruppe sowie für die Individualverläufe festgestellt werden.



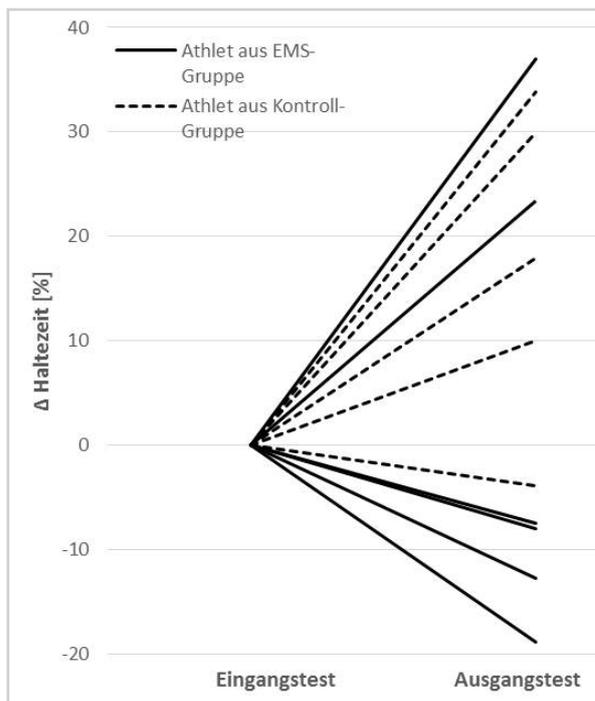


Abb. 5: Biathlon Gruppenvergleich (Seite 4 unten) und Individualverläufe: Bestwert prozentuale Haltezeit in Zielbild stehender Anschlag

## 4 Diskussion

Die Durchführung des Trainings fand in beiden Trainingsgruppen in der Vorbereitungsperiode der Kaderathleten auf die anstehende Wintersaison statt und wurde als begleitende Maßnahme zum disziplinspezifischen Training angesetzt. Alle folgenden Ergebnisse sind daher im Kontext des gesamten Trainingsvolumens zu sehen.

In der Sportart Langlauf konnten vergleichbare Steigerungsraten für beide Interventionsprogramme zwischen Eingangs- und Ausgangstest für die Gesamtstrecke im DSV-Leistungstest gefunden werden (Abb. 3 oben). Im Hinblick auf die Anschlussfähigkeit im internationalen Wettbewerb zeigte ein leistungsstarker Athlet die größte individuelle Verbesserung (+7,6 %) durch eine zusätzliche Elektromyostimulation. Im Vergleich zur Kontroll-Gruppe (+5,3 % bis -0,8 %) ist die Spannbreite der individuellen Verbesserungen in der EMS-Gruppe jedoch größer (+7,6 % bis -1,5 %) (Abb. 3 unten). Auf Grundlage dieser Ergebnisse ist eine individuelle Betrachtungsweise eines jeden Athleten (z. B. aktueller Leistungsstand, Trainingserfahrung, Leistungsreserven im konservativen Leistungsaufbau) für oder gegen die Einführung der intensiven Trai-

ningmethode EMS mit einer engmaschigen Leistungsüberprüfung notwendig. Entgegen der Kritik, dass eine zusätzliche Elektromyostimulation die Bewegungsausführung bei komplexen Bewegungsmustern wie dem Doppelstockschieß beeinträchtigt, konnten beide Interventionsprogramme Verbesserungen in der Technikbeurteilung im Ausgangstest erzielen. Darüber hinaus meldeten die Athleten der EMS-Gruppe anfänglich zurück, dass ihnen die zusätzliche Stimulation der Bauch-, Brustmuskulatur und des Latissimus eine verbesserte Bewegungsvorstellung hinsichtlich der intra- und intermuskulären Koordination während der Doppelstockschießtechnik vermittelte. Neben der dynamischen Applikation von GK-EMS beim Doppelstockschieß erscheint insbesondere auch das zusätzliche Stabilisationstraining mit GK-EMS im Nachwuchsleistungsbereich als langfristig lohnenswert, sowohl in der individuellen Leistungssteigerung als auch in der Technikschiulung. So konnten erfreulicherweise Athleten der (EMS)-Trainingsgruppe im Laufe der aktuellen Saison persönliche Erfolge bei internationalen Wettkämpfen feiern und ihre weitere Qualifizierung für folgende Kader vorantreiben. Hierzu könnte eine Weiterentwicklung der Synchronisation von interindividuellen Doppelstockschieß-Techniken und dem Einsetzen des elektrischen Impulses insbesondere bei Hochleistungsathleten essentiell sein.

In der Sportart Biathlon konnte eine prozentual höhere Kraftsteigerung durch die zusätzliche Elektromyostimulation der Rumpfkraft sowohl in der Extension, Flexion als auch in der seitlichen Flexion und Rotation gefunden werden (Abb. 4 oben und Abb. 4 unten). Vergleichbar zu aktuellen Ergebnissen vorheriger Untersuchungen erscheint GK-EMS ohne äußere Zusatzlasten das Training intensivieren zu können. Dies erscheint insbesondere für Nachwuchskaderathleten für eine langfristige Trainingsreizsteigerung zur Rumpfstabilität von Vorteil. Auch das positive Feedback der Athleten und Trainer hinsichtlich des Einsatzes von GK-EMS im Stabilisationstraining spricht für einen längerfristigen Einsatz. So wurde nach Angaben der Sportler und Trainer das bereits bekannte Stabilisationstraining im Rahmen der Intervention fokussierter und mit mehr Freude als zuvor durchgeführt.

Für die disziplinspezifische Haltezeit zeigte die Kontroll-Gruppe prozentual höhere Zuwächse im Zielbild (Abb. 5 auf Seite 4 unten). Die höchste individuelle Verbesserung erzielte ein Athlet aus der EMS-Gruppe (+37 %), begleitet durch 4 Athleten der gleichen Gruppe, die eine deutliche Verschlechterung im Zielbild zeigten (von -7,5 % bis -18,9 %). Bei der Interpretation dieser Ergebnisse sollten die bekannten Tagesformschwankungen der Athleten im stehenden Anschlag sowie die verwendete Diagnostik berücksichtigt werden. Dennoch sollte bei Einführung der Trainingsmethode EMS diese EMS-spezifische Heterogenität auf die sensible Technik des stehenden Anschlags im Hochleistungssport Beachtung finden und regelmäßig überprüft werden. Auf Grundlage vorheriger Studien sollte bei weiteren Trainingsmaßnahmen im Biathlon ein möglicher, verzögerter Leistungstransfer durch EMS getestet werden.

Ausblickend erscheint EMS im Rahmen der Technischschulung des Doppelstockschubs einen neuen Aspekt im Nachwuchsleistungssport zu beinhalten. Für den weiteren Übertrag in den Hochleistungssport wird eine Weiterentwicklung der Synchronisation der muskulären Koordination und der elektrischen Stimulation empfohlen, um den individuellen Technikausprägungen besser gerecht zu werden und den Leistungoutput im Doppelstockschießtest deutlicher zu erhöhen. Neben den mittleren Kraftsteigerungen in der Rumpfstabilität durch GK-EMS sind für die Anschlussfähigkeit in den Hochleistungssport die individuell hohen Anpassungen interessant. Ohne äußere Zusatzlasten können langfristig die Trainingsreize intensiviert und die Trainingseffekte erhöht werden.

# Goalball, Rostock und weiter – Technik, Taktik, konditionelle Voraussetzungen – Goalballnationalmannschaft

(AZ 071604/18)

*Renate M. Leithäuser, Max Niemeyer, Thomas Prokein, Johannes Günther & Ralph Beneke (Projektleitung)*

Philipps-Universität Marburg, Institut für Sportwissenschaft und Motologie, Bereich Medizin, Training und Gesundheit

## 1 Problem

In einer Bedarfsanalyse mit den Trainern der Goalballnationalmannschaft (Herren) zeigte sich, dass trotz einer Verbesserung der Wurftechnik und Wurfstabilität in den vergangenen zwei Jahren weiterhin Steigerungsbedarf im Bereich Variabilität der Nutzung gegebener Wurftechniken in Abhängigkeit von spieltaktischen Gegebenheiten zu bestehen scheint. Auch deuteten Spiele, wie z. B. das Endspiel der Weltmeisterschaft 2018 darauf hin, dass die deutsche Nationalmannschaft (Herren) zwar grundsätzlich eine relativ hohe Aktionsdichte aufrechterhalten kann, jedoch speziell in der zweiten Spielhälfte bei Tempowechseln unter hohem Gegnerdruck verwundbar ist, wobei sowohl technische als auch konditionelle Gründe dafür verantwortlich zu sein scheinen. Somit zielte das Projekt, basierend auf systematischen Spielanalysen der weltbesten Nationalmannschaften bei internationalen Turnieren (u. a. EM, WM, etc.), auf

- › Analyse von relativen Trefferhäufigkeiten in Abhängigkeit von Wurftechnik, Wurfposition und Wurfrichtung,
- › Analyse von Konteraktionen in Abhängigkeit von der gegnerischen Angriffsaktion und Abwehrtechnik,
- › Entwicklung von Trainingsmethoden zur gezielten Steigerung konditioneller Fähigkeiten und

technischer Fertigkeiten zur Beschleunigung von Konteraktionen und gezielter Variation des Spieltempos bei grundsätzlich hoher Aktionsdichte.

## 2 Vorgehen

Das dreimonatige Transferprojekt wurde entsprechend des Arbeits- und Zeitplans durchgeführt (Tab. 1). Die Zielgruppe des Projektes waren vornehmlich Bundeskader-Athleten Goalball sowie Nachwuchsathleten, die am regionalen Paralympischen Trainingsstützpunkt Goalball betreut wurden. Aufgrund der Kürze der Projektlaufzeit musste ein pragmatischer Ansatz gewählt werden. Da alle am Projekt beteiligten Mitarbeiter über Expertise im Bereich Goalball verfügten, konnte direkt zu Projektbeginn mit der Analyse von relativen Trefferhäufigkeiten in Abhängigkeit von Wurftechnik, Wurfposition und Wurfrichtung, basierend auf vorhandenem Videomaterial der weltbesten Mannschaften, gestartet werden. Hierbei wurde in zwei Schritten vorgegangen. In einem ersten Schritt wurden die geworfenen Tore der Turniersieger und des Teams der deutschen Herrennationalmannschaft der EM 2017, WM 2018 sowie der internationalen Turniere in Malmö 2018, Litauen 2018 und dem Berlin Cup 2018 betrachtet und Konter herausgefiltert (Schritt I). In einem zweiten Schritt wurden alle Würfe der Nationalmannschaften von Brasilien, Litauen, Belgien und Deutschland der WM 2018 analysiert und ebenfalls nach Kontern gefiltert (Schritt II).

Zusätzlich wurde in Diskussionen mit dem Cheftrainer sowie dem Trainer- und Betreuungsteam ein Item-Katalog erarbeitet für die Analyse von Konteraktionen und Erstellung des Datenbankdesigns. So wurde nach und nach ein Datenpool von Konteraktionen erstellt und der entsprechende Item-Katalog revidiert. Parallel dazu wurden sowohl konditionelle Trainings-Drills als auch auf der Analyse der Konteraktionen basierende technisch-taktische Drills entwickelt.

Litauen, Belgien und Deutschland bei der WM 2018 in Schritt II. Von 3535 Würfeln resultierten wiederum ca. 8 % in einem Tor. Von den Würfeln waren insgesamt 84 Würfe, also ca. 2.3 %, Konter. Aus einer Kontersituation wurden nur 3 Tore erzielt, die Torquote lag somit bei knapp 50 % der Torquote aller Würfe. Im internationalen Vergleich mit den drei anderen Mannschaften wies Deutschland mit einem Tor aus 7 Kontern die tendenziell geringste Zahl an Konterwürfen bei guter Trefferquote (1/7) auf. Die Konterzahl

Tab. 1: *Tabellarische Übersicht von Vorgängen/Maßnahmen sowie ggf. durchgeführten Modifizierungen mit Begründung*

Zeitraum	Vorgänge/Maßnahme	realisiert wie geplant	Modifikation/Begründung
10/18	Projekttreffen mit Trainern/Betreuern	ja	
10/18	Erstellung Item-Katalog	ja	
10-12/18	Analyse relativer Trefferhäufigkeiten	ja	
10-12/18	Entwicklung Datenbankdesign und Item-Katalog „Konter“.	teilweise	Erweiterung des Schwerpunkts von Offensive auf Offensive und Defensive
10-12/18	Entwicklung konditioneller sowie technisch-taktischer Drills	ja	
11-12/18	Anpassung Trainingsmethoden „Konteraktionen“; Diskussionen mit Trainerteam und Athleten sowie Reflexion des Projektes	ja	
12/18 - jetzt	Weiterführung der Trainingsanpassungen	ja	

### 3 Ergebnisse

Im Rahmen des Transferprojekts mit den oben genannten Zielen wurde vorhandene Videodokumentation der weltbesten Mannschaften analysiert.

In Schritt I, der Analyse von jeweiligem Turniersieger und Team Deutschland, wurde der Anteil der Konter an der Toranzahl ermittelt. Aus insgesamt 6040 Würfeln resultierten 470 Tore (ca. 8 %), von diesen Toren waren 19 Konter-Tore (ca. 4 %). Es zeigte sich, dass bei den betrachteten Mannschaften in der Regel jeweils nur ein Spieler (Litauen 2 Spieler) das Konterspiel als Option nutzt.

Zur Überprüfung, wie hoch der Anteil der Konter an der Gesamtwurffzahl ist, erfolgte die Analyse aller Würfe der Mannschaften von Brasilien,

von Belgien und Brasilien war ähnlich bei tendenziell schlechterer Trefferquote (Belgien 0/9, Brasilien 1/11). Die meisten Konter wurden von Litauen geworfen (N = 57), die Trefferquote war jedoch extrem niedrig (1/57).

Die Entwicklung eines Kriterienkatalogs zum Konter erfolgte mit dem Schwerpunkt Offensive als auch Defensive. Berücksichtigt wurden Faktoren wie z. B. Ballannahmesituation, Orientierung zum Feld, Wurftechnik sowie ob derjenige, auf den gekontert wird, zuvor geworfen hat, ob er dabei seine Position verlassen hat (Laufspiel) und wie sich die Verteidigungsposition gestaltet. Als besonders gefährliche bzw. erfolgreiche Konter wurden diejenigen identifiziert, die sich beispielsweise durch hohe Wurfgeschwindigkeit auszeichnen, auf Laufwege ausgerichtet sind, eine noch nicht vorbereitete Abwehr treffen bzw.

auf Schnittstellen gerichtet sind oder eine für die Abwehr unangenehme Höhe haben. Nicht erfolgreiche Konter sind hingegen gekennzeichnet durch lange, diagonale Bälle, Würfe direkt auf Abwehrpositionen, eine fehlerhafte Ausrichtung zum Feld sowie fehlerhafte Wurftechnik.

## 4 Transfermaßnahmen

Wie bereits unter Punkt 2 aufgeführt, hat ein Transfer in die Sportpraxis bereits kontinuierlich projektbegleitend stattgefunden. Im Verlauf des Projektes hat es fünf formelle Treffen mit den beteiligten Cheftrainern (Herren), dem Co-Trainer bzw. dem paralympischen Stützpunkttrainer Marburg und weiteren Betreuern gegeben. Diese direkte Kommunikation wurde ergänzt durch zwei informelle Treffen mit den beteiligten Trainern, Betreuern, Physiotherapeuten und Athleten im Rahmen von Trainingsbetreuungen sowie medizinischen Konsultationen.

Die Analyse des Konterspiels war eine Ausrichtung die vom Cheftrainer initiiert wurde. So waren er bzw. sein Trainer-/Betreuerteam direkt in die Schwerpunktsetzung, Erstellung des Item-Katalogs und Datenbankdesign involviert. Stand ursprünglich die offensive Sichtweise im Vordergrund, wurde in Diskussionen die Betrachtung um die Defensive erweitert. Aus den Erkenntnissen wurden gemeinschaftlich Trainings-Drills entwickelt, die bereits während der Projektlaufzeit ins Training implementiert wurden.

Basierend auf den Ergebnissen dieses Transferprojektes ist das Kontern inzwischen ein fester Bestandteil beim Einwerfen jeder Trainingseinheit geworden. Dabei wird nicht nur das Kontern mit dem Goalball, sondern auch mit verschieden großen und schweren Bällen geübt. In Extratrainingseinheiten ist die Ausführung des Konter verbessert worden, indem die Aufstehbewegung bereits die Initiation der Wurfbewegung darstellt. Zuvor stellten die Aufstehbewegung und die Wurfbewegung zwei unabhängige isolierte Abläufe dar. Neben den biodynamischen Veränderungen gibt es Erkenntnisse aus dem Projekt über ein Zeitfenster, nach dem binnen zwei Sekunden ein Konter nach dem ersten Ballkontakt ausgeführt werden muss, um die gegnerische Verteidigung im Aufbau zu treffen.

Das genaue Anspielen des Auszukunftenden ist in Trainingseinheiten taktisch thematisiert und aufgearbeitet worden.

Insgesamt konnten somit neue, wissenschaftlich begründete Trainingsschwerpunkte im Kontext „Konter“ gelegt werden. Von diesen Maßnahmen profitieren bereits Spieler der Goalballnationalmannschaft (Herren) sowie Nachwuchsathleten. Ein Transfer ins Training der Goalballnationalmannschaft (Frauen) wird angestrebt. Die Cheftrainer sehen hier eindeutig eine Weiterentwicklung spieltaktischer Elemente des Goalballs.

Die angestrebte wissenschaftliche Verwertung über (inter-)nationale wissenschaftliche Kongresse sowie Veröffentlichungen in begutachteten internationalen Fachzeitschriften wurde bisher nicht umgesetzt, ist aber im Rahmen der grundsätzlich begrenzten Möglichkeiten eines betreuungsorientierten Projektes und durch (semi-)akut entstehende Notwendigkeiten und Zwänge im Rahmen von kurz- und mittelfristigen Vorbereitungsmaßnahmen auf internationale Saisonhöhepunkte noch geplant.



# Anwendungsbeobachtung und Weiterentwicklung einer Webanwendung zum individualisierten Monitoring des Regenerationsbedarfs im Leistungs- und Spitzensport (MoRe)

(AZ 071606/18)

Anne Hecksteden

Universität des Saarlandes, Lehrstuhl für Sport- und Präventivmedizin

## 1 Problem

Die Kenntnis und ggf. Berücksichtigung des Ermüdungszustands (bzw. Regenerationsbedarfs) ist essentiell, um Belastbarkeitsreserven im Training voll nutzen zu können, ohne dabei ein hohes Risiko chronischer Regenerationsdefizite mit all ihren negativen Folgen in Kauf zu nehmen. Ein Verfahren zum Monitoring des Regenerationsbedarfs im Spitzensport muss dabei zwei Anforderungen gerecht werden, zwischen denen ein offensichtliches Spannungsverhältnis besteht (Gabbett et al., 2017):

- **Präzise und verlässliche** Beurteilung des einzelnen Athleten:  
Die Einschätzung des Regenerationsbedarfs muss ausreichend präzise und verlässlich sein, um Entscheidungen bezüglich der Trainingsgestaltung zu rechtfertigen. Damit diese Grundvoraussetzung gewährleistet werden kann, sind nicht nur valide Parameter und wiederholte Messungen, sondern auch anspruchsvolle statistische Verfahren notwendig (Gabbett et al., 2017; Kellmann et al., 2018; Thorpe et al., 2017).
- **Intuitive und unaufwändige** Nutzung für Sportler und Trainer:  
Datenerhebung und Interpretation müssen so einfach und intuitiv wie möglich sein, um eine langfristige Integration in den Trainingsalltag zu erleichtern.

Außerdem müssen Analysen annähernd in Echtzeit ablaufen, damit eine Einschätzung des aktuellen Regenerationsbedarfs zur Verfügung steht.

### 1.1 Vorarbeiten

Im Rahmen des RegMan Projekts wurden innovative Lösungsansätze für die methodischen und statistischen Herausforderungen des Ermüdungsmonitorings erarbeitet. Hierzu zählen unter anderem eine Methode zur Individualisierung der Referenzbereiche von Ermüdungsindikatoren (Hecksteden et al., 2017) einschließlich deren Erweiterung auf den multivariaten Fall (Pitsch, Hecksteden & Meyer, 2017) und die Entwicklung eines validierten Fragebogens einschließlich einer für die tägliche Anwendung geeigneten Kurzfassung (KEB) (Kölling et al., 2015). Zudem bestätigte sich in ersten Betreuungsprojekten die Sinnhaftigkeit einer systematischen Verknüpfung von blutbasierten Parametern, subjektivem Ermüdungsempfinden und Trainingsbelastung (Hecksteden, 2017).

Die in MoRe erprobte Webanwendung wurde mit dem Ziel entwickelt, diese anspruchsvollen Verfahren in einer unter den praktischen Rahmenbedingungen des Spitzensports praktikablen Form zur Verfügung zu stellen. Besonderes Augenmerk lag auf einer Minimierung von Aufwand und Fehleranfälligkeit für Sportler und Trainer sowie auf dem Datenschutz. Zwei Elemente sind dabei zentral:

- › Versand individualisierter Links über ein eigens entwickeltes, datenschutzkonformes Whats-App-Gateway. Die tägliche Erfassung der Fragebögen wird durch den Erhalt der individualisierten Links über WhatsApp getriggert und ist in unter einer Minute über das Smartphone möglich. Die Datenübertragung selbst erfolgt TLS verschlüsselt und unabhängig von WhatsApp.
- › Ergebnisvisualisierung über ein Mannschaftsdashboard, das individualisierte Beurteilung und Übersichtlichkeit verbindet. Das Mannschaftsdashboard bietet den Trainern einen schnellen Überblick über zentrale Ergebnisse in konsistenter Form. Bei Bedarf wird durch Mausclick ein Fenster mit detaillierteren Analysen zur jeweiligen Person geöffnet.

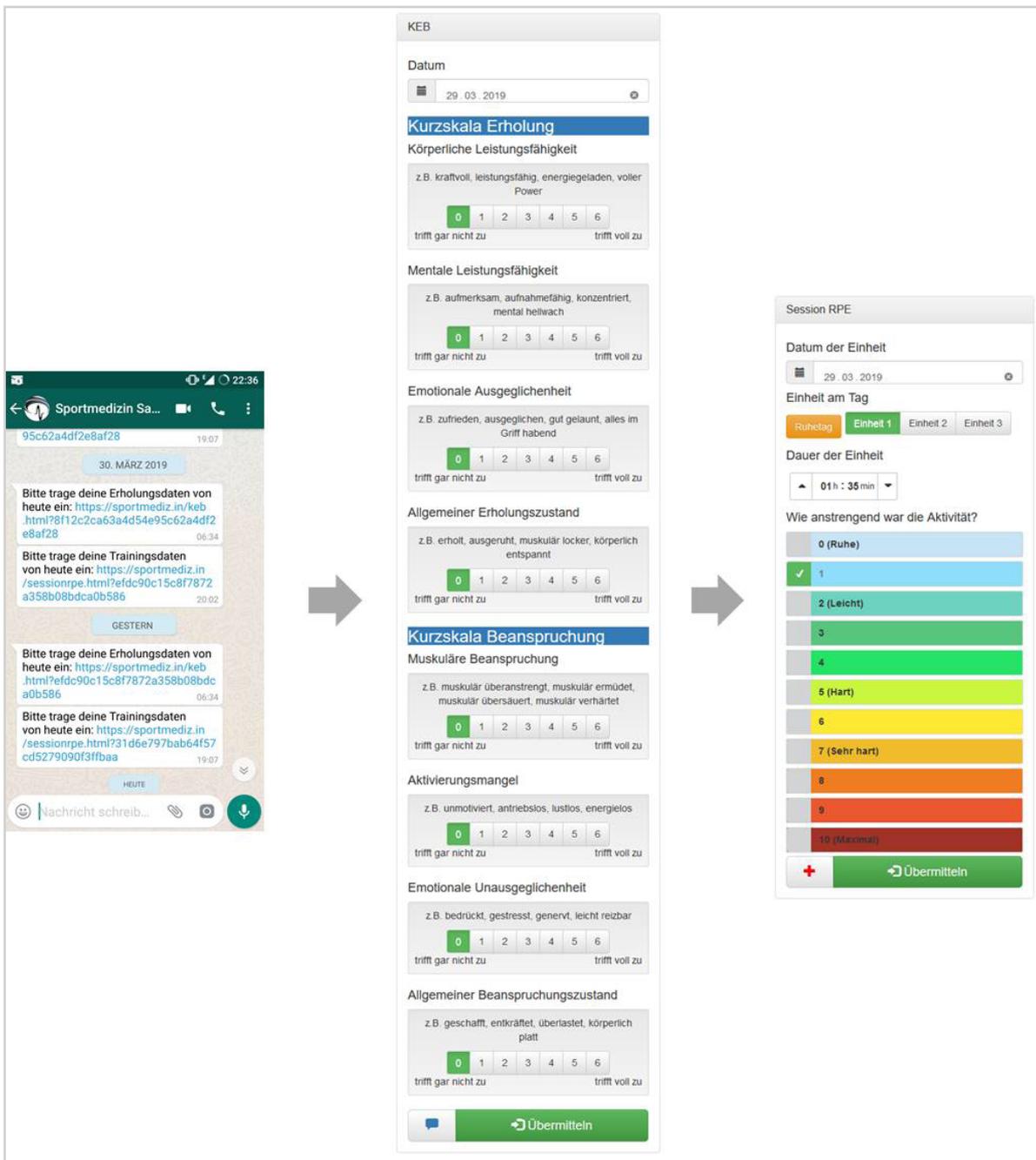


Abb. 1: Datenaufnahme

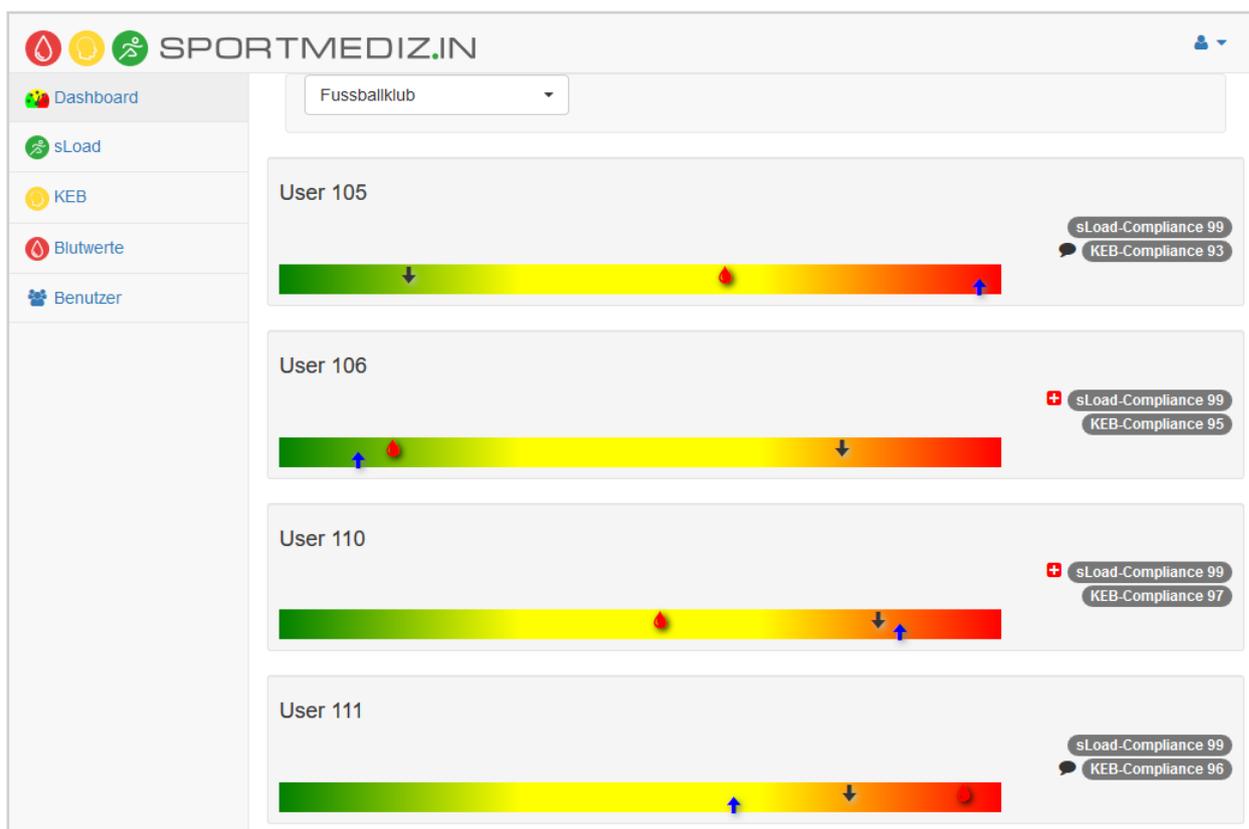


Abb. 2: Dashboard

Einen Überblick bieten die Abb. 1 und 2. Dargestellt ist der aktuelle Stand einschließlich der Entwicklungen im Rahmen von MoRe.

Die Blutentnahmen erfolgten in MoRe wie in früheren Projekten (Hecksteden et al., 2017; Julian et al., 2017) durch Institutsmitarbeiter. Nach einer Kalibrationsphase zur Ableitung der individuellen Referenzbereiche erfolgten Blutentnahmen in Rücksprache mit den Trainern, in erster Linie bei auffälligen Ergebnissen des nicht-invasiven Monitorings.

## 1.2 Ziele von MoRe

Ziel des Projekts war die Erprobung der beschriebenen Webapplikation im Trainingsalltag von Spitzenathleten. Neben der reinen Anwendungsbeobachtung wurde auch eine Weiterentwicklung und Anpassung an die Bedürfnisse der Sportpraxis unter Berücksichtigung der Rückmeldungen von Trainern und Sportlern angestrebt.

## 2 Methode

MoRe schließt an die oben skizzierte Methoden- und Softwareentwicklung an und bildet eine Schnittstelle zu einem potentiellen Transfer in die Sportpraxis. Die Anwendungsbeobachtung wurde in den Sportarten Badminton (Bundeskader, DBV) und Schwimmen (Landeskader, SSB) durchgeführt. Es haben drei Trainingsgruppen mit insgesamt 42 Sportlern teilgenommen. Primär wurden Nutzungsverhalten und -erfahrungen von Sportlern und Trainern fortlaufend erfasst. Rückmeldungen und Wünsche, die sich auf mögliche Anpassungen der Software bezogen, wurden zunächst mit den Trainern diskutiert und ggf. weiter ausgearbeitet. Besonderes Augenmerk galt dabei einer Beibehaltung des schlanken Designs mit minimalem Aufwand insbesondere für die Sportler. Soweit sinnvoll und technisch möglich erfolgte danach die technische Umsetzung. Die Entwicklung selbst wurde in einem Testsystem durchgeführt. Die Freigabe erfolgte in Rücksprache mit den Trainingsgruppen.

### 3 Ergebnisse

Die Compliance der Sportler bei der täglichen Beantwortung der Fragebögen via Smartphone lag über den Projektzeitraum hinweg in allen Trainingsgruppen bei über 80 %. Eine Optimierung konnte durch die Einführung einer Erinnerungsfunktion für die Sportler sowie einem graphischen Hinweis auf die noch ausstehende Bearbeitung aktueller Fragebögen im Mannschafts-Dashboard (für die Trainer) erzielt werden. Auf die Nutzeroberfläche für die Trainer der einzelnen Gruppen wurde in der Regel täglich in den Morgenstunden (vor der ersten Trainingseinheit) zugegriffen. Dies entspricht den Berichten der Trainer über ihre Nutzungsgewohnheiten. Die Gesamteinschätzung war in beiden Sportarten positiv. Alle teilnehmenden Trainingsgruppen haben von dem Angebot, das Monitoring nach Projektende fortzusetzen, Gebrauch gemacht. Das Nutzungsverhalten von Sportlern und Trainern hat sich zwischenzeitlich nicht wesentlich verändert.

Die im Projektzeitraum auf Anregung der Sportpraxis vorgenommenen Anpassungen an der Software können in der Rückschau drei Anliegen zugeordnet werden:

Auf **Sportlerseite** (Datenerfassung via WhatsApp-Links und Fragebögen)

- › Optimierung der Compliance und Reduktion möglicher Nutzungsfehler,
- › Möglichkeit zusätzlicher Meldungen der Sportler an das Trainerteam  
(über Trainingsbelastung und subjektive Erholtheit/Beanspruchung hinaus).

Auf **Trainerseite** (Weboberfläche zur Ergebnisdarstellung)

- › Optimierung der Ergebnisübersicht  
(schnelle Erkennbarkeit von Sportlern, bei denen potentiell eine Handlungsnotwendigkeit besteht).

Dabei umfassen die entwickelten Lösungen häufig sowohl die Sportler- als auch die Trainerseite. Ein Beispiel dafür ist die Kommentarmöglichkeit am Ende der Fragebögen plus graphischem Hinweis für die Trainer, wenn diese genutzt wurden. Ein etwas komplexeres Beispiel betrifft die Optimierung der Compliance beim Ausfüllen der Fragebögen. Einerseits wurde ein graphischer Hinweis auf noch nicht ausgefüllte Fragebögen in der Traineransicht integriert, so dass seitens der Trainer unmittelbar reagiert werden kann (und wird). Parallel dazu wurde eine automatische Erinnerungsfunktion für die Sportler implementiert, falls die Fragebögen nach Erhalt des WhatsApp-Links nicht innerhalb eines bestimmten Zeitraums bearbeitet werden.

### 4 Diskussion

Ein System zum Monitoring des Regenerationsbedarfs muss komplexen methodischen und statistischen Anforderungen genügen, um überhaupt im Einzelfall verwertbare Aussagen zu ermöglichen (Hecksteden et al., 2017; Hecksteden, 2017). Gleichzeitig sollte sich seine Nutzung unaufwändig in die Abläufe von Sportlern und Trainern einfügen. Die Vereinbarkeit dieser beiden Aspekte ist eine offensichtliche Herausforderung (Gabbett et al., 2017; Kellmann et al., 2018; Thorpe et al., 2017), für die das erprobte System einen Lösungsversuch darstellt. Wesentlich ist dabei sicherlich die konsequente technische Minimierung des Aufwands für Sportler und Trainer. Dies betrifft nicht nur aktive Handlungen (z. B. durch individuelle Voreinstellungen in den Fragebögen), sondern auch die kognitive Beanspruchung (z. B. durch Erinnerungsfunktionen und Ergebnisvisualisierung). Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die bewusste Beschränkung auf wenige Messwerte mit den drei „Säulen“ subjektive Erholtheit (Fragebogen KEB), Beanspruchung im Training (sessionRPE) und Blutwerte (Kreatinkinase und Harnstoff). Damit ist jedoch keinesfalls der Anspruch verbunden, dass es sich bei diesem „drei Säulen Modell“ um den optimalen Kompromiss zwischen Aussagekraft und Umsetzbarkeit für jeden Anwendungsfall han-

delt. Eine Berücksichtigung weiterer Parameter (z. B. Trainings- und Wettkampfleistung, Schlaf) würde differenziertere Aussagen erlauben und wäre prinzipiell sicher wünschenswert (Gabbett et al., 2017). Dem erprobten System scheint es allerdings sportartübergreifend und mit minimalem Aufwand zu gelingen, das Augenmerk der Trainer strukturiert auf Athleten zu lenken, bei denen Auffälligkeiten im Ermüdungszustand bzw. Regenerationsbedarf vorliegen.

## 5 Literatur

- Gabbett, T. J., Nassis, G. P., Oetter, E., Pretorius, J., Johnston, N., Medina, D., Rodas, G., Myslinski, T., Howells, D., Beard, A. & Ryan, A. (2017). The athlete monitoring cycle: a practical guide to interpreting and applying training monitoring data. *British journal of sports medicine*, 51 (20), 1451-1452.
- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A. J., Duffield, R., Erlacher, D., Halson, S. L., Hecksteden, A., Heidari, J., Kallus, K. W., Meeusen, R., Mujika, I., Robazza, C., Skorski, S., Venter, R. & Beckmann, J. (2018). Recovery and Performance in Sport: Consensus Statement. *International journal of sports physiology and performance*, 19, 1-6.
- Thorpe, R. T., Atkinson, G., Drust, B. & Gregson, W. (2017). Monitoring Fatigue Status in Elite Team-Sport Athletes: Implications for Practice. *International journal of sports physiology and performance*, 12 (2), S227-S234.
- Hecksteden, A., Pitsch, W., Julian, R., Pfeiffer, M., Kellmann, M., Ferrauti, A. & Meyer, T. (2017). A New Method to Individualize Monitoring of Muscle Recovery in Athletes. *International journal of sports physiology and performance*, 12 (9), 1137-1142.
- Pitsch, W., Hecksteden, A. & Meyer, T. (2017). *Individualized detection of fatigue and recovery using multivariate data*. European College of Sport Science; Bochum.
- Kölling, S., Hitzschke, B., Holst, T., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Kellmann, M. (2015). Validity of the Acute Recovery and Stress Scale – Training Monitoring of the German Junior National Field Hockey Team. *International journal of sports science & coaching*, 10 (2-3), 529-542.
- Hecksteden, A. (2017). *Individualized diagnosis of fatigue and recovery needs - Principles and tailored implementations*. European College of Sports Science Bochum.
- Julian, R., Meyer, T., Fullagar, H. H., Skorski, S., Pfeiffer, M., Kellmann, M., Ferrauti, A. & Hecksteden, A. (2017). Individual Patterns in Blood-Borne Indicators of Fatigue-Trait or Chance. *Journal of strength and conditioning research*, 31 (3), 608-619.



# Weltstandardbasiertes, individualisiertes Training im Blindenfußball

(AZ 071605/18-19)

*Renate M. Leithäuser, Martin Mania, Max Niemeyer, Sebastian Schleich  
& Ralph Beneke (Projektleitung)*

Philipps-Universität Marburg, Institut für Sportwissenschaft und Motologie,  
Bereich Medizin, Training und Gesundheit

## 1 Problem

Die paralympische Sportart Blindenfußball ist eine Form des 5-a-side Kleinfeldfußballs, die im internationalen Wettbewerb nur von blinden Athleten der Klassifizierung B1 gespielt wird. Sie zählt international zu den Sportarten mit dem größten Forschungsbedarf im Rahmen der Vorbereitung der paralympischen Spiele 2020 in Tokyo.

Unser Transferprojekt verfolgte die Optimierung eines individualisierten Trainings für Spieler der Blindenfußballnationalmannschaft als Element der Vorbereitung auf die EM 2019 in den Bereichen Technik, Taktik und konditionelle Fähigkeiten, basierend auf systematischen Spielanalysen der weltbesten Nationalmannschaften. In diesem Kontext beinhaltete es folgende Inhalte:

- › Entwicklung und Umsetzung individualisierter Wintertrainingsprogramme auf Grundlage der aktuellen konditionellen Fähigkeiten und deren Entwicklung im Zeitraum 01-08/2018,
- › Unterstützung von Rehabilitationsmaßnahmen und Anschluss-training nach Verletzung und Spielpausen sowie Verletzungsprävention durch individualisierte Aufbaumaßnahmen im Heimtraining,
- › Entwicklung und Umsetzung individualisierter Wintertrainingsprogramme auf Grundlage ausgewählter aktuell objektiverer technischer Stärken und Defizite

im Vergleich zu Spielern der internationalen Spitzenklasse mit vergleichbaren mannschaftstaktischen Aufgabenprofilen,

- › Überprüfung konditioneller Fähigkeiten und ausgewählter technischer Fertigkeiten allgemein und in Abhängigkeit von individuellen Schwerpunkten des Wintertrainings,
- › Erweiterung der im Rahmen unseres Service-Forschungsprojektes (AZ 072007/18) erstellten EM17-basierten Technikdatenbank um Beispiele der aktuell weltbesten Mannschaften aus Südamerika und Asien bzw. zur Identifikation möglicher Entwicklungstendenzen europäischer Mannschaften im Zeitraum EM17 bis WM18,
- › Detaillierte Nutzung der existierenden Technikdatenbank durch Analyse bisher erfasster jedoch noch nicht berücksichtigter (taktisch)-situativer Items,
- › Ergänzende Erhebung ausgewählter Technikelemente im situativ-taktischen Kontext.

## 2 Vorgehen

Das Transferprojekt wurde prinzipiell entsprechend des Arbeits- und Zeitplans durchgeführt (Tab. 1). Die Zielgruppe des Projekts war der erweiterte Bundeskader Blindenfußball.

Tab. 1: Tabellarische Übersicht von Vorgängen/Maßnahmen sowie ggf. durchgeführten Modifizierungen mit Begründung

Zeitraum	Vorgänge / Maßnahme	realisiert wie geplant	Modifikation/Begründung
10-11/18	Projekttreffen mit Trainern/Betreuern sowie Lehrgangsvorbereitung	ja	
10-11/18	Entwicklung Wintertrainingsprogramm	ja	
11-12/18	Implementierung Wintertrainingsprogramm sowie Unterstützung bei Reha	ja	
10-12/18	Ergänzung Technikdatenbank; Analyse von WM18-Spielen basierend auf Videodoku.	ja	
10-12/18	regelmäßiger Austausch mit Sportpraxis und Anpassung der technisch/taktischen Trainingsmethoden	ja	
01/19	Leistungsdiagnostik	teilweise	Krankheitsbedingt (Grippewelle) war bei dem Lehrgang nur ein Rumpfteam der Spieler und Betreuer verfügbar, so dass nur eine reduzierte Leistungsdiagnostik umsetzbar war
01/19-jetzt	Weiterführung der Trainingsanpassungen für Heimtraining und Lehrgänge	ja	
01/19-jetzt	Diskussionen mit Trainerteam und Athleten sowie Reflexion des Projektes	ja	

In der **ersten Projektphase** (10/2018 bis 12/2018) konzentrierte sich das Forschungsteam auf

- Entwicklung und Implementierung individueller Wintertrainingsprogramme für das Heimtraining zur Optimierung konditioneller Fähigkeiten und technischer Fertigkeiten,
- Unterstützung von Rehabilitationsmaßnahmen und Anschluss-training nach Verletzungen und Spielpausen durch Gestaltung individualisierter Aufbaumaßnahmen,
- Analyse von Videomaterial der WM-Spiele 2018 der aktuell weltbesten Mannschaften aus Südamerika, Asien und Europa,
- Erweiterung der Technikdatenbank (thematischer Schwerpunkt Ballannahme).

Neben zahlreichen Treffen der universitären Projektmitarbeiter, bei denen regelmäßig auch der Cheftrainer teilnahm, fand im Rahmen des Leistungslehrgangs der Nationalmannschaft im November auch ein Treffen mit dem Fitnesscoach der Mannschaft statt, da er in die Entwicklung und Umsetzung individueller konditioneller Trainingsprogramme mit einbezogen werden sollte. In den ersten Projektwochen lag ein Fokus auf der Entwicklung des Wintertrainingsprogramms. Die entsprechenden Trainingsinhalte wurden beim November-Lehrgang eingeführt. Ein weiterer Schwerpunkt lag auf den Analysen von vorhandener Videodokumentation von Spielen der Weltmeisterschaft 2018 in Madrid. Zur Erfassung eines Weltstandards wurden alle WM-Spiele der Mannschaften von Brasilien, China, Russland und England analysiert und hierbei ein Beobachtungsschwerpunkt auf die Ballannahme im Blindenfußball gesetzt. In der **zweiten Projektphase** (01-02/2019) lag der Fokus auf der Umsetzung der individualisierten

Wintertrainingsprogramme für das Heimtraining zur Optimierung konditioneller Fähigkeiten und technischer Fertigkeiten, der weiteren Unterstützung von Rehabilitationsmaßnahmen z. B. eines Spielers nach Kreuzbandverletzung sowie der Weiterführung der Analysen von Videomaterial. Diese Analysen dienen aktuell der Unterstützung mannschaftstaktischer Maßnahmen bei Lehrgängen und Länderspielen der Nationalmannschaft.

In der gesamten Projektlaufzeit fanden neben den Lehrgangs-/Messterminen regelmäßige Meetings mit dem Trainerstab sowie Lehrgangsbetreuungen der Projektleitung/Mitarbeiter mit unmittelbaren Rückmeldungen, Trainingsanpassungen sowie medizinischem Troubleshooting statt.

### 3 Ergebnisse

Im Rahmen des Transferprojekts mit den oben genannten Zielen wurde ein individualisiertes Wintertrainingsprogramm entwickelt und implementiert sowie vorhandene Videodokumentation der weltbesten Mannschaften (basierend auf WM 2018 in Madrid) mit Schwerpunkt Ballannahme analysiert.

Für das Wintertrainingsprogramm wurde ein Übungskatalog erstellt, der Trainingsmethoden umfasst, welche die Basistechniken Ballannahme, Dribbling und Torschusstechnik schulen. Die Übungsformen wurden im November 2019-Lehrgang getestet und bedarfsabhängig individualisiert, zusätzlich erläutert und durchgeführt. Ziel dieses Ansatzes war, dass die Nationalspieler diese Techniken im privaten Training und ggf. auch im Vereinstraining intensiv trainieren, um so eine merklich bessere und stabilere Technik zu erreichen. Die Ballannahme gilt als Ausgangspunkt jeder Offensivaktion. Ihre Erfolgsstabilität sowie eine möglichst geringe Zeitspanne von Annahme bis zur Kontrolle/Mitnahme des Balles, um eine Anschlussaktion (Pass, Dribbling, Torschuss) folgen lassen zu können, sind entscheidende Merkmale einer guten Ballannahmeteknik.

Für die Videoanalyse wurden alle WM 2018-Spiele der Mannschaften von Brasilien, China, Russland und England betrachtet. Mit Brasilien, China und Russland wurden damit die

derzeit besten Teams Südamerikas, Asiens und Europas analysiert. Die Spiele Englands bei der WM 2018 wurden gewählt, da England bereits im Rahmen der EM 2017 in die Analyse eingegangen war und somit im Längsschnitt betrachtet werden kann sowie als ein Favorit für die diesjährige EM in Rom gilt. Das Transferprojekt konnte somit erfolgreich die Technikdatenbank erweitern. Erste Analysen zeigten im Vergleich zu Mannschaften der europäischen als auch der südamerikanischen Spitzenklasse eindeutig Defizite der deutschen Nationalmannschaft bezüglich der benötigten Ballannahmezeiten sowohl ohne als auch unter Gegenerdruck. Punktuell konnten diese Unterschiede nicht nur auf technische Unzulänglichkeiten deutscher Spieler, sondern zusätzlich auch auf spieltaktische Unterschiede im Vergleich zur internationalen Spitzenklasse zurückgeführt werden.

### 4 Transfermaßnahmen

Wie bereits unter Punkt 2 aufgeführt, hat ein Transfer in die Sportpraxis bereits kontinuierlich projektbegleitend stattgefunden. Im Verlauf des Projektes hat es fünf formelle Treffen mit dem Cheftrainer sowie weiteren Mitgliedern des Trainerstabs und weiteren Betreuern gegeben. Diese direkte Kommunikation wurde ergänzt durch informelle Treffen mit den beteiligten Trainern, Betreuern, Physiotherapeuten und Athleten, inhaltliche und praktische Beteiligung an der Planung und Durchführung von Lehrgangsmassnahmen sowie medizinischen Konsultationen.

Die Erstellung des Übungskatalogs sollte konditionelles Training und Techniktraining der Nationalspieler am Heimatort unterstützen. Es wurde darauf geachtet, Trainingsmethoden zu entwickeln, die mit geringem personellem und apparativem Aufwand nahezu überall durchgeführt werden können. Dies erwies sich als förderlich für die Lehrgangseinheiten der Nationalmannschaft, da dort die verbesserte Technik in spielnahen/komplexeren Übungsformen angewandt werden konnte. Auf dem Weg zur Verbesserung der Spielfähigkeit jedes einzelnen Nationalmannschaftsakteurs erfüllte der individualisierte Übungskatalog somit eine wichtige Aufgabe für lehrgangsunabhängige selbst-

organisierte Technik-Trainingsprozesse jedes Spielers der erweiterten Nationalmannschaft. Die Lehrgänge in diesem Jahr haben eindeutig gezeigt, dass sich dieser Ansatz bewährt hat.

Die Unterstützung von Rehabilitationsmaßnahmen und Anschlussstraining nach Verletzungen und Spielpausen durch die Gestaltung individualisierter Aufbaumaßnahmen war sehr erfolgreich. Inzwischen sind alle Nationalmannschaftsspieler nach ihren jeweiligen Verletzungen wie Kreuzbandriss etc. wieder erfolgreich in die mannschaftlichen Lehrgangs- und Spielabläufe sogar auf gesteigertem Fitnessniveau integriert.

Der Austausch zwischen Projektteam und Sportpraxis erfolgte projektbegleitend. Regelmäßig vor und nach einem Lehrgang erfolgte eine Lehrgangsplanung bzw. -reflexion mit Diskussion spezieller konditioneller Konzepte verbunden mit sportartspezifischer Technik und taktischer Maßgaben. Aufbauend auf unser früheres Serviceforschungsprojekt konnten weiterhin wissenschaftlich begründete, aufeinander aufbauende Lehrgangsschwerpunkte gelegt werden. Hierbei profitiert die Sportpraxis bereits von der etablierten und im Rahmen dieses Projekts erweiterten Technikdatenbank. So fließen Erkenntnisse zur Technik der weltbesten Mannschaften unmittelbar in den Trainingsprozess ein. Aktuell finden Treffen mit dem Trainerstab in regelmäßigen Abständen statt, um die Technikdatenbank auch zur Gegneranalyse im Rahmen der Vorbereitung auf die Europameisterschaft 2019 in Rom zu nutzen. Die Trainer schätzen den Informationsgewinn aus diesem Tool sehr.

Wie bereits im Vorjahr praktiziert, haben wieder einzelne Vereinstrainer von der Möglichkeit der Hospitation bei Lehrgängen der Nationalmannschaft Gebrauch gemacht. Auch der Übungskatalog wurde interessierten Vereinstrainern zur Verfügung gestellt. Ein weiterer Austausch mit den Vereinstrainern soll stattfinden, da nur so die Sportart Blindenfußball promotet und weiterentwickelt werden kann.

Die angestrebte wissenschaftliche Verwertung über (inter-)nationale wissenschaftliche Kongresse sowie Veröffentlichungen in begutachteten internationalen Fachzeitschriften wurde bisher nicht umgesetzt. Dieses ist jedoch auch

im Rahmen eines 4.5-monatigen betreuungsorientierten Projektes nicht nur zeitlich, sondern auch durch (semi-)akut entstehende Notwendigkeiten und Zwänge bei kurz- und mittelfristigen Vorbereitungsmaßnahmen auf internationale Saisonhöhepunkte nicht realistisch. Die erhobenen Daten und gewonnen Erkenntnisse sind bezüglich Neuigkeitswert und Qualität eindeutig wissenschaftlich verwertbar, was via (inter-)nationale wissenschaftliche Kongresse sowie Veröffentlichungen in begutachteten internationalen Fachzeitschriften geplant ist.

# Entwicklung, Evaluation und Transfer einer funktionsbezogenen Diagnostik, Prävention und Therapie bei Rückenschmerz für den Spitzensport und die Gesamtgesellschaft

(AZ 080102A/11-14)

*F. Mayer<sup>1</sup>, A. Arampatzis<sup>2</sup>, W. Banzer<sup>3</sup>, H. Beck<sup>4</sup>, G.-P. Brüggemann<sup>5</sup>, M. Hasenbring<sup>6</sup>, M. Kellmann<sup>7</sup>, J. Kleinert<sup>8</sup>, M. Schiltenswolf<sup>9</sup>, H. Schmidt<sup>10</sup>, C. Schneider<sup>11</sup>, D. Stengel<sup>12</sup>, P.-M. Wippert<sup>13</sup> & P. Platen<sup>14</sup>*

<sup>1</sup>Hochschulambulanz der Universität Potsdam, Zentrum für Sportmedizin

<sup>2</sup>Humboldt-Universität zu Berlin, Abteilung Trainings- und Bewegungswissenschaften

<sup>3</sup>Goethe-Universität Frankfurt, Abteilung Sportmedizin

<sup>4</sup>Universitätsklinikum Carl Gustav Carus, Zentrum für Orthopädie & Unfallchirurgie

<sup>5</sup>Institut für Biomechanik und Orthopädie, Deutsche Sporthochschule Köln

<sup>6</sup>Medizinische Psychologie und Medizinische Soziologie, Ruhr-Universität Bochum

<sup>7</sup>Fakultät für Sportwissenschaft, Lehr- und Forschungsbereich Sportpsychologie, Ruhr-Universität Bochum

<sup>8</sup>Psychologisches Institut, Abteilung Gesundheit & Sozialpsychologie, Deutsche Sporthochschule Köln

<sup>9</sup>Universitätsklinikum Heidelberg, Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, Zentrum für Orthopädie, Unfallchirurgie und Paraplegiologie

<sup>10</sup>Julius Wolff Institut, Charité-Universitätsmedizin Berlin

<sup>11</sup>Sportorthopädisches Institut & Orthopädiezentrum Theresie München

<sup>12</sup>Zentrum für Klinische Forschung Unfallkrankenhaus Berlin

<sup>13</sup>Universität Potsdam, Sport- und Gesundheitssoziologie

<sup>14</sup>Lehr- und Forschungsbereich Sportmedizin und Sporternährung, Fakultät für Sportwissenschaft, Ruhr-Universität Bochum

## 1 Problem

Idiopathische und unspezifische Rückenschmerzen sind relevant für das Gesundheitssystem sowie für Alltag, Breiten- und Spitzensport. Verschiedene Untersuchungen berichten über eine Lebenszeitprävalenz von bis zu 90 % und eine Punktprävalenz zwischen 30 und 50 % je nach Alter und Geschlecht (Choi et al., 2010; Hasenbring et al., 2018; Saragiotto et al., 2016). Bei Athletinnen und Athleten variiert die Prävalenz deutlich je nach Disziplin und Sportart (Trompeter, Fett & Platen, 2016). Als maßgeblicher Faktor für den Beginn und die Chronifizierung der Beschwerden gelten neuromuskuläre und strukturelle Defizite, häufig begleitet von biopsychosozialen Faktoren (Fersum et al., 2010; Hasenbring & Verbunt, 2010; Hasenbring et al., 2018; Hayden et al., 2005; Heidari et al., 2016). Obwohl die Aussagekraft für ein valides Erklärungsmodell der Beschwerden eingeschränkt

ist, werden bildgebende Verfahren häufig eingesetzt (Hasenbring & Verbunt, 2010; Hayden et al., 2005; Milliaropoulos et al., 2017; Saragiotto et al., 2016). Die primäre Aufgabe besteht dabei in der Abklärung von so genannten „red flags“ (Tumore, Entzündungen, frische Frakturen).

Die Bedeutung der aktiven Kompensation von Belastungen des Rumpfes und der Wirbelsäule wird als zunehmend relevant erachtet (Borghuis, Hof & Lemmink, 2008). Der Optimierung bzw. dem Erhalt der Rumpfstabilität wird daher eine hohe Relevanz zugeschrieben. In der Therapie und Prävention sind körperliche Aktivität und Sport zwar evident (Choi et al., 2010; Hayden et al., 2005), allerdings ist derzeit nicht abschließend geklärt, welche Art und Dosierung wirksam ist. Darüber hinaus ist unklar, welches Trainingsminimum eingehalten werden muss und wie unterschiedliche Kreise von Adressa-

tinnen und Adressaten für einen nachhaltigen Effekt angesprochen werden müssen.

Legt man für den wissenschaftlichen Nachweis der Wirksamkeit präventiver und therapeutischer Trainingsinterventionen ein Paradigma der schnellen Kompensationsfähigkeit äußerer Lasten und einer zeitnahen Adaptation zugrunde, ist ein neuromuskulär begründeter Zugang naheliegend und im Detail zu belegen (Borghuis, Hof & Lemmink, 2008). Für die Prädiktion positiver Adaptationen sind demnach die posturale Kontrolle und die Aktivität der rumpfumgreifenden Muskulatur in Belastungssituationen unter Instabilität oder unter Verwendung von Störreizen bedeutsam (Arampatzis et al., 2017; Engel et al., 2017; Mueller et al., 2017). Weiterhin ist zu prüfen, in wieweit die sensomotorische Funktionsfähigkeit von psychophysiologischen Adaptations- und Schmerzmodulationsprozessen moderiert wird (Fersum et al., 2010; Hartvigsen et al., 2018). Neben den Inhalten ist der Compliance ein hoher Stellenwert für die Wirksamkeit von Training zuzuschreiben. Somit ist der Transfer der Inhalte über die forschungsbasierte, kontrollierte Anwendung in Strukturen des Spitzen-, Breiten- und Gesundheitssports bis in die Gesamtgesellschaft notwendig.

## 2 Methode

Das nationale Forschungsnetzwerk „Medicine in Spine Exercise“ (MiSpEx) arbeitet unter dem Projektnamen „Ran Rücken“ seit 2011 an der Entwicklung und Validierung adressatengerechter Interventionsprogramme mit dem Ziel der Adaptation neuromuskulärer Interaktionen und Schmerz, moderiert durch Trainingszustand, Schmerzempfinden, allostatische Last und Versorgungskontext. Insgesamt wurden rund 8.000 Gesunde sowie Patientinnen und Patienten mit Rückenschmerzen aus der Allgemeinbevölkerung und dem Spitzensport in 34 Projekten wissenschaftlich und klinisch betreut. Neben der Validierung neuer, konsekutiv auf den Ergebnissen aufgebauten Interventionsmodulen standen die Evaluation von Transferstrategien in die medizinische Versorgung, die Systeme des Leistungssports und die Gesamtgesellschaft sowie die Analyse von Dosis-Wirkungsbeziehungen im Focus des Projektes.

In der ersten Phase von „MiSpEx“ wurde in mehreren zentrumbasierten Laboruntersuchungen analysiert, inwieweit Störreize (sogenannte Perturbationen) in Trainingsprogramme umgesetzt werden können. In Labor- und Feldstudien wurde darüber hinaus untersucht, inwieweit sportartspezifische und alltägliche Belastungssituationen quantifiziert und in realitätsnahe Trainingsformen übertragen werden können. Zudem wurden valide und zeiteffiziente Algorithmen für die Erfassung der moderierenden Faktoren entwickelt. In einer bundesweiten Multicenterstudie wurde schließlich geklärt, welche (funktions-)diagnostischen und klinischen Variablen in der Quer- und Längsschnittbeurteilung bei Patientinnen und Patienten sowie Athletinnen und Athleten reliabel und valide eingesetzt werden können. Abschließend fand – ebenfalls im Setting einer bundesweiten Multicenterstudie – die Überprüfung der Machbarkeit einer Trainingsintervention zur Prävention und Behandlung von Rückenschmerzen bei Athletinnen und Athleten aber auch in der Allgemeinbevölkerung statt.

In der 2. Projektphase erfolgte die Evaluation der präventiven und therapeutischen Effizienz von neuen, konsekutiv auf den Ergebnissen der ersten Projektphase aufgebauten Interventionsmodulen in den Zielgruppen Spitzensport und Allgemeinbevölkerung, der Transfer (funktions-)diagnostischer Module und Interventionsprogramme aus MiSpEx I in Zielgruppen (Grundversorgung, Kliniken, Kompetenzzentren) und die differenzierte Analyse der Dosis-Wirkungsbeziehung (Mindestdosis und -aufwand für Responder) für eine zielgruppenadäquate Zusammenstellung von Diagnostik und Interventionsmodulen. Zentraler methodischer Baustein hierzu war eine GCP-kontrollierte Multicenterstudie MSCB an insgesamt N = 1.580 Patientinnen und Patienten sowie Athletinnen und Athleten (Niederer et al., 2016). Die Analyse des Transfers in unterschiedliche Zielgruppen fand über Schwerpunkttransferzentren und bundesweite Transfercluster statt. Effektivitätsnachweis und Transfer wurden jeweils um Einzelfragestellungen durch differenzierte, zentrumbasierte Parallelstudien ergänzt. Schließlich fanden weitere 5 Parallelstudien zur Spezifizierung von Interventionsmodulen multimodaler

Konzepte und die Differenzierung der Dosis-Wirkung statt.

### 3 Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass in Abhängigkeit des moderierenden Faktors „Trainingszustand“ Interventionen zur Adaptation neuromuskulärer Strukturen für Gesunde (Risikoreduktion) sowie Patientinnen und Patienten (Schmerzreduktion, Funktionsverbesserung) sinnvoll sind. Eine schnelle Interaktion zwischen Training und sensomotorischem System lassen Programme mit geringem Zeit- und Kostenaufwand bei hoher Effizienz und wenig aufwändiger Ausführung (heim- oder zentrumsbasiert) zu. Eine hohe Variabilität von Rückenschmerzen im Sport konnte bestätigt werden. Es fand sich eine zunehmende Belastung in Richtung der kaudalen Segmente vornehmlich bei Rotation, Reklination und Translation unter Last. Neuromuskuläre Kenngrößen (vorrangig Messung der Rumpfkraft, Erfassung der posturalen Kontrolle, klinische Mobilitätstest) und Variablen der Schmerzempfindung (vorrangig Schmerzfragebogen nach v. Korff) sind valide in der Beurteilung des Längsschnitts mit bzw. ohne Intervention und in der Differenzierung zwischen Patientinnen und Patienten sowie Gesunden. Es konnte nachgewiesen werden, dass ein Training zur Kompensation externer Perturbationen bei geringem Aufwand präventiv und therapeutisch bei Athletinnen und Athleten sowie in der Allgemeinbevölkerung wirksam ist.

Eine durchschnittliche Trainingshäufigkeit von mindestens 2 Einheiten wöchentlich bei sportartspezifischer bzw. adressatengerechter Auswahl und Dosierung ist erforderlich. Vor Beginn des Trainings scheint ein psychosoziales Screening sinnvoll (Hasenbring et al., 2018; Wippert et al., 2018; Wippert et al., 2017), um Athletinnen und Athleten sowie Patientinnen und Patienten differenziert einem isolierten Training oder einem multimodalen Programm zuführen zu können. Eine Kombination aus einer 3-wöchigen zentrumsbasierten Ausbildung, gefolgt von einer 9-wöchigen Heimtrainingsphase mit Monitoring, ist sinnvoll.

In der Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse lassen sich folgende (Haupt)Aussagen treffen:

- Ein sensomotorisches Training unter Einbeziehung von Perturbationen (motorischen Störreizen) ist wirksam in der Behandlung von unteren Rückenschmerzen. Effekte zeigen sich auf neuromuskulärer Ebene, für die Schmerzintensität und für die Beeinträchtigung durch den Schmerz. Es findet sich u. a. eine Zunahme der Rumpfkraft bei gleichzeitiger Abnahme von Schmerzintensität und -beeinträchtigung. Die Wirksamkeit zeigt sich sowohl für Nichtsportlerinnen und -sportler, als auch im Freizeit- und Spitz-

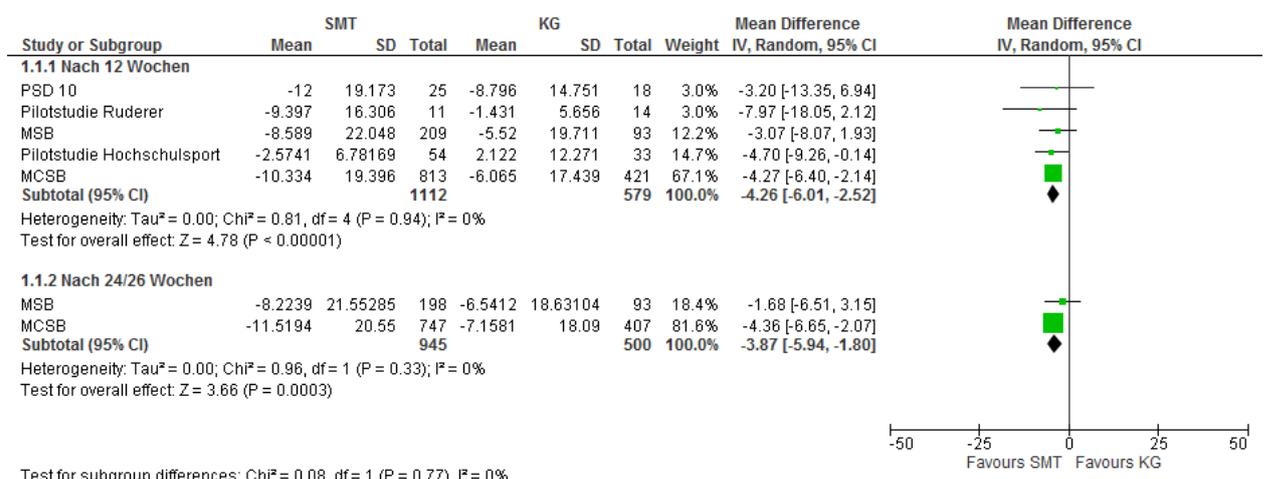


Abb. 1: Veränderung der schmerzbedingten Beeinträchtigung nach 12 bzw. 24/26 Wochen Training unter Einbeziehung von Perturbationen. Metaanalytischer Ansatz aus unterschiedlichen Studien des MiSpEx-Netzwerkes.

zensport ohne Abhängigkeit vom Ausmaß der sportlichen Betätigung.

- Eine Umfangsempfehlung von drei Trainingseinheiten/Woche bestehend aus 4 Übungen (rund 25 min.) für insgesamt 12 Wochen ist mindestens 6 Monate wirksam. Eine Kombination aus zentrumsbasierter Schulung für drei Wochen und einem anschließenden Heimprogramm hat sich bewährt. Über die Empfehlung (3 Trainingseinheiten/Woche) wird eine Compliance von 2 Trainingseinheiten/Woche über ein halbes Jahr erreicht. Die (Trainings) Compliance ist zentrumsbasiert etwas höher als heimbasiert und abhängig vom individuellen Schmerzempfinden sowie der intrinsischen Motivation. Das Training zeigt unabhängig vom Schwierigkeitsgrad der Übungen vergleichbare Effekte. Die Benennung einer allgemeingültigen Adaptationsschwelle ist nicht sinnvoll.
- Eine Implementierung von Perturbationen in ein sensomotorisch begründetes Training führt zu zusätzlichen Effekten, sowohl in der Allgemeinbevölkerung als auch im Spitzensport. Als Mechanismus wird eine bessere Kompensation von unerwartet und plötzlich einwirkenden Kräften angenommen. Die dadurch ausgelösten Situationen simulieren Belastungen in Alltag und Sport. Eine allgemeine Beeinflussung des Trainingseffekts durch biopsychosoziale Faktoren wurde nicht nachgewiesen und bleibt daher dem Einzelfall vorbehalten.
- Die in MiSpEx erhaltenen Ergebnisse sind aussagekräftig für Personen, die durch ihre unteren Rückenschmerzen gering beeinträchtigt sind. Dies betrifft

den überwiegenden Anteil der Bevölkerung und der Spitzensportlerinnen und -sportler. Eine Übertragung auf klinische Schmerzpatientinnen und -patienten ist zu diskutieren und gesondert nachzuweisen.

- Eine Prognose von unteren Rückenschmerzen durch Zielgrößen aus MiSpEx gelingt nur begrenzt. Eine Vorhersage von Schmerz und Kraft auf Basis neuromuskulärer Messgrößen ist zwar mit Einschränkungen möglich, eine für eine Empfehlung ausreichende Stärke des Zusammenhangs lässt sich allerdings nicht belegen.
- Der Transfer des Trainingsprogramms aus MiSpEx gelingt in unterschiedliche Settings, sowohl für die Prävention, als auch die Behandlung unterer Rückenschmerzen. In der Allgemeinbevölkerung sollte ein definiertes Trainingsprogramm empfohlen und geschult werden. Zudem bieten sich Aus- und Weiterbildungen von Multiplikatoren (v. a. Trainerinnen und Trainer, Sport- und Physiotherapeutinnen und -therapeuten) an. Im Bereich des Spitzensports sollte das Konzept der Perturbationen vermittelt werden. Die Integration erfolgt in der Regel sportartspezifisch durch die Trainerin bzw. den Trainer.



Abb. 2: Sportartspezifisches Rumpf-/Rückentraining (z. B. Kanu, Rudern) mit zusätzlicher Perturbation

## 4 Diskussion und Zusammenfassung

Die aktive Kompensation von Belastungen des Rumpfes und der Wirbelsäule ist sowohl im (Spitzen)Sport als auch bei Aktivitäten in Alltag und Beruf von Bedeutung (Borghuis, Hof & Lemmink, 2008; Saragiotto et al., 2016). Die Intensität dieser Belastungen sollte demnach in der Prävention und Behandlung adressiert werden, um realitätsnahe Situationen zu simulieren und somit die Kompensation zu trainieren. Ein sensomotorischer Zugang ergänzt um Perturbationen scheint diesem Paradigma gerecht zu werden, wobei unterschiedliche Einflussfaktoren und Voraussetzungen für die Umsetzung zu berücksichtigen sind. Allerdings sollte insbesondere nach dem Kreis der Adressatinnen und Adressaten differenziert werden. So gelingt der Transfer in den Trainingsalltag des Spitzensports vorrangig dadurch, dass der konzeptionelle Ansatz der Implikation von Störreizen unter Einsatz externer Lasten in sportartspezifische Bewegungsabläufe und reguläre Trainingsformen integriert wird (Arampatzis et al., 2017). Im Gegensatz dazu sind für die Umsetzung in der Allgemeinbevölkerung vordefinierte Programme (z. B. 4 Übungen pro Trainingseinheit) mit möglicher Auswahl unterschiedlicher Schwierigkeitslevel sinnvoll.



Abb. 3: Allgemeines Rumpf-/Rückentraining

Ein zentraler Punkt der Umsetzung und der Akzeptanz eines Trainingsprogramms mit Perturbationen ist die Dosierung der Intensität, um einerseits durch die z. T. hohen Belastungen keine Beschwerden auszulösen bzw. zu aggravieren, jedoch andererseits alltags- und sport-

artspezifische Belastungssituation zu simulieren und damit die Kompensation zu trainieren. Etabliert hat sich hierbei ein Zugang über eine zentrumsbasierte Schulungsphase von drei Wochen, in der die Übungen unter Anleitung (Trainerin/Trainer im Spitzensport, Trainingstherapeutin/-therapeut im Spitzensport und in der Allgemeinbevölkerung) eingeführt, weiterentwickelt und in der Dosierung gesteigert werden können. Bei Athletinnen und Athleten bzw. Patientinnen und Patienten, die bereits über Rückenbeschwerden klagen, ist dabei die schmerzassoziierte Bewegungsausführung und damit die Anpassung der Intensität der Perturbationen nicht einfach und im Einzelfall anzupassen. Gegebenenfalls hilft ein trainingsbegleitendes Monitoring der subjektiven Schmerzempfindung (Saragiotto et al., 2016). Die Ergebnisse der Untersuchung konnten zeigen, dass eine kontinuierliche Erfassung der Extensionskraft des Rumpfes ggf. kombiniert mit der Erfassung der posturalen Kontrolle bzw. (zumindest in der Allgemeinbevölkerung) der Mobilität über klinische Funktionstests sinnvoll ist. Einschränkend diskutiert werden muss hier allerdings die apparativ aufwändige und fachspezifisch anspruchsvolle Erfassung der Kraft und die (zumindest für den Spitzensport) nur begrenzt bzw. für den Einzelfall aussagekräftige Erfassung von Mobilität und posturaler Kontrolle. Dennoch scheint die Funktionsdiagnostik zumindest im Bereich des Sports als Ergänzung der klinischen Diagnostik sinnvoll, wenngleich eine Prognose des Schmerzverlaufes nicht abschließend gelingt.



Abb. 4: Sportartspezifisches Rumpf-/Rückentraining (z. B. Kanadier) mit zusätzlicher Perturbation

Zusammenfassend wird gefolgert, dass ein (sensomotorisch orientiertes) Training unter Einbeziehung von Perturbationen in der Therapie und Prävention von unteren Rückenschmerzen bei Athletinnen und Athleten sowie in der Allgemeinbevölkerung wirksam eingesetzt werden kann und effektiv ist. Der geringe Zeitaufwand lässt eine Implementierung in den Trainingssalltag problemlos zu. Die Adjustierung und Entwicklung realitätsnaher Intensitäten gelingt sowohl für den Spitzensport, als auch für die Allgemeinbevölkerung durch die Kombination aus einer kurzen zentrumsbasierten, fachspezifischen Begleitung mit folgender Umsetzung als eigenständig durchgeführtes Programm.

## 5 Literatur

- Arampatzis, A., Schroll, A., Catalá, M. M., Laube, G., Schüler, S. & Dreinhofer, K. (2017). A random-perturbation therapy in chronic non-specific low-back pain patients: a randomised controlled trial. *European journal of applied physiology*, 117, 2547-2560.
- Borghuis, J., Hof, A. L. & Lemmink, P.M. (2008). The importance of sensory-motor control in providing core stability: implications for measurement and training. *Sports medicine*, 38, 893-916.
- Choi, B. K., Verbeek, J. H., Tam, W. W. & Jiang, J. Y. (2010). Exercises for prevention of recurrences of low-back pain. *The Cochrane database of systematic reviews*, Issue 1. Art. No.: CD006555. doi: 10.1002/14651858.CD006555
- Engel, T., Mueller, J., Kopinski, S., Reschke, A., Mueller, S. & Mayer, F. (2017). Unexpected walking perturbations: Reliability and validity of a new treadmill protocol to provoke muscular reflex activities at lower extremities and the trunk. *Journal of biomechanics*, 55, 152-155. Epub ahead of print. DOI: 10.1016/j.jbiomech.2017.02.026
- Fersum, K. V., Dankaerts, W., O'Sullivan, P. B., Maes, J., Skouen, J. S., Bjordal, J. M. & Kvåle, A. (2010). Integration of subclassification strategies in randomised controlled clinical trials evaluating manual therapy treatment and exercise therapy for non-specific chronic low back pain: a systematic review. *British journal of sports medicine*, 44, 1054-1062.
- Hartvigsen, J., Hancock, M. J., Kongsted, A., Louw, Q., Ferreira, M. L., Genevay, S., et al. (2018). What low back pain is and why we need to pay attention. *Lancet*, 391 (10137), 2356-2367.
- Hasenbring, M. & Verbunt, J. A. (2010). Fear-Avoidance and endurance-related responses to pain: New models of behaviour and their consequences for clinical practice. *The clinical journal of pain*, 26, 747-752.
- Hasenbring, M., Levenig, C., Hallner, D., Puschmann, A., Weiffen, A., Kleinert, J., Belz, J., Schiltenswolf, M., Pfeifer, A., Heidari, J., Kellmann, M. & Wippert, P. (2018). Psychosoziale Risikofaktoren für chronischen Rückenschmerz in der Allgemeingesellschaft und im Leistungssport: Von der Modellbildung zum klinischen Screening – ein Review aus dem MiSpEx-Netzwerk. *Der Schmerz*, 32 (4), 259-273. doi:10.1007/s00482-018-0307-5
- Hayden, J. A., van Tulder, M. W., Malmivaara, A. & Koes, B. W. (2005). Exercise therapy for treatment of non-specific low back pain. *The Cochrane database of systematic reviews*, Issue 3. Art. No.: CD000335
- Heidari, J., Hasenbring, M., Kleinert, J. & Kellmann, M. (2016). Stress-related psychological factors for back pain among athletes: Important topic with scarce evidence. *European journal of sports science*, 17 (3), 351-359. doi:10.1080/17461391.2016.1252429
- Malliaropoulos, N., Bikos, G., Meke, M., Tsifountoudis, I., Pyne, D. & Korakakis, V. (2017). Mechanical Low Back Pain in Elite Track and Field Athletes: An observational cohort study. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, 30, 681-689.
- Mueller, J., Engel, T., Mueller, S., Stoll, J., Baur, H. & Mayer, F. (2017). Effects of sudden walking perturbations on neuromuscular reflex activity and three-dimensional motion of the trunk in healthy controls

and back pain symptomatic subjects.  
*PLoS One*, 12: e0174034.

- Niederer, D., Vogt, L., Wippert, P.-M., Puschmann, A.-K., Pfeifer, A.-C., Schiltewolf, M., Banzer, W. & Mayer, F. (2016). Medicine in spine exercise (MiSpEx) for nonspecific low back pain patients: study protocol for a multicentre, single-blind randomized controlled trial. *Trials*, 17, 507.
- Saragiotto, B. T., Maher, C. G., Yamato, T. P., Lo, T. P. C., Menezes Costa, L., Ostelo, R. & Macedo, L. (2016). Motor control exercise for chronic non-specific low-back pain. *The Cochrane database of systematic reviews*, Issue 1. Art. No.: CD012004
- Trompeter, K., Fett, D. & Platen, P. (2016). Prevalence of back pain in sports: a systematic review of the literature. *Sports medicine*, 46, 1-25. doi:10.1007/s40279-016-0645-3
- Wippert, P., Arampatzis, A., Banzer, W., Beck, H., Hasenbring, M., Schiltewolf, M., Schneider, C., Stengel, D., Platen, P. & Mayer, F. (2018). Psychosoziale Risikofaktoren in der Entstehung von chronisch unspezifischen Rückenschmerzen . Auszug aus der methodischen Rationale der Multicenterstudien in MiSpEx. *Zeitschrift Sportpsychologie*, 25, 1-11. <https://doi.org/10.1026/1612-5010/a000245>
- Wippert, P., Puschmann, A., Arampatzis, A., Schiltewolf, M. & Mayer, F. (2017). Diagnosis of psychosocial risk factors in prevention of back pain in athletes (MiSpEx Network). *BMJ Open Sport & Exercise Medicine*, 3: e000295. doi:10.1136/bmjsem-2017-000295



# Sozial- und Verhaltenswissenschaften





# Weltmeister werden mit Euch! Aber wie?

## Eine Studie zum Problem der Unterrepräsentanz von Spielerinnen und Spielern mit Migrationshintergrund im Handball

(AZ 070901/16-18)

Carmen Borggrefe<sup>1</sup> (Projektleitung) & Klaus Cachay<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Stuttgart

<sup>2</sup>Universität Bielefeld

### 1 Problem

Das Projekt greift ein zentrales Problem des vereinsorganisierten Sports in Deutschland auf: die Unterrepräsentanz von Personen mit Migrationshintergrund in bundesdeutschen Sportvereinen. Dabei scheint offenkundig ein Zusammenhang dieses Problems mit dem Sportangebot der Vereine zu bestehen, sprich: Vereinen, die Fußball und Kampfsport im Angebot haben, gelingt es in der Regel problemlos, Personen mit Migrationshintergrund als Mitglieder zu gewinnen. Vereine hingegen, die andere Sportarten anbieten, tun sich schwer, das Mitglieder- und Talentpotenzial der Bevölkerung mit Migrationshintergrund zu erschließen. Eine Sportart, die hiervon in besonderem Maße betroffen ist, ist Handball – nach Fußball die unbestrittene Nummer zwei der Teamsportarten in Deutschland.

Die deutliche Unterrepräsentanz von Spielerinnen und Spielern mit Migrationshintergrund ist für den organisierten Handballsport zum einen in gesellschaftspolitischer Hinsicht problematisch, weil dadurch kein Beitrag zur gesellschaftlichen Integration von Personen mit Migrationshintergrund geleistet wird. Zum anderen resultiert daraus aber zweifellos auch ein gravierendes Problem für die Entwicklung des Handballsports selbst. Denn wenn es zukünftig nicht gelingt, Kinder und Jugendliche mit Migrationshintergrund zu rekrutieren, wird der organisierte Handballsport seinen Bestand an Mitgliedern und Mannschaftszahlen nicht sichern und auch keinen flächendeckenden Spielbetrieb

mehr durchführen können, was nicht zuletzt auch Auswirkungen auf den sportlichen Erfolg der Nationalmannschaften haben dürfte.

Die Studie greift diese Problematik mit einer doppelten Zielsetzung auf: So geht es einerseits darum zu ergründen, wo die Ursachen für die deutliche Unterrepräsentanz von Spielerinnen und Spielern mit Migrationshintergrund im Handball liegen. Zum anderen aber sollen eben auch konkrete Maßnahmen aufgezeigt werden, die von den Vereinen und Verbänden ergriffen werden können, um zukünftig mehr Kinder und Jugendliche mit Migrationshintergrund für den Handballsport zu begeistern.

### 2 Methode

Auf *theoretischer Ebene* wurden erstens Mechanismen der Exklusion von Personen mit Migrationshintergrund aus dem Handballsport reflektiert, wobei zwischen Mechanismen der indirekten Fremdexklusion auf der Seite der Handballvereine und ihrer spezifischen Strukturmerkmale und Mechanismen der Selbstexklusion auf der Seite der Personen mit Migrationshintergrund in Form sozialisationsbedingter Sportartpräferenzen differenziert wurde. Um die durch Prozesse der Fremd- und Selbstexklusion konstituierte „Grenzlinie“ zwischen dem vereinsorganisierten Handballsport und Personen mit Migrationshintergrund präzise fassen zu können, wurde der theoretische Bezugsrahmen zudem um Überlegungen zur symbolischen Grenzziehung und zur Konstruktion von Zugehörigkeit erweitert. Zweitens wurden

Möglichkeiten einer vermehrten Inklusion von Personen mit Migrationshintergrund in den Handballsport reflektiert, wobei im Rahmen organisationstheoretischer Überlegungen sowohl Strukturvoraussetzungen der Vereine als auch der Schulen berücksichtigt wurden.

Auf *empirischer Ebene* wurden im Lichte dieser theoretischen Überlegungen Fallstudien in vier Städten durchgeführt, bei deren Auswahl lokale und regionale Besonderheiten sowie der Stellenwert der Sportart Handball, der sich nicht zuletzt aus der Konkurrenz zu anderen Sportarten ergibt, berücksichtigt wurden. Neben dem für alle vier Städte verbindlichen Merkmal eines ausreichenden Anteils an Personen mit Migrationshintergrund war die Entscheidung maßgeblich durch das Kriterium „mittelstädtische Handball-Hochburg“ vs. „großstädtischer Raum mit hoher Sportartenkonkurrenz“ bedingt. Für die beiden ausgewählten Mittelstädte gilt, dass es sich hier um Hochburgen handelt, in denen Handball die Sportart „Nummer 1“ ist, auf eine lange Tradition zurückblickt und maßgeblich zur lokalen Identitätsstiftung beiträgt. Der Stellenwert des Handballs beruht in diesen Hochburgen nicht zuletzt auf den sportlichen Erfolgen der örtlichen Vereine, die jeweils mehrmals Deutscher Meister, DHB-Pokalsieger und Europapokalsieger waren. Neben den mittelstädtischen Handball-Hochburgen wurden aber auch großstädtische Räume berücksichtigt, weil der Handball hier durch die Vielzahl anderer Sport- und Bewegungsangebote – nicht zuletzt durch den omnipräsenten Fußball – eine große Konkurrenz erfährt. So verfügen beide ausgewählten Großstädte über einen Verein in der ersten bzw. zweiten Fußball-Bundesliga, die eine Großstadt weist zudem aber auch einen Handball-Bundesligisten auf.

Die Konstruktion der vier Fälle erfolgte also entlang der spezifischen, räumlich und sozialstrukturell bedingten Verankerung der Sportart Handball in Mittel- und Großstädten. In allen vier Städten wurden jeweils quantitative und qualitative Daten erhoben, die quantitativen Daten in Form einer onlinebasierten standardisierten Befragung von 1.869 Schülerinnen und Schülern der neunten Klassen an weiterführenden Schulen, die qualitativen Daten in Form von leitfadengestützten Experteninterviews mit Ver-

einsvertretern, Schulvertretern und Vertretern von kommunalen Integrationseinrichtungen, biographisch geprägten Leitfadenterviews mit Handballspielerinnen und -spielern mit Migrationshintergrund sowie Gruppeninterviews mit nichthandballspielenden Schülerinnen und Schülern mit Migrationshintergrund. Zudem wurden fallstudienbezogen auf Kreis- und Bezirksebene sowie fallstudienübergreifend auf Bundes- und Landesebene Experteninterviews mit Vertretern von Handballverbänden geführt. Insgesamt wurden 111 Interviewpartner bzw. -partnerinnen befragt, davon 90 in Einzelinterviews und 21 in Gruppeninterviews. Alle Interviews wurden schließlich im Rahmen einer qualitativen Inhaltsanalyse theoriegeleitet ausgewertet. Ergänzend zu der quantitativen und qualitativen Datenerhebung erfolgte eine Dokumentenanalyse, im Rahmen derer u. a. Verbandskonzeptionen, Imagekampagnen, schulische Lehrpläne sowie Medienberichte analysiert wurden.

### 3 Ergebnisse und Handlungsempfehlungen

Die umfangreichen Ergebnisse der qualitativen und quantitativen Untersuchung lassen sich in der hier gebotenen Kürze nicht vollständig und nachvollziehbar darstellen, weshalb wir an dieser Stelle auf den Versuch einer höchst selektiven Ergebnisdarstellung verzichten und stattdessen direkt auf die Handlungsempfehlungen eingehen, die wir aus den Ergebnissen im Hinblick auf die vermehrte Inklusion von Kindern und Jugendlichen in den Handballsport ableiten. Hier lassen sich vier allgemeine Handlungsfelder beschreiben:

- *Erstens* gilt es, Prozesse indirekter Fremdexklusion zu vermeiden, indem Handballvereine und -verbände darauf achten, dass die Sportart und die jeweiligen Vereinsstrukturen bei Personen mit Migrationshintergrund nicht den Eindruck des Nicht-Erwünschenseins und der Nicht-Passfähigkeit erzeugen.

- › *Zweitens* gilt es zu vermeiden, dass durch Prozesse symbolischer Grenzziehung und der Konstruktion von Zugehörigkeit Mechanismen der Selbstexklusion von Personen mit Migrationshintergrund aktiviert werden, die einer Teilnahme am Handballsport entgegenstehen.
- › *Drittens* gilt es sicherzustellen, dass die Sportart Handball auch von der Migrantenbevölkerung wahrgenommen und beobachtet werden kann, um so Exklusion durch Nicht-Erreichbarkeit zu vermeiden.
- › Und *viertens* bedarf es aktiver und gezielter Inklusionsstrategien von Handballvereinen und -verbänden, um über konkrete Programme eine Öffnung gegenüber Personen mit Migrationshintergrund zu erreichen.

Fragt man nun danach, welche konkreten Maßnahmen und Programme im organisierten Handballsport entwickelt werden können, dann lassen sich differenziert für Handballvereine und -verbände folgende Handlungsempfehlungen formulieren:

### **Handballvereine**

- › Eine gezielte Öffnung gegenüber Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund setzt zunächst voraus, dass Handballvereine dieses Thema programmatisch verankern, d. h., dass sie es als konkretes Ziel formulieren und auch schriftlich (z. B. in einem Leitbild) fixieren. Eine Umsetzung dieses Ziels setzt zudem voraus, dass auf der Ebene des Personals Zuständigkeiten festgelegt werden, also entschieden wird, wer sich auf der Ebene des Vorstandes und gegebenenfalls vorhandener hauptberuflicher Mitarbeiter mit dem Thema befasst. Für eine erfolgreiche Umsetzung der Öffnung gegenüber Kindern und

Jugendlichen mit Migrationshintergrund dürfte es sodann wichtig sein, die Bedeutung dieser Öffnung für den Verein transparent zu machen, die Mitglieder in Versammlungen, über die Homepage oder über die Vereinszeitschrift zu informieren und für die Relevanz des Themas zu sensibilisieren, um Akzeptanz zu gewinnen und Öffnungsprozesse an das Selbstverständnis sowie an bestehende Traditionen des Vereins und seiner Mitglieder anzubinden. Dabei ist davon auszugehen, dass eine funktionale Argumentation, die sich beispielsweise auf den Erhalt der Mannschaftszahlen und die Eigenständigkeit des Vereins oder die sportliche Konkurrenzfähigkeit bezieht, sehr viel erfolgversprechender ist als der bloße Verweis auf die Verantwortung für gesellschaftliche Integrationsprozesse.

- › Zur Vermeidung von Formen indirekter Fremdexklusion ist die Gestaltung vereinsbezogener Medien (z. B. Homepage, Vereinszeitung, Artikel in der lokalen Presse) dahingehend zu reflektieren, dass dort nicht unbewusst über die Bildsprache (z. B. Fotos mit vielen blonden Kindern) ein „Horizont der Nicht-Passfähigkeit“ erzeugt wird. Vielmehr sind in entsprechenden Präsentationen und Verlautbarungen des Vereins Themen wie Vielfalt und Offenheit explizit zu betonen und hervorzuheben. Darüber hinaus ist allen Formen des offenen oder verdeckten Rassismus bei Trainern, Spielern oder Zuschauern entschieden und öffentlichkeitswirksam zu begegnen, um ethnische Grenzziehungen, die die Konstruktion von Zugehörigkeit zu einem Handballverein erschweren, zu verhindern.

- › Da eine direkte Adressierung der Kinder und Jugendlichen mit Migrationshintergrund sowie ihrer Familien eine wesentliche Voraussetzung der vermehrten Inklusion darstellt, müssen die Vereine Strategien der gezielten Ansprache dieser Zielgruppe entwickeln und optimieren. Dies kann beispielsweise darüber geschehen, dass Personen, die bereits Mitglied im Verein sind, Freundinnen und Freunde oder Nachbarskinder mit zum Training bringen. Generell gilt es, insbesondere bei Trainern und Übungsleitern das Bewusstsein zu schaffen, dass es sich bei der Rekrutierung neuer Mitglieder in besonderem Maße lohnt, Kinder und Jugendliche mit Migrationshintergrund in den Fokus zu rücken und diese und ihre Familien langfristig an die Vereine zu binden. Die empirischen Ergebnisse zeigen nämlich eindeutig, dass dort, wo die Rekrutierung und Bindung von Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund gelingt, diese geradezu automatisch weitere nachziehen, die Inklusion also gewissermaßen zu einem „Selbstläufer“ wird. Um Missverständnisse zu vermeiden: „Gezielte Adressierung“ meint nicht eine Ansprache *als* Person mit Migrationshintergrund, was Grenzziehungen ja nur verstärken würde, sondern es geht allein darum, die Gruppe der bislang im Handball unterrepräsentierten Personen mit Migrationshintergrund gezielt in den Fokus der Adressierung zu rücken, ohne dabei generelle Unterschiede zwischen Personen mit und ohne Migrationshintergrund zu unterstellen.
- › Über solche Maßnahmen der gezielten Adressierung, die an Vereinsmitglieder gebunden sind, hinaus gilt es, Kooperationen mit Organisationen, in denen sich Kinder und Jugendliche mit Migrationshintergrund gut erreichen lassen, zu initiieren und zu optimieren. Dies können zum einen spezifische Migrantenorganisationen (z. B. Moschee- oder Kulturvereine) sein, zu denen man durch Einladungen oder gemeinsame Veranstaltungen Kontakte herstellt und Netzwerke etabliert. Dabei kann auch auf die Unterstützung sowie auf bestehende Netzwerke der kommunalen Integrationsämter zurückgegriffen werden. Zum anderen erscheint es unerlässlich, die Kooperationen mit Grundschulen auszubauen und zu optimieren, weil diese Zugriffsmöglichkeiten auf *alle* Kinder mit und ohne Migrationshintergrund bieten. Da der schulische Sportunterricht – wie gezeigt – eine immer geringer werdende Bedeutung für die Sportartsozialisation von Kindern und Jugendlichen hat, gilt es vor allem, die außerunterrichtlichen Angebote im Ganztags sowie in den AGs in den Blick zu nehmen. Die empirischen Ergebnisse weisen darauf hin, dass es gerade im Hinblick auf die Kinder und Jugendlichen mit Migrationshintergrund, die in den AGs mitmachen, bislang kaum gelingt, diese als Mitglieder in die Vereine zu überführen. Entsprechend gilt es auch hier, das Bemühen um diese Kinder zu verstärken und vor allem deren Eltern gezielt anzusprechen, beispielsweise über Informationsveranstaltungen im Rahmen von Elternabenden.
- › Um dem Problem der Nicht-Wahrnehmung der Sportart Handball in der Migrantenbevölkerung und der daraus resultierenden Exklusion durch Nicht-Erreich-

barkeit zu begegnen, erscheint es sinnvoll, die im Spitzenhandball vertretenen Bundesligavereine, die (über)regional eine höhere Medienpräsenz erreichen, in die gezielte Adressierung von Personen mit Migrationshintergrund einzubinden. Dies kann beispielsweise durch gezielte Imagekampagnen erfolgen, die die Aspekte wie „Internationalität“, „Offenheit und Vielfalt“ oder „Nein zu Rassismus“ thematisieren und damit auch dazu beitragen können, Prozesse symbolischer Grenzziehung und die Konstruktion von Handball als einer „deutschen Sportart“ zu verhindern. Die Vereine könnten darüber hinaus auch Schulkooperationen und -aktionen, die sie im Rahmen der Zuschauerwerbung und -bindung durchführen, gezielter an solchen Schulen durchführen, die einen hohen Anteil an Schülerinnen und Schülern mit Migrationshintergrund aufweisen. Auch hier gilt: Man wird Vereine nur für solche Maßnahmen gewinnen können, wenn man deren Funktionalität betont. Für Bundesligavereine können solche Maßnahmen deshalb funktional sein, weil sie dadurch ihr Spektrum an möglichen Nachwuchstalenten sowie an potenziellen Zuschauern erweitern, was sich auch positiv auf Vermarktungsmöglichkeiten auswirken kann. Den Bundesligisten ist zudem deutlich zu machen, dass sie im Hinblick auf eine vermehrte Inklusion von Kindern und Jugendlichen eng mit den Handballvereinen in ihrem Umfeld zusammenarbeiten und diese unterstützen sollten, da der Erhalt einer breiten Basis auch die Möglichkeiten der Rekrutierung von Nachwuchsspielerinnen und -spielern für die Spitze beeinflusst.

### **Handballverbände**

- › Die Handballverbände auf Bundes- und Landesebene können eine vermehrte Inklusion von Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund vor allem dadurch forcieren, dass sie ihre Mitgliedsvereine im Hinblick auf die Implementierung und Umsetzung der oben skizzierten Maßnahmen und Programme beraten und unterstützen. Dies kann entweder über eigene Beratungsangebote oder im Rückgriff auf die jeweils vorhandenen Angebote der Landessportbünde erfolgen, die allerdings im Hinblick auf ihre problemspezifische Zweckmäßigkeit zu überprüfen sind. Generell ist zu überlegen, wie Handballverbände ihre Mitgliedsvereine überhaupt für dieses Thema gewinnen können. Um die funktionale Bedeutung einer Öffnung gegenüber Personen mit Migrationshintergrund deutlich zu machen, erscheint es sinnvoll, keine Veranstaltungen ausschließlich zum Thema „Integration“ durchzuführen, sondern das Thema im Rahmen von z. B. Verbands- oder Staffeltagen zu behandeln und dabei stets an für die Vereine existenzielle Probleme wie Mitgliederwerbung und -bindung sowie die Aufrechterhaltung des Spielbetriebs zu binden. Möglichkeiten, das Thema in die Vereine zu tragen, bieten sich auch über die Personalentwicklungsmaßnahmen der Verbände und Bünde, die die sportartspezifische Trainer- und Übungsleiterausbildung, aber auch Schulungsangebote für Vereinsfunktionäre betreffen. Generell zeichnet sich ab, dass es nicht ausreicht, Beratungs- und Schulungsangebote für die Vereine zu konzipieren und abzuwarten,

dass diese die Angebote von sich aus nutzen. Vielmehr kommt es darauf an, die Angebote spezifisch an den konkreten Problemen und Strukturvoraussetzungen der Vereine (Stichworte: Dominanz ehrenamtlicher Strukturen, begrenzte finanzielle, zeitliche und personelle Ressourcen) auszurichten, damit sich diese auch angesprochen fühlen.

- Ein zweiter Bereich, in dem Verbände die Inklusion von Personen mit Migrationshintergrund fördern könnten, betrifft gezielte Kommunikationsstrategien und Imagekampagnen, die die Wahrnehmung der Sportart Handball durch die Migrantenbevölkerung sowie Prozesse symbolischer Grenzziehung und der Konstruktion von Zugehörigkeit beeinflussen können. Die empirische Analyse hat gezeigt, dass bisherige Kommunikationsstrategien, wie zuletzt die Kampagne „Es lebe der Sport!“, eher die soziale Schließung der Sportart fördern. Will man aber den Handball gegenüber Personen mit Migrationshintergrund öffnen, dann benötigt man Strategien, die dazu beitragen, das Image des Handballs als einer „typisch deutschen Sportart“ zu überwinden. Mögliche Anhaltspunkte findet man hier beispielsweise beim Deutschen Fußball-Bund, der über Jahre hinweg systematisch Integrationskampagnen vorangetrieben und dabei insbesondere auch die mediale Wirkung der Nationalmannschaften genutzt hat.

Eine Umsetzung der geschilderten Maßnahmen ist aber nur möglich, wenn auch auf Seiten der Sportverbände entsprechende Strukturvoraussetzungen geschaffen werden: die programmatische Verankerung des Themas im jeweiligen Verband und die Bereitstellung von Personal zur Umsetzung der Programme. Beides wird nur

stattfinden, wenn dem Problem in den jeweiligen Entscheidungsgremien der Verbände eine hohe Relevanz beigemessen wird. Auch wenn nicht zu bestreiten ist, dass das Thema inzwischen in den Handballverbänden angekommen ist, erscheint es fraglich, ob die Bedeutung und strukturelle Verankerung, die es bislang erfährt, den Folgen der Unterrepräsentanz von Personen mit Migrationshintergrund im Handball angemessen ist. Denn vor dem Hintergrund der demographischen Entwicklung und des steigenden Anteils an Kindern und Jugendlichen mit Migrationshintergrund in der Bevölkerung ist unbestreitbar, dass diejenigen Sportarten, die das Mitglieder- und Talentpotenzial der Kinder und Jugendlichen mit Migrationshintergrund nicht nutzen, einen weiteren Rückgang an Kindern und Jugendlichen erfahren werden. Will man den Bestand auch nur annähernd erhalten, dann wird man gar nicht anders können, als sich systematisch um Kinder und Jugendliche mit Migrationshintergrund zu bemühen. Erst wenn sich diese Einsicht an den entscheidenden Stellen innerhalb der Verbände durchsetzt, ist damit zu rechnen, dass das Thema sehr viel nachdrücklicher als bislang angegangen wird.

## 4 Literatur

- Bahlke, S., Borggreffe, C. & Cachay, K. (2012). Weltmeister werden mit Euch! Aber wie? Theoretische Überlegungen zum Problem der Unterrepräsentanz von Migrantinnen und Migranten im Handball. *Sport und Gesellschaft – Sport and Society* 9, 1, 38-62.
- Borggreffe, C. & Cachay, K. (2018). The Social Selectivity of Certain Sports with Regard to German Migrants. Theoretical Reflections Using Handball as an Example. *European Journal for Sport and Society*. Published online: 06 Aug 2018.
- Borggreffe, C., Cachay, K. & Mätzke, G. (2019). Weltmeister werden mit Euch! Aber wie? Eine Studie zum Problem der Unterrepräsentanz von Spielerinnen und Spielern mit Migrationshintergrund im Handball. Schorndorf: Hofmann.

# Entwicklung, Implementierung und Evaluation eines Qualitätsmanagementsystems sportpsychologisch unterstützter Talententwicklung mit dem Deutschen Segler-Verband

(AZ 071004/17-18)

Ole Benthien<sup>1</sup>, Nadine Thomas<sup>2</sup> & Ralf Brand<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Zentrum für praktische Sportpsychologie, UP Transfer GmbH Potsdam

<sup>2</sup>Beratungsbüro Thomas, Landau

<sup>3</sup>Universität Potsdam, Professur für Sportpsychologie

## 1 Einleitung

Ziele dieses Forschungsprojektes waren es, im Rahmen der Talententwicklung im Deutschen Segler-Verband

- › aus sportpsychologischer Perspektive gemeinsam mit dem Deutschen Segler-Verband (DSV) ein *Modell funktionaler Strukturen, Prozesse und Dienstleistungen* zu entwickeln, um die *Erkennung und individuelle Förderung sportlichen Talents* effektiver und bei sich verbessernder Qualität (zum Begriff der Qualität vgl. DIN 33430, 2002) in die Strukturen des DSV zu implementieren und zu evaluieren;
- › das in der praktischen Testphase im DSV gesammelte Wissen und die gemachten Erfahrungen für Sichtungs- und Entwicklungsprogramme anderer Sportarten systematisch aufzubereiten und weiterzureichen. Hierbei sollte die Entwicklung eines *Leitfadens zur Qualitätssicherung von Maßnahmen im Bereich der Talentidentifikation und -entwicklung* dazu beitragen, diesen Bereich sportpsychologischer Dienstleistungen weiter zu professionalisieren.

## 2 Projektverlauf und Ergebnisse

Zur Erreichung der Projektziele wurden drei Bereiche in den Fokus gestellt: Die individuelle Förderung von Talenten (Fokus 1), die Entwicklung bzw. Optimierung organisationaler Strukturen und Prozesse im Bereich der Talententwicklung (Fokus 2) sowie die Generalisierung ausgewählter Projektergebnisse (Fokus 3).

### 2.1 Fokus 1: Individuelle Förderung von Talenten

Die im Fokus 1 stehende individuelle Förderung von Talenten umfasste 3 Teilbereiche. Der erste Bereich beinhaltete die Finalisierung eines entwicklungspezifischen Kompetenzmodells (a). Auf Basis des Modells erfolgte die Messung der individuellen Ausprägungen der Athletinnen und Athleten bzgl. dieser Kompetenzen. Eine anschließende Intervention im Rahmen der zentralen Sichtungen im DSV konnte sich unmittelbar auf diese Basisdiagnostik beziehen, um so die Möglichkeiten der optimalen Entfaltung von Talent zu erhöhen (b). Der letzte Arbeitsbereich diente der Evaluierung der durchgeführten Interventionen (c).

#### a) Entwicklung und Evaluierung eines Kompetenzmodells

Die aus dem Vorläufer-Projekt (Förderkennzeichen 072065/16-17; vgl. Benthien & Thomas, 2018) vorliegende Pilotversion eines

Kompetenzmodells für den Nachwuchskader 2 Segeln (NK2, früher D/C-Kader) wurden zu Projektbeginn in zwei Co-Kreation Workshops (vgl. Payne, Storbacka & Frow, 2008) Validierungsmaßnahmen unterzogen, bis von einer Sättigung des Modells ausgegangen werden konnte (vgl. Lucia & Lepsinger, 1999). Insgesamt wurde das Expertenwissen von 13 DSV-Interessenvertreterinnen bzw. -vertretern verschiedener Subsysteme (Burns, 2007; 7 Landes-, 5 Bundes-Trainerinnen bzw. -Trainern sowie der Leistungssportkoordinatorin), zu für diese Entwicklungsstufe als kritisch geltenden Faktoren anhand der in Abb. 1 dargestellten Schritte extrahiert.

Das methodische Vorgehen entsprach der von Benthien und Thomas (2018) für den Sportbereich adaptierten Anforderungsanalyse nach Maßgabe der DIN 33430 (Paschen et al., 2013; Arbeitskreis Assessment Center e. V., 2016).

- › „Bleib offen für Neues!“: *Offenheit für Neues, Flexibilität, Sicherheit im Kontakt*
- › „Vertraue deiner Leistung!“: *Allgemeines Selbstbewusstsein, Selbstwirksamkeitserwartung, Ängstlichkeit, Impulsivität, Verletzlichkeit, Zuversicht, Furchtlosigkeit, Selbststeuerung, Handlungsorientierung nach Misserfolg, Handlungsorientierung bei der Handlungsplanung, Handlungsorientierung bei der Tätigkeitsausführung*
- › „Übernimm eigene Verantwortung!“: *Selbstverantwortlichkeit, Unabhängigkeit bei Entscheidungen, Verantwortungsübernahme, Einsatzbereitschaft, Kompensatorische Anstrengung, Zielsetzung, Anspruchsniveau*

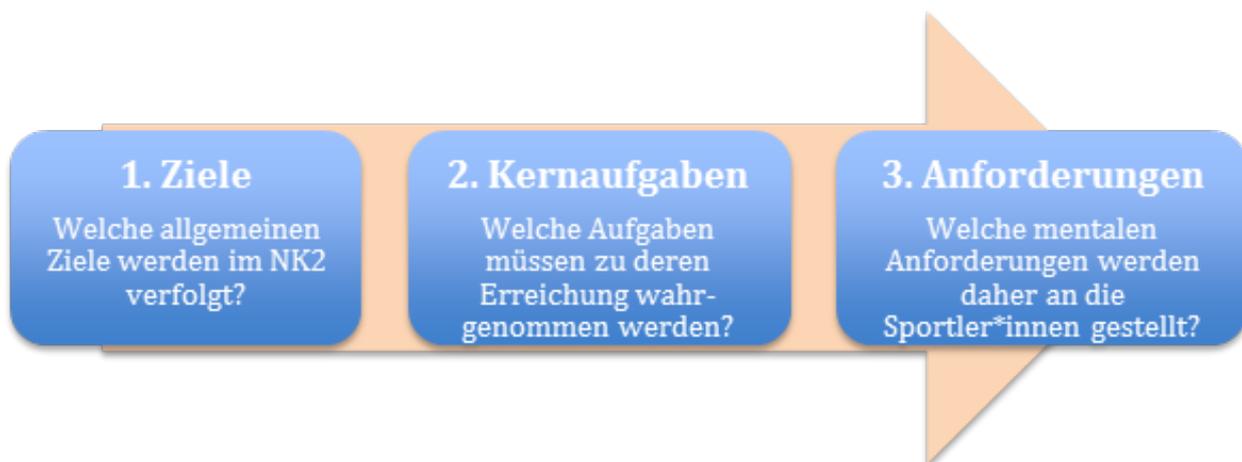


Abb. 1: Ablauf einer Anforderungsanalyse für den NK2 adaptiert nach Paschen et al. (2013)

Im Ergebnis konnten die für den Segelnachwuchs wichtigsten psychologischen Entwicklungsaufgaben beschrieben und aus der Sammlung der Anforderungen folgendes Modell für den NK2 abgeleitet werden:

- › „Bleib ‚im Boot‘ und sammle viele unterschiedliche Erfahrungen!“: *Hoffnung auf Erfolg, Furcht vor Misserfolg, Nettohoffnung, Gesamtleistungsmotivation, Selbstdisziplin, Ausdauer*
- › „Trainiere deine Informationsverarbeitung!“: *Einsatz von Vorstellungskraft*
- › „Bleibe fair und ‚im Kontakt!“: *Freundlichkeit, Zusammenhalt, Offensivität, Dominanz.*

## b) Diagnostik und Sichtungsbegleitung

Die im Rahmen der Basisdiagnostik erhaltenen individuellen Kompetenzprofile wurden in der Folge für die Intervention genutzt. Sie flossen unmittelbar in die für die Sichtungsveranstaltung zentralen *Perspektivplanungsgespräche* (PPL) ein und lieferten einen Überblick über die Stärken und Entwicklungspotentiale der Athletinnen und Athleten. Im Rahmen der Gespräche wurden die Ergebnisse besprochen und kommunikativ validiert (Seale, 1999). Zudem wurden mittels ressourcenorientierter Beratungsformen (Hoigaard & Johansen, 2004; Schmidt, 2001) durch die anwesenden Sportpsychologinnen bzw. -psychologen Fördermöglichkeiten adressiert, Handlungsoptionen und Lösungsmöglichkeiten besprochen und erste Schritte realisiert, um die folgende Entwicklungsphase erfolgreich zu absolvieren.

## c) Evaluation

Während der Projektlaufzeit nahmen an den Sichtungsveranstaltungen insgesamt 91 Athletinnen bzw. Athleten teil (Alter  $M = 15,7$  Jahre, 34,1% davon waren weiblich).

Die Auswertung der quantitativen Daten zur Evaluation der PPL zeichnete ein deutlich positives Bild: Auf einer 10-stufigen Skala wurde die Relevanz (1 „gar nicht relevant“ bis 10 „sehr relevant“) der im PPL adressierten Themen von den Athletinnen bzw. Athleten mit durchschnittlich  $M = 9,49$  ( $SD = 1,10$ ) und durch die anwesenden Heimtrainerinnen bzw. -trainer ( $N = 24$ ) mit  $M = 8,76$  ( $SD = 1,45$ ) Punkten bewertet. Die globale Einschätzung, für wie hilfreich das Gespräch empfunden wurde, erfolgte auf einer 7-stufigen Skala (1 „gar nicht hilfreich“ bis 7 „sehr hilfreich“) und wurde durch die Athletinnen bzw. Athleten ( $N = 52$ ) mit durchschnittlich  $M = 6,34$  ( $SD = 0,91$ ) und durch die Trainerinnen bzw. Trainer im Mittel mit  $M = 5,6$  ( $SD = 1,23$ ) eingestuft.

Auch die offenen Antworten durch die Athleten- und Trainergruppe ließen ableiten, dass sich besonders die externe Perspektive der Sportpsychologen bzw. -psychologinnen mit der Rückmeldung über Stärken und Entwicklungspotenziale motivierend ausge-

wirkt hat. Auch die gemeinsam erarbeiteten Handlungsoptionen zur Entwicklung der mentalen Kompetenzen wurden als äußerst hilfreich eingeschätzt. Der Großteil der Teilnehmenden (75,4%) hatte keine Wünsche oder Vorschläge zur Verbesserung der PPL.

## 2.2. Fokus 2: Organisationsentwicklung

Der zweite Fokus des vorliegenden Projektes lag auf der Entwicklung, Implementierung und Evaluation von Prozessen und Strukturen auf *organisationaler Ebene*.

Das Vorgehen orientierte sich an der Logik und Dynamik von Aktionsforschung (Burns, 2007). Es wurde ein methodisch geleitetes, kontinuierliches Monitoring des Prozesses durch die Interessenvertreter bzw. -vertreterinnen realisiert, entlang des von Burns (2014) vorgeschlagenen Fragenkataloges. So sollte sichergestellt werden, die im Rahmen des Projektes initiierten Prozesse der Flexibilität und Dynamik komplexer Umwelten Rechnung tragen zu können. Es wurden kontinuierliche Feedbackschleifen durchlaufen (vgl. Kolb-Zyklus, Burns, 2007), die der Überprüfung der Relevanz der Prozesse und Ergebnisse für die Interessenvertreter bzw. -vertreterinnen dienten.

Das Prozessmonitoring erfolgte im Abstand von zwei Monaten durch Steuergruppentreffen. Diese wurden als Stakeholder Inquiry Workshops (Burns, 2007) organisiert.

Die Steuergruppe übernahm die Funktion eines überdauernden, themenspezifisch arbeitenden, selbstorganisierten Expertengremiums. Es bestand aus unterschiedlichen, für den Prozess der Talententwicklung im Segelsport relevanten Stakeholdern. Im Rahmen der Selbstorganisation konnten die Zusammensetzung variiert werden.

Die Steuergruppentreffen verliefen entlang systemisch-lösungsorientierter Methoden der Prozess- und Organisationsentwicklung (Schmidt, 2001; Radatz & Kowanitsch, 2002). Durch die Moderation der anwesenden Sportpsychologen bzw. -psychologinnen wurden gemeinsam veränderungswürdige Zustände des bestehenden Talentfördersystems identifiziert und erwünschte Zielszenarien entworfen. Auf der

Basis des erarbeiteten anzustrebenden Zielzustandes wurden Maßnahmen zu dessen Erreichung geplant, auf den Handlungsspielraum der beteiligten Personen zugeschnitten und, in der Folge, die als veränderungswürdig identifizierten organisationalen Prozesse von der Steuergruppe bearbeitet.

Ein Schwerpunkt dieser Arbeit waren die Etablierung und Optimierung von Informationsflüssen bezogen auf das Nachwuchsfördersystem des DSV. Ziel war es, Strukturen und Prozesse dieses Systems transparent nach innen und außen abzubilden. Daneben sollten gleichzeitig eine höhere Akzeptanz der DSV Aktivitäten im Nachwuchsbereich erzielt werden. Dazu wurden u. a.

- › eine „DSV Lounge“ etabliert. Diese dient als zentraler Ort für den Austausch zwischen Sportlern sowie Mitarbeitern und Trainern des DSV während der Sichtungungen und Großveranstaltungen, wie z. B. der Kieler Woche.
- › eine grundlegende Umstrukturierung des DSV Internetauftritts für den Bereich Nachwuchsleistungssport entworfen. Alle relevanten Stakeholdern (z. B. Sportler, Eltern, Vereinstrainer, Landestrainer) sollen zukünftig überschaubare Informationen hinsichtlich der Funktion, den Möglichkeiten und relevanten Personen des Nachwuchsleistungssportsystems im DSV ersehen können.

Durch den Verband wurden weitere Initiativen unternommen, die zu der Verbesserung des Talentfördersystems beigetragen haben, aber nicht direkt im Rahmen der Steuergruppe geplant wurden (z. B. „*der DSV im Dialog*“: *Ansprechpartner vor Ort in den Vereinen, Teamevents für Zugehörigkeit und Motivation sowie weiterer Aktivitäten zur Gewinnung von Nachwuchs*). Sie sind höchstwahrscheinlich auf eine erhöhte Aufmerksamkeit für den Bereich Nachwuchsförderung durch die Projektarbeit begünstigt worden (vgl. Burns, 2007). Die Etablierung einer Steuergruppe sowie deren regelmäßiger Arbeitstreffen selbst waren eine zentrale Veränderung auf organisationaler Ebene.

### 2.3. Fokus 3: Generalisierung von Projektergebnissen

Fokus 3 bezog sich auf Transferleistungen. Ziel hierbei war es, das im Projekt gesammelte Wissen und die gemachten Erfahrungen für Sichtungungs- und Entwicklungsprogramme anderer Sportarten systematisch aufzubereiten und weiterzureichen. Der Wissenstransfer wurde über unterschiedliche Kanäle erreicht und Transferleistungen ab dem 2. Projektjahr in Angriff genommen.

Über den Projektzeitraum hinweg wurde in fünf Transferworkshops mit verantwortlichen Trainerinnen und Trainern anderer Sportarten (Leichtathletik, Ringen, Fußball; N = 7) der Austausch gesucht. Ein Bundestrainer aus dem DSV war ebenfalls anwesend. Dabei wurden zunächst das Vorgehen und die Ergebnisse aus dem ersten Projektjahr vorgestellt: die Entwicklung des Kompetenzmodells für den NK2, das Vorgehen während der Sichtungungen sowie die Steuergruppe und vorgenommener Maßnahmen der Organisationsentwicklung. Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Sportarten und Sportsystemen wurden besprochen und die Generalisierbarkeit und Übertragungsmöglichkeit der Ergebnisse diskutiert. Am Ende galt es, die Trainerinnen und Trainer selbst als zentrale pädagogische Akteure der psychologischen Entwicklung des Nachwuchses in den Blick zu nehmen. Es wurde die Frage geklärt, wie die entsprechenden Lernräume für die Athletinnen und Athleten gestaltet sein müssen, um die relevanten psychologischen Kompetenzen gezielt weiterentwickeln zu können. Aus den Ergebnissen der Diskussion wurden co-kreativ konkrete, praxistaugliche und vielfältige Optionen für das Trainerhandeln abgeleitet. Die Workshops waren somit von unmittelbarem praktischem Nutzen für die Teilnehmenden und hatten ebenfalls Fortbildungscharakter.

Daneben erfolgte die Erarbeitung eines „*Leitfadens zur Qualitätssicherung von Maßnahmen im Bereich der Talentidentifikation und -entwicklung*“. Dieser soll dazu beitragen, das Feld sportpsychologischer Dienstleistungen im Rahmen der Talententwicklung weiter zu professionalisieren. In der noch zu veröffentlichenden finalen Version kann der Leitfaden als ein praxisorien-

tiertes Handwerkszeug für das Qualitätsmanagement bei der sportpsychologisch unterstützten Identifikation und Entwicklung von Talenten dienen. Parallel zu dem für die Betreuung von Athletinnen und Athleten existierenden Leitfaden (Brand et al., 2014) gibt er Anregung und Anleitung, wie sportpsychologische Expertinnen und Experten sowie Spitzensportverbände die eigenen Prozesse und Abläufe auf Verbesserungsmöglichkeiten hin untersuchen und optimieren können.

In dem Leitfaden werden jeweils mehrere Arbeitsmittel in vier Kapiteln angeboten, um einerseits das persönliche Leitbild hinsichtlich der Identifikation und Entwicklung von Talent zu hinterfragen sowie die dem betrieblichen Qualitätsmanagement entnommenen Bereiche der Prozesse, Strukturen und Ergebnisse bei der sportpsychologischen Arbeit der Talententwicklung auf ihre Qualität hin zu überprüfen bzw. qualitätsgesichert zu optimieren. Neben den Handlungsempfehlungen dienen Beispiele aus der Praxis (Projektarbeit) der konkreten Veranschaulichung für die Leserinnen und Leser und einer erleichterten praktischen Umsetzung.

### 3 Zusammenfassung und Fazit

In dem hier vorgestellten Projekt ist es gelungen,

- › durch den Einsatz von Methoden aus der qualitativen Sozialforschung und etablierter Verfahren aus der beruflichen Eignungsdiagnostik
- › gemeinsam mit der Praxis für die Praxis (d. h. unter Einbezug relevanter Personen aus Spitzenverbänden)
- › ein Qualitätsmanagementsystem der sportpsychologisch unterstützten Auswahl und Identifikation von Talenten zu gestalten und damit
- › ein Best-Practice Modell darüber zu etablieren, wie die Zusammenarbeit zwischen (sportpsycho-

logischer) Wissenschaft und der Praxis des deutschen Leistungssports erfolgreich gelingen kann.

Außerdem resultiert als Projektergebnis ein Leitfaden als Handwerkszeug für die Praxis, der anhand praktischer Tipps die Überprüfung eigener Praxis zur Talententwicklung auf Ebene der Prozesse, der Dienstleistungsprodukte sowie auf struktureller (organisationaler) Ebene ermöglicht.

## 4 Literatur

- Arbeitskreis Assessment Center e. V. (2016). *Standards der Assessment Center Technik*. Hamburg. Abgerufen von <https://www.forum-assessment.de/images/standards/AkAC-Standards-2016.pdf>
- Benthien, O. & Thomas, N. (2018). Entwicklung und Implementierung erster Elemente eines Qualitätsmanagementsystems sportpsychologisch unterstützter Talententwicklung mit dem Deutschen Segler-Verband. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.). *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2016/2017* (S. 199-201). Hellenthal: Sportverlag Strauss.
- Brand, R., Benthien, O., Decker, S., Grote, M., Heinz, K., Hust, D. & Wippich, S. (2014). *Leitfaden zur Qualitätssicherung für die sportpsychologische Betreuung im Leistungssport*. Schriftenreihe des Bundesinstituts für Sportwissenschaft 2014/04. Köln: Sportverlag Strauss.
- Burns, D. (2007). *Systemic Action Research. Strategy for Whole System Change*. Bristol: Policy Press.
- Burns, D. (2014). Assessing Impact in Dynamic and Complex Environments: Systemic Action Research and Participatory Systemic Inquiry. *CDI Practice Paper*, 8, 1-10. Zugriff am 03.02.2016 unter URL: <http://www.ids.ac.uk/publication/assessing-impact-in-dynamic-and-complex-environments-systemic-action-research-and-participatory-systemic-inquiry>

- Hoigaard, R. & Johansen, B. (2004). The solution-focused approach in sport psychology. *The sport psychologist*, 18, 218-228.
- Lucia, A. D. & Lepsinger, R. (1999). *The art and science of competency models: Pinpointing critical success factors in organizations*. San Francisco: Jossey-Bass.
- Paschen, M., Beenen A., Turck, D. & Stöwe, C. (2013). *Assessment Center professionell*. Göttingen: Hogrefe
- Payne, A.F. Storbacka, K. & Frow, P. (2008). Managing the co-creation of value, *Journal 21 of the Academy of Marketing Science*, 36, 83-96.
- Radatz, S. & Kowanitsch, K. (2002). *Lösungsorientierte Kurzzeitberatung in der OE, Research Summary No. 1*. Wien: Verlag Systemisches Management.
- Schmidt, G. (2001). Hypno-Systemische Team-entwicklung – auf dem Weg zum „Dreamteam“. *Lernende Organisation*, 2, 54-79.
- Seale, C. (1999). *The Quality of Qualitative Research*. London: Sage.

# Individuelle videogestützte Lernbegleitung zur Verbesserung der pädagogischen Trainingsqualität im Nachwuchsleistungssport

**Entwicklung, Implementation und Evaluation von videobasierten Lehr-Lern-Umgebungen für Trainerinnen und Trainer in den Sportarten Turnen, Rhythmische Sportgymnastik, Judo und Handball**

(AZ 071101/16-18)

*Alfred Richartz (Projektleitung), Kathrin Kohake & Jessica Maier*

Universität Hamburg, Institut für Bewegungswissenschaft

## 1 Einleitung

Das hier dargestellte Forschungsprojekt knüpft an vorangegangene Projektergebnisse zum Bereich der pädagogischen Qualität des Trainings im Nachwuchsleistungssport an. Insgesamt wurden drei Module für die Trainerfort- und weiterbildung entwickelt, implementiert und evaluiert: ein vermittlungsorientiertes Modul für die Präsenzlehre, eine Online-Lernplattform für das selbstgesteuerte Lernen und – dies ist der Schwerpunkt im aktuellen Projekt – ein Online-Coaching-Format mit einer Dauer von sechs Monaten. Alle drei Module sind engmaschig miteinander vernetzt und folgen gemeinsamen Annahmen zur pädagogischen Qualität und zur pädagogischen Kompetenzentwicklung von Lehrkräften. Grundlegende Überlegungen und Einzelbausteine dieser Modulreihe sind bereits in anderen Veröffentlichungen erläutert worden (Richartz, Kohake & Maier, 2018; Richartz & Anders, 2016; Richartz & Sallen, 2012; Richartz & Zoller, 2011). Einige wesentliche Problemstellungen und Entscheidungen müssen jedoch hier erläutert werden, um die Gesamtkonzeption transparent zu machen. Im Anschluss werden erste Auswertungen für das dritte Modul vorgestellt – die individuelle Prozessbegleitung durch ein videogestütztes Online-Coaching.

## 2 Theoretischer Rahmen

### 2.1 Was ist pädagogische Qualität und wie kann man sie verlässlich erheben?

Der Begriff der pädagogischen Qualität thematisiert stets ein Güteurteil. Bewertet wird das spezifisch Pädagogische im Handeln von Lehrenden – abgegrenzt vom rein Fachlichen. Stützen können sich solche Güteurteile auf zwei verschiedene Begründungslogiken, die miteinander kombiniert, aber nicht miteinander verwechselt werden sollten: einerseits auf erzieherische Normen und Werte, andererseits auf den Grad der Wirksamkeit pädagogischen Handelns. Erstere fragt nach Beachtung und Verwirklichung von ethischen Standards, zweitere danach, ob Ziele tatsächlich und effektiv erreicht werden (Ditton, 2002). Beide Begründungslogiken sind gerechtfertigt und notwendig. Aber nur die zweite ist für empirisch-wissenschaftliche Fragestellungen zugänglich. Deshalb steht pädagogische Qualität im Sinne von Wirksamkeit hier im Mittelpunkt des Vorgehens. Es wurde allerdings sichergestellt, dass die im Folgenden untersuchten Wirksamkeitsmerkmale sich in Übereinstimmung mit den aktuellen normativen Standards für das Trainerverhalten befinden – durch inhaltsanalytischen Vergleich mit dem Trainerehrenkodex des DOSB (Richartz, 2015).

Ob pädagogisches Handeln wirksam ist, kann nur beurteilen, wer es in Beziehung setzt zu den Zielen, die beim Unterrichten, Trainieren oder Erziehen verfolgt werden. Im Nachwuchsleistungssport – nicht anders als in anderen Sportszenarien – betreffen die Lehr-/Lernziele verschiedene Lerndimensionen: fachliche Leistungsfortschritte (motorisch, athletisch, taktisch), motivationale Ziele (hohe Einsatzbereitschaft, hohe Bindung an sportliches Training usw.) sowie personale, soziale und kognitive Fortschritte (emotionale Stabilität, positiv-realistisches Selbstkonzept, Teamfähigkeit, Entscheidungsfähigkeit usw.). Die Messung und die Förderung von pädagogischer Qualität muss sich auf alle Zieldimensionen gleichermaßen beziehen.

Wie lassen sich Unterschiede in der Wirksamkeit pädagogischen Handelns messen? Grundsätzlich stehen verschiedene Optionen zur Verfügung. Es liegt nahe, die Lern-/Trainingsfortschritte von Athletinnen und Athleten zu messen (Ergebnisqualität) und die unterschiedliche Größe des Fortschritts dem Handeln der Trainierenden und Trainer zuzuschreiben. Wer höhere Lernzuwächse erreicht, muss pädagogisch wirksamer gehandelt haben (Value-added-Ansatz, vgl. Misco, 2008). Präziser muss man werden, wenn man einzelne Merkmale (z. B. positives Feedback) oder Merkmalsbündel (z. B. positives Lehrklima) daraufhin untersuchen will, wie stark und zuverlässig sie mit Leistungs-/Lernzuwächsen zusammenhängen – dieser Kerngedanke liegt der Prozess-Produkt-Forschung zugrunde (Ditton, 2002). Dieser Forschungsansatz hat vor allem in der englischsprachigen Forschung eine überwältigende Fülle an Studien hervorgebracht. Lange wurden in Deutschland jedoch eher die theoretischen und methodischen Defizite hervorgehoben. In den letzten zehn Jahren jedoch hat die großflächige Zusammenführung der Studienergebnisse in einer Synthese von hunderten von Metaanalysen durch Hattie (2009) dieser Forschungstradition neue Beachtung verschafft. Inzwischen kann man (wieder) von einem gewissen Konsens in der Forschung über Qualitätsmerkmale von „gutem Unterrichten“ sprechen (Lipowsky, 2015).

Ein schwer bezwingbares Hindernis für die Prozess-Produkt-Forschung ist der komplexe

Charakter aller Lehr-/Lernsituationen. Lehr-/Leistungsfortschritte werden von vielen miteinander interagierenden Faktoren beeinflusst. Das Handeln der Lehrperson ist nur ein Faktor unter vielen. Einen stärkeren Einfluss nehmen Variablen, die Lernende in die Lernsituation „mitbringen“ („Talent“, vorgängige Lernerfolge, Motivation usw.; vgl. Lotz & Lipowsky, 2015). Auch die Lernumwelt in Gestalt von Raum, Ausstattung und Gruppengröße usw. wird oft als Wirkfaktor genannt – obwohl die Ergebnisse von Hattie (2009) hier vor Überschätzungen warnen. Weiterhin geschieht das Lehr-/Lernhandeln in lebendigem, fortlaufendem Handlungsdialog von Lehrenden und Lernenden. In der Sportwissenschaft ist das Trainerhandeln deshalb als „strukturierte Improvisation“ charakterisiert worden (Cushion, 2007). Folgern muss man daraus, dass einzelne Qualitätsmerkmale nur eine relative Wirksamkeit ausüben. Ihr Fehlen kann gegebenenfalls durch andere ersetzt oder kompensiert werden. Merkmalskataloge pädagogischer Qualität müssen diesem Umstand Rechnung tragen.

Eine andere, ebenso schwerwiegende Komplikation besteht darin, dass Lehrpersonen das Verhalten von Lernenden nur an der Oberfläche steuern können – die eigentlich entscheidende innere kognitive oder motorische Lernaktivität kontrollieren die Lernenden allein: das Aktivierungsniveau, die Lenkung von Aufmerksamkeit, die Wahl der Strategien zur Bewältigung der Lern-/Trainingsaufgaben usw. Damit ist die Wirkungskette vom Pädagogenhandeln bis zum Lernerfolg quasi „gebrochen“ durch die Einflussmöglichkeiten der Lernenden. In der Unterrichtsforschung wurde das Prozess-Produkt-Paradigma deshalb von Angebot-Nutzungs-Modellen abgelöst (Helmke, 2015). Wenn Lehrende eine hohe pädagogische Qualität realisieren, machen sie damit Lernerfolge ihrer Adressaten also lediglich wahrscheinlicher – um eine zwingende Folge handelt es sich jedoch nicht.

Wirkungsstudien haben, so kann man resümieren, sehr hohe Hürden zu überwinden, und dies gilt im außerschulischen Sport besonders. Es fehlt bereits an zuverlässigen Messmethoden für Lern-/Leistungsfortschritte in den oben genannten drei Zieldimensionen – zumindest beim jetzigen Forschungsstand. Da eine große Zahl

an Variablen eine Wirkung ausüben („Talent“, Umfeld, Gruppe, Trainer usw.) und das Trainerverhalten deshalb lediglich einen – unklaren – Anteil daran haben kann, sind im Zweifel eher moderate Effekte für einzelne Einflussgrößen zu erwarten. Für einzelne Qualitätsmerkmale des Trainerverhaltens dürften Effekte noch geringer ausfallen. Um solche kleinen Effekte überzufällig aufzufinden, sind große Stichproben erforderlich, die im Längsschnitt untersucht werden können. Diese sind im außerschulischen Sport überaus schwer zu realisieren.

Eine evidenzbasierte sportpädagogische Untersuchung und Förderung pädagogischer Qualität muss also plausible Ersatzlösungen für zur Zeit offene Forschungsprobleme finden. Eine empfehlenswerte Strategie könnte sein, auf gut fundierte Merkmale pädagogischer Qualität aus dem breiten Strom der Unterrichtsforschung zurückzugreifen. Besonders bei Merkmalen, die sich über viele unterschiedliche Lehr-/Lern-Szenarien (unterschiedliche Fächer, unterschiedliche Altersstufen) als wirksam erwiesen haben (Hattie, 2009, S. 31), darf man annehmen, dass sie auch für sportbezogene Lehr-/Lernszenarien wirksam sind. Beispiele dafür sind etwa: hoher Anteil aktiver Lernzeit, hohe unterstützende Qualität der Beziehungen, lernorientiertes Feedback.

Aus diesen Gründen wird in den hier entwickelten Modulen für die Trainerbildung immer wieder ein gut beforschtes Instrument zur Einschätzung der pädagogischen Qualität von überfachlichen Aspekten des Lehrhandelns als Referenz herangezogen: das Classroom Assessment Scoring System (CLASS) (Pianta, La Paro & Hamre, 2008). Das CLASS-Instrument ist ein standardisiertes Beobachtungsinstrument; es richtet also die Aufmerksamkeit voll und ganz darauf, was Lehrkräfte in Lehrsituationen tatsächlich tun – mithin auf die **Prozessqualität** des Lehrhandelns. Das Instrument unterscheidet drei übergreifende Domänen der Lehrqualität: die Qualität unterstützender Beziehungen im Lehr-/Lernhandeln, die Qualität der Lenkung der Gruppenaktivitäten und schließlich die Qualität einer aktivierenden, informationsreichen Instruktion. Es befindet sich in guter Übereinstimmung mit Positionen der Unterrichtsforschung (Kunter et al., 2013). Diese

übergreifenden Qualitätsdomänen werden im CLASS-Instrument über drei Ebenen theoriegeleitet präzisiert bis hin zur verhaltensnahen Beschreibung von Qualitätsmerkmalen (vgl. Richartz & Zoller, 2011). Das CLASS-Instrument hat in aufwendigen Längsschnitt- und Interventionsstudien die Validität der Messungen pädagogischer Qualität gezeigt, zuletzt in der „Measures-of-Effective-Teaching“-Studie (Kane, McCaffrey, Miller & Staiger, 2013).

Durch Einbindung in ein hochschwelliges Qualitätssicherungssystem (Zertifizierung durch Reliabilitätsprüfung, jährliche Re-Zertifizierung) verhilft das CLASS-Instrument auch dazu, eine zweite Schwierigkeit zu meistern, die bei Beobachtungsstudien besonders ins Gewicht fällt: eine zufriedenstellende Reliabilität unterschiedlicher Beobachter zu gewährleisten (vgl. unten). Dieses Problem tritt besonders dann auf, wenn Beobachtungsinstrumente nicht einzelne Merkmale an der Oberfläche des Verhaltens, z. B. Anzahl von lobenden Äußerungen, exakt ausmessen (niedrig-inferent), sondern komplexere Konstrukte durch Rater-Einschätzungen erheben – z. B. positives Klima in der Gesamtgruppe, Situationspassung von Hilfen, Aktivierungspotential von Feedback. Im CLASS-Instrument werden Ratings auf der Ebene der Dimensionen abgegeben. Jede Dimension enthält vier bis fünf Indikatoren und jeder Indikator wird mit wenigsten vier Verhaltensmarkern konkretisiert (vgl. detaillierter Richartz & Zoller, 2011). Es handelt sich also um hoch-inferente Ratings und CLASS zielt damit auf die Tiefenschicht von Lehr-Lern-Interaktionen. Damit kann die Situations- und Prozesspassung des Lehrverhaltens besser berücksichtigt werden als mit niedrig-inferenten Auszählungen (Lotz, Gabriel & Lipowsky, 2013).

Das Instrument erfüllt damit die vorstehend entwickelten Anforderungen:

- › Es macht pädagogische Qualität im Sinne der Wirksamkeit des Lehrhandelns beobachtbar und messbar.
- › Es ist so breit ausdifferenziert, dass die wesentlichen Bereiche pädagogischer Qualität abgedeckt sind.

- › Es ist intern so strukturiert, dass Messungen nicht an Einzelmerkmalen „kleben“ – und es wird damit den vielen Kombinations- und Ersetzungsmöglichkeiten von Einzelmerkmalen gerecht (hoch- vs. niedrig-inferente Messung).
- › Die Qualitätsmerkmale sind überfachlich definiert und lassen deshalb eine Übertragung auf viele Anwendungsfelder des Lehrens und Lernens zu – also auch das Anwendungsfeld des Sports.

## 2.2 Von der Messung pädagogischer Qualität zur Kompetenzentwicklung

Der Kompetenzbegriff erfreut sich seit vielen Jahren in der erziehungswissenschaftlichen Diskussion einer überwältigenden Beliebtheit. Als Kehrseite dieses inflationären Gebrauchs wurde bereits vor einem Jahrzehnt seine Vieldeutigkeit beklagt (Klieme & Hartig, 2007). Diese Vieldeutigkeit erzeugt leider häufig mehr den Anschein, man rede über das Gleiche, wenn man über Kompetenz spricht. Im Interesse konzeptueller Klarheit soll deshalb hier in gedrängter Form das Kompetenzmodell skizziert werden, das den drei Modulen als roter Faden zugrunde liegt.

Die meisten Zugänge zum Kompetenzbegriff stimmen darin überein, dass mit Kompetenz die Fähigkeit zur erfolgreichen Lösung von praktischen Anforderungen in einer bestimmten beruflichen Domäne gefasst werden soll (Koepen, Hartig, Klieme, & Leutner, 2008). Die überwältigende Zahl der Kompetenzmodelle verbindet zudem die Überzeugung, dass die Fähigkeit zu erfolgreichem Problemlösen domänenspezi-

fisch gebunden und – noch wichtiger – lernbar ist. Das Praxisfeld des Lehrens, das wurde bereits diskutiert, ist gekennzeichnet dadurch, dass die Anforderungen an Lehrkräfte mit situativen Bedingungen stark variieren und sich fortlaufend mit der Dynamik des Lehr-/Lernprozesses verändern. Woran kann man unter diesen Voraussetzungen Kompetenz festmachen? Eher an der Oberfläche des kompetenten Verhaltens oder an tieferliegenden, allgemeineren Dispositionen, die die Realisierung kompetenten Verhaltens in vielen verschiedenen Situationen und Problemlagen ermöglichen? Verschiedene Kompetenzkonzepte betonen jeweils die eine oder andere Seite.

Blömeke, Gustafsson & Shavelson (2015) haben es unternommen, die unterschiedlichen Ansätze und den Stand der Forschung in einem Rahmenmodell zusammenzuführen. Sie definieren Kompetenz als Konstrukt mit verschiedenen Dimensionen und Zusammenhängen. Kompetentes Verhalten setzt kontextspezifisches Wissen, (kognitive) Fähigkeiten und motivationale Faktoren voraus – sie werden als unentbehrliche „Ressourcen“ bezeichnet. Dies ist nicht neu und bezeichnet die Dimension der Dispositionen. Genauso wichtig ist aber, wie diese Ressourcen situationsspezifisch so verknüpft werden, dass daraus Performanz resultiert, also die Realisierung von Kompetenz in situationsangemessenem Verhalten. Blömeke et al. (2015, S. 7) schlagen vor, „situation-specific skills“ als Vermittlungsglieder in das Modell einzuführen. Damit meinen sie spezifische Wahrnehmungsfähigkeit, Interpretation des Geschehens und Entscheidungsfähigkeit. Indem diese Fertigkeiten herangezogen werden, kann die Auswahl und konkrete Gestaltung situationsangemessenen Verhaltens gelingen.

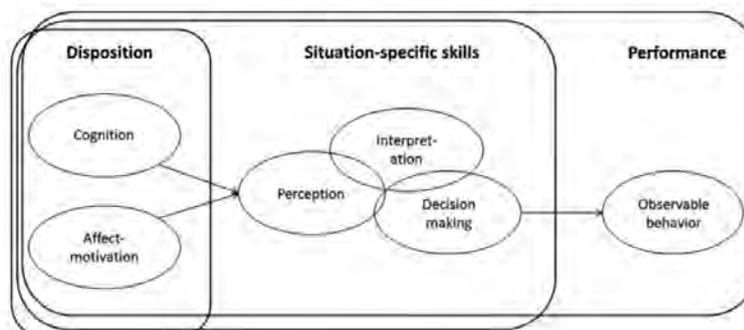


Abb. 1: Modeling competence as a continuum (Blömeke, Gustafsson & Shavelson, 2015, S. 7)

In bildungspraktischer Hinsicht bietet das Rahmenmodell von Blömeke et al. (2015) die Möglichkeit, relevante Teilaspekte der Kompetenz von Lehrenden präziser zu verorten und zu verknüpfen als dies bislang der Fall war. Insbesondere der vieldiskutierte „Theorie-Praxis-Graben“, also die Lücke zwischen Wissensbeständen und motivationalen Faktoren auf der einen und beobachtbarem Verhalten auf der anderen Seite, wird hier konzeptuell gefüllt. Damit können kognitiv-prozessuale Vermittlungsglieder wie die „professionelle Wahrnehmung“ von Lehrkräften (Seidel & Stürmer, 2014; Stürmer, Königs & Seidel, 2013) bei Bildungskonzepten zur Kompetenzentwicklung von Lehrkräften in einem größeren Rahmen reflektiert werden.

### 3 Interventions-Design

Am Modell von Blömeke et al. (2015) lässt sich der rote Faden des hier verfolgten Konzepts der Kompetenzentwicklung von Trainerinnen und Trainern im Hinblick auf pädagogische Qualität übersichtlich darstellen.

#### 3.1 Gesamtkonzept

Das **Modul 1** erfolgt in Präsenzlehre und fokussiert zwei Ziele. Im ersten Schritt sollen die Wissensbestände von Trainerinnen bzw. Trainern reflektiert und gezielt erweitert werden. Die Teilnehmenden werden angeregt, ihre persönlichen Vorstellungen zur pädagogischen Qualität auszutauschen und zu explizieren. Diese Vorstellungen sind biographisch erworben, erfahrungsbezogen und in hohem Maß normativ begründet. Die Erweiterung dieser Wissensbestände erfolgt durch Einführung der Qualitätsmarker des CLASS-Instruments. Damit werden evidenzbasierte und normative Qualitätsmarker kritisch-reflexiv aufeinander bezogen. In einem zweiten Schritt soll aber auch bereits die situationsspezifische Wahrnehmungsfähigkeit der Teilnehmenden für Qualitätsmerkmale des Trainerverhaltens weiterentwickelt werden.

Es liegt in der Natur von standardisierten Beobachtungsinstrumenten, dass sie die Aufmerksamkeit sehr gezielt lenken. Deshalb ist es mit dem CLASS-Instrument möglich, das neue Wissen auch umgehend anzuwenden und damit die Wahrnehmungsfähigkeit sehr spezifisch zu

verbessern. Realisiert wird dies durch didaktisch aufbereitete Beobachtungsaufträge und eigens zu diesem Zweck produzierte sportartspezifische Best-Practice-Clips für jede CLASS-Dimension. Bezogen auf das Kompetenzmodell werden im ersten Modul also die Ressourcen erweitert durch Reflexion der subjektiv-normativen Qualitätsmerkmale und Auseinandersetzung mit evidenzbasierten Qualitätsmerkmalen. Die „situation-specific skills“ werden durch die Präzisierung der Wahrnehmungs- und Unterscheidungsfähigkeit gefördert. Eine Evaluation dieses Moduls erfolgte vor allem über Rückmeldungen der Teilnehmenden. Das Modul wurde von inzwischen über 500 Absolventinnen bzw. Absolventen im Hinblick auf Relevanz, Anwendbarkeit und Nützlichkeit als sehr positiv eingestuft (Richartz & Anders, 2016).

Im **Modul 2** (Online-Lernplattform) können die Absolventen des Moduls 1 in selbstgesteuertem Lernen ihr deklaratives Wissen zu evidenzbasierten Qualitätsmerkmalen durch Lernmaterialien sichern und erweitern. Zusätzlich können sie durch weitere Beobachtungsaufgaben und Video-Clips ihre professionelle Wahrnehmung präzisieren und differenzieren.

Im Mittelpunkt von **Modul 3** (Online-Lernbegleitung) steht die Vertiefung der Wahrnehmungsfähigkeit für Qualitätsmerkmale, die Interpretation der Interaktionsprozesse im eigenen Training und schließlich die reflexive und zielgerichtete Veränderung des eigenen Verhaltens. Es sollen also besonders die „situationsspezifischen Fertigkeiten“ (Blömeke et al., 2015) der Wahrnehmung, Interpretation und Entscheidung gefördert werden. Dabei wird immer wieder auf die in Modul 1 und Modul 2 vermittelten und reflektierten Wissensbestände zurückgegriffen.

#### 3.2 Entwicklung, Durchführung und Evaluation des videogestützten Online-Coachings

Im vorliegenden Projekt wurde das Modul 2 (Online-Lernplattform) um spezifische Video-Bibliotheken für die Sportarten Rhythmische Sportgymnastik und Handball erweitert. Der Schwerpunkt lag allerdings in der Entwicklung des Moduls 3 – eines videogestützten Online-

Coachings über sechs Monate. Während im Modul 1 ein informationsreiches und aktivierendes Bildungsformat für die Präsenzlehre geboten wird und das Modul 2 den Prinzipien einer interaktiven Online-Learning-Didaktik folgt, adressiert das dritte Modul die unmittelbare Lehrpraxis der Trainerinnen und Trainer. Es handelt sich um eine individuelle Prozessbegleitung oder „Coaching“. Dieses neue Bildungsformat wurde entwickelt, durchgeführt und in einem Kontrollgruppendesign evaluiert. Das Coaching ist eng mit den beiden anderen Modulen vernetzt – Wissensbestände und selbstständige Vertiefungsmöglichkeiten dieser beiden Module werden im Coaching oft eingebunden. Deshalb wurde vorausgesetzt, dass Teilnehmende Modul 1 absolviert und Zugang zum Modul 2 haben. Das Kontrollgruppendesign des Projekts musste deshalb voraussetzen, dass auch die Teilnehmenden der Kontrollgruppen Modul 1 durchlaufen und selbständigen Zugang zu Modul 2 haben.

Der Begriff des „Coachings“ bezeichnet ein Beratungsformat, das aus den USA in die deutsche Unternehmensberatung importiert wurde. Heute dient „Coaching“ als Oberbegriff für sehr unterschiedliche Ansätze. Die Unterschiede betreffen die Methoden der Beratung, aber auch die Hintergrundtheorien. Man darf vom Wildwuchs eines bunten Markts sprechen (Berninger-Schäfer, 2018, S. 26). Die Grenzen zu benachbarten Formaten wie Supervision und Mentoring sind fließend. Gemeinsam ist Coaching-Konzepten die individuelle Begleitung eines Praktikers durch eine kompetente Beratungsperson. Es handelt sich also um eine 1:1-Situation, was der persönlichen Beziehung hohes Gewicht verleihen kann. Dabei steht – anders als beim Mentor – der Coach i. d. R. außerhalb des Praxisfeldes und ist nur dem Coachee gegenüber verpflichtet (Graf & Edelkraut, 2017).

Auch wenn große Unterschiede in den aktuellen Coaching-Ansätzen zu beobachten sind, lassen sich gemeinsame Prozessstandards erkennen. Am Anfang eines Coaching-Prozesses steht eine Analyse des Ist-Zustandes bzw. des Veränderungsbedarfes. Darauf folgen die Klärung von Zielstandards sowie die Herstellung einer stabilen und positiven Arbeitsbeziehung. Die anschließende Coaching-Intervention beinhaltet

dann mehrere Stationen – Analyse, Reflexion, Praxiserprobung, Feedback – und schließt mit einer Evaluation ab (Berninger-Schäfer, 2018).

In diesem Projekt hat das CLASS-Instrument für all diese Stationen eine zentrale Ankerfunktion. CLASS dient zunächst als valides Instrument zur Diagnose des Ist-Zustandes. Die Indikatoren und Verhaltensmarker von CLASS geben zugleich Hinweise für die Detektion des Veränderungsbedarfs und bieten präzise Vorschläge für die Formulierung von praxisnahen, realistischen, überprüfbaren und evidenzbasierten Zielkriterien. Durch die konstante Zugänglichkeit zum CLASS-Instrument (Präsenzveranstaltung, Videobibliothek und Online-Coaching) können die Trainerinnen und Trainer eigene Veränderungsziele präzise auswählen. Sie können anschließend anhand der Verhaltensmarker ihren eigenen Veränderungsprozess nachvollziehen und schlussendlich die Wirkung auf ihre Athletinnen bzw. Athleten evaluieren.

Das hier entwickelte Coachingformat folgt mit der zentralen Bezugnahme auf CLASS sowie in vielen Grundsätzen des Vorgehens einem bereits beforschten Interventionsprogramm – dem „My-Teaching-Partner“-Programm (MTP; Allen et al., 2015; Pianta et al., 2008). Die über das MTP-Format hinausgehende sportspezifische Ausgestaltung sowie der Ablauf des Coachings sind mit Supervisoren des MTP-Programms abgestimmt.

Von anderen Coachingformaten hebt sich die in diesem Projekt entwickelte Intervention durch mehrere augenfällige Merkmale ab. So bezieht sich jede Coaching-Sitzung ganz wesentlich auf Videomaterial aus den Trainingsstunden der Teilnehmenden (Coachees). Die Aufnahmen wurden vom Projektteam bei Trainingsbesuchen angefertigt. Aus dem Gesamtmaterial eines Trainingsbesuchs wurde danach vom Coach eine Auswahl getroffen und in mehreren Clips zusammengeschnitten, detailliert kommentiert und auf einer geschützten Plattform für den Coachee online zugänglich gemacht. Als Plattform diente dabei edubreak®SPORTCAMPUS. Das Vorgehen war so angelegt, dass ethische und pädagogische Anforderungen an den Vertrauensschutz sowohl für die Coachees als auch für die Athletinnen und Athleten jederzeit gewährleistet werden konnten.

Das Coaching erfolgte zyklisch mit fünf Stationen, die jeweils sechs Mal durchlaufen wurden: 1. Videoaufnahme im Training durch Projektmitarbeiterinnen bzw. -mitarbeiter, 2. Videoanalyse (Auswahl von 4-6 Sequenzen) und -kommentierung durch den Coach (auf der Plattform edubreak@SPORTCAMPUS), 3. Sichtung der kommentierten Video-Clips durch den/die Trainer bzw. Trainerin(en), 4. Auswertungsgespräch zwischen Coach und Trainer bzw. Trainerin in Form einer Videokonferenz und 5. gemeinsame Erstellung eines Handlungsplans (vgl. Abb. 2).

## 4 Studiendesign, Durchführung und Ergebnisse

Kirkpatrick (1994) hat für die Evaluation von Interventionen die Unterscheidung von vier Ebenen vorgeschlagen, die jeweils mit passenden Instrumenten untersucht werden sollen: die Reaktion der Teilnehmenden, den Zuwachs an Wissensbeständen und Dispositionen, die Verhaltensänderung in der Kriteriumssituation und schließlich die Ergebnisse auf der Zieldimension der Veränderung. Daraus ergeben sich folgende vier Evaluationsebenen:

- › Wie wird die Prozessqualität des Coachings von den Trainerinnen und Trainern beurteilt? (Ebene 1)
- › Welche Wirkungen zeigt das Coaching auf pädagogische Einstellungen und Wissensbestände der Trainerinnen und Trainer? (Ebene 2)
- › Welche Wirkungen zeigt das Coaching auf das Verhalten der Trainerinnen und Trainer? (Ebene 3)
- › Welche Wirkung zeigt das Coaching auf die Wahrnehmung des Trainerverhaltens durch die betreuten Athletinnen bzw. Athleten und auf motivationale Variablen? (Ebene 4).

Im vorliegenden Projekt wurde für jede Evaluationsebene ein spezifisches Instrumentarium eingesetzt. Zunächst zu Ebene 1 – der Reaktion der Teilnehmenden am Coaching: Oft wird auf dieser Ebene vor allem die allgemeine Teilnehmerzufriedenheit erhoben (Lipowsky & Rzejak, 2015). Wir gehen darüber hinaus, indem wir

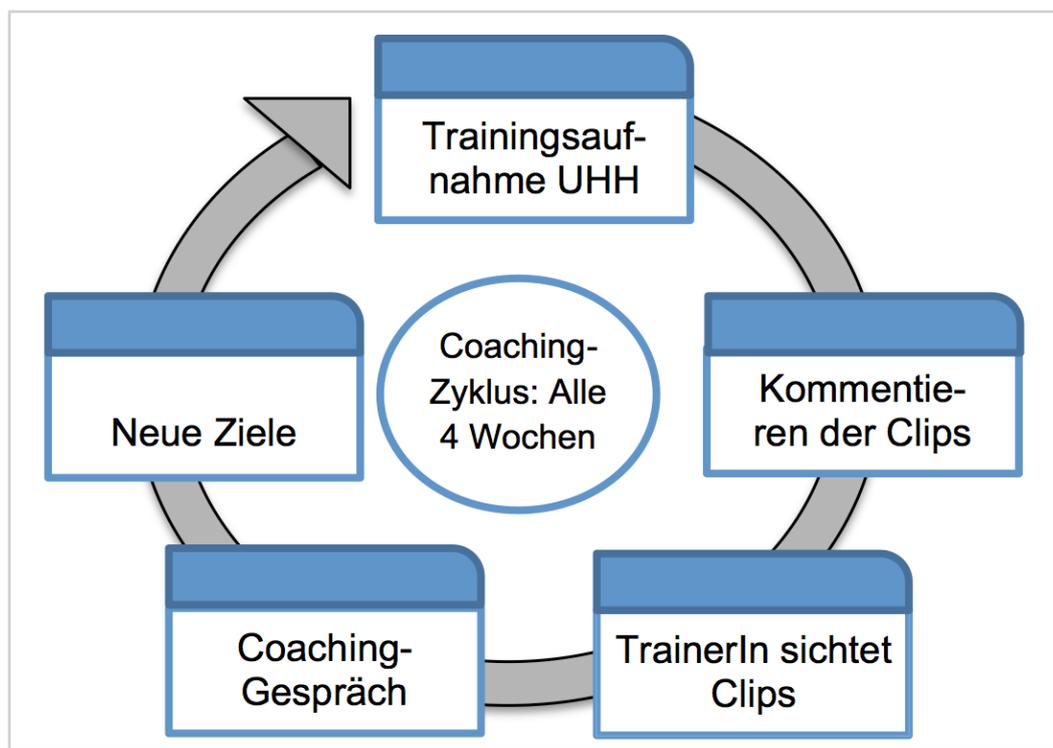


Abb. 2: Fünf Phasen des Coaching-Prozesses

gezielt die Prozessqualität des Coachings untersuchen. Die Coaching-Forschung hat in den letzten Jahren Wirkungsanalysen vorgelegt, die es erlauben, besonders wichtige Merkmale der Prozessqualität von Coaching-Interventionen zu identifizieren. Damit wird es möglich, über allgemeine Einschätzungen der Adressaten hinauszugehen und Wirkfaktoren gezielt anzusprechen. Folgende Faktoren können inzwischen als gut belegt gelten: hohe Beziehungsqualität zwischen Coach und Coachee, Lösungsorientierung der Problemreflexion und Unterstützung bei der Umsetzung, Aktivierung personaler Ressourcen, Aktivierung und Kalibrierung von negativen Affekten sowie das Maß der Selbstkonkordanz (Berninger-Schäfer, 2018; Greif, Schmidt & Thamm, 2012). Diese Merkmale wurden durch Fragebögen und Interviews (Mixed-Methods-Design) erhoben.

Die Entwicklung von Wissen und Einstellungen (Ebene 2) wird durch einen Fragebogen zu pädagogischen Einstellungen untersucht.

Die pädagogische Qualität im Verhalten der Teilnehmenden (Ebene 3) wird mit Hilfe des CLASS-

Instrument gemessen. Da es sich um ein Beobachtungsinstrument handelt, spielt das Problem der Reliabilität eine besonders große Rolle. Sind die Messungen unterschiedlicher Beobachter reliabel? Ist der für die Messung gewählte Zeitabschnitt repräsentativ für das Trainerverhalten der jeweiligen Person – oder anders ausgedrückt: Ist die Messung der (Verhaltens-)Stichprobe reliabel und damit generalisierbar?

Wirkungen auf der Ebene der betreuten Athletinnen und Athleten (Ebene 4) werden mit einem Fragebogen untersucht, der sich v. a. auf motivationale Kenngrößen bezieht (Kohake & Lehnert, 2018).

Das Studiendesign sieht vor, dass der erste Messzeitpunkt erfolgt, wenn die Teilnehmenden das Modul 1 absolviert haben und einige Zeit zur selbstständigen Arbeit in Modul 2 hatten. Der zweite Messzeitpunkt liegt am Ende des Coachings bzw. für die Kontrollgruppe nach sechs Monaten und der dritte Messzeitpunkt dann drei Monate später (vgl. Abb. 3).

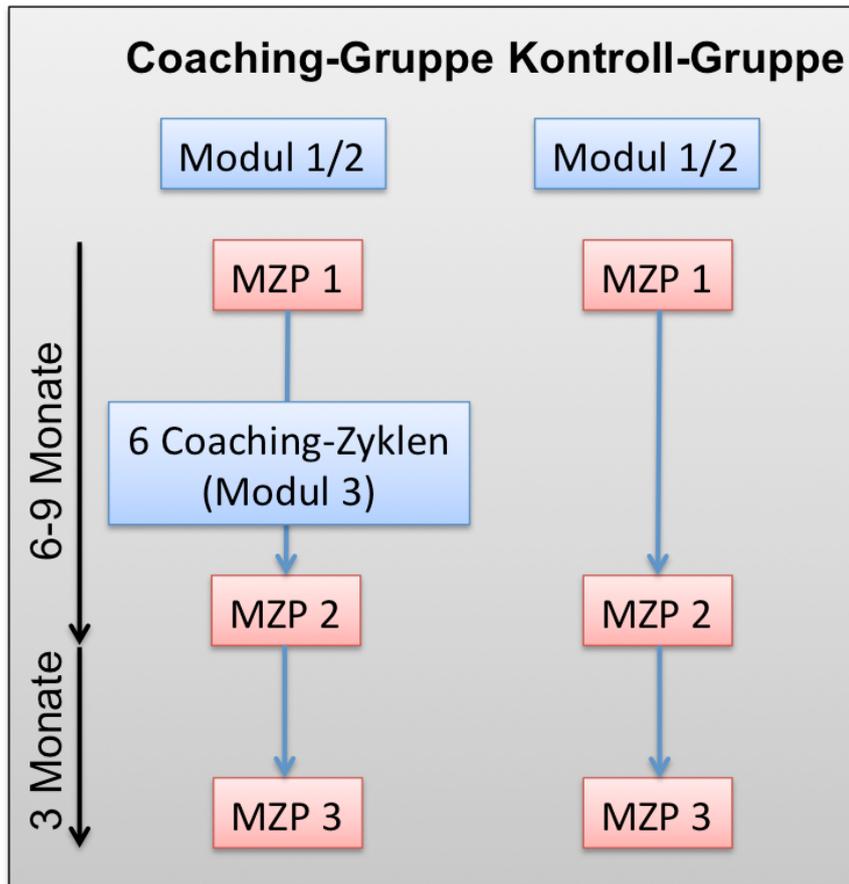


Abb. 3: Studienablauf

## 4.1 Evaluationsebene 1: Prozessqualität des Coachings

Zu Beginn haben 18 Trainerinnen bzw. Trainer im Rahmen der Interventionsgruppe an dem Projekt teilgenommen. Im Verlauf des Coachings brachen 3 von ihnen die Teilnahme ab, da sie ihre Trainingsgruppen aufgeben mussten (zwei aus gesundheitlichen und eine aus organisatorischen Gründen). Die Trainerinnen bzw. Trainer (10 weiblich, 5 männlich) waren zwischen 20 und 59 Jahre alt ( $M = 34,5$  Jahre) und kamen aus den Sportarten Turnen (7), RSG (3), Handball (3) und Judo (2). Die Qualifikationsstufe reichte von C-Lizenz bis A-Lizenz mit einer Erfahrung als Trainerin bzw. Trainer zwischen einem und 45 Jahren.

Zunächst werden Ergebnisse auf der Evaluationsebene 1 berichtet, der Einschätzung der Prozessqualität des Coachings durch die Teilnehmenden. Dazu müssen wir uns auf die schriftliche Befragung beschränken, da die qualitativen Daten noch nicht vollständig ausgewertet werden konnten. Die schriftliche Befragung wurde zum zweiten Messzeitpunkt durchgeführt, also zeitnah nach dem Ende der Coaching-Intervention. Es liegen Fragebögen von allen Coachees vor, die die Coaching-Intervention abgeschlossen haben ( $N = 15$ ). Die Fragebatterie enthielt 14 Einzelitems. Sie sollen vier empirisch gut belegte Wirkfaktoren repräsentieren<sup>1</sup>:

- **Beziehungsqualität Coach-Coachee** (4 Items;  $\alpha = 0,82$ ; z. B. „Ich habe mich bei den Gesprächen sicher und unterstützt gefühlt“)

Da im Coaching eine individuelle Prozessbegleitung in einer exklusiven Beziehung von Coach und Coachee realisiert werden soll, liegt es nah, dass die Qualität der Beziehung zwischen beiden Beteiligten eine herausragende Rolle für die Wirkung der Intervention spielt. Tatsächlich gilt die Etablierung einer offenen, vertrauensvollen und als unterstützend erlebten Beziehung als Voraussetzung aller anderen Wirkfaktoren. Ob eine solche Beziehungsqualität besteht, wird besonders spürbar, wenn

misslungene, peinliche und unangenehme Situationen thematisiert werden.

- **Ressourcenaktivierung** (4 Items;  $\alpha = 0,57$ ; z. B. „Ich weiß durch das Coaching besser, was meine Stärken sind und was ich gut kann“)

Mit Hilfe des Coachings sollen die Coachees darin unterstützt werden, ihre eigenen Ressourcen wirkungsvoller einzusetzen. Dazu gehört auch, das Bewusstsein über die eigenen Ressourcen zu stärken, Strategien zur Aktivierung der Ressourcen zu unterstützen, ein realistisch-positives professionelles Selbstbild der Coachees zu fördern und die Weiterentwicklung von Ressourcen anzuregen.

- **Lösungsorientierung** (2 Items; z. B. „Beim Coaching wurden konkrete Vorschläge und Maßnahmen erarbeitet“)

Erfolgreiches Coaching braucht einen hohen Bewusstwerdungs- und Selbstreflexionsanteil, es braucht aber genauso einen starken Fokus auf emotionale und instrumentelle Unterstützung für konkrete Veränderungsmöglichkeiten der Praxis: die Erarbeitung konkreter Lösungsmöglichkeiten und konstruktiver Pläne, die Aufmerksamkeit auf hilfreiche Erlebensprozesse, die Förderung optimistischer und handlungsaktivierender Vorstellungen.

- **Commitment (der Coaches)** (4 Items,  $\alpha = 0,94$ ; z. B. „Meinem Coach war es wichtig, dass das Coaching für mich nützlich ist“)

In der Unterrichtsforschung ist lange bekannt, dass der Enthusiasmus von Lehrkräften eine wichtige Rolle für die Motivierung von Lernenden spielt. Engagement für die (gemeinsame) Sache wirkt sowohl wertschätzend wie auch emotional ansteckend. Daran anschließend wurde hier das Commitment der Coaches in der Wahrnehmung der Coachees erhoben.

Zu den Ergebnissen: Die Trainerinnen und Trainer bewerteten die Prozessqualität des Coachings in allen Wirkfaktoren durchweg positiv (Variationsbreite von 3 bis 5 auf einer 5-stufigen Skala; Mittelwerte siehe Abb. 4). Diese Bewertungstendenz ist unabhängig von ihrer jeweiligen Sportart, ihrem Geschlecht und ihren Vorerfahrungen als Trainerin bzw. Trainer.

<sup>1</sup> Aufgrund der kleinen Stichprobe erfolgte hier eine inhaltsanalytische (und keine faktorenanalytische) Zuordnung der Items zu den vier Skalen.

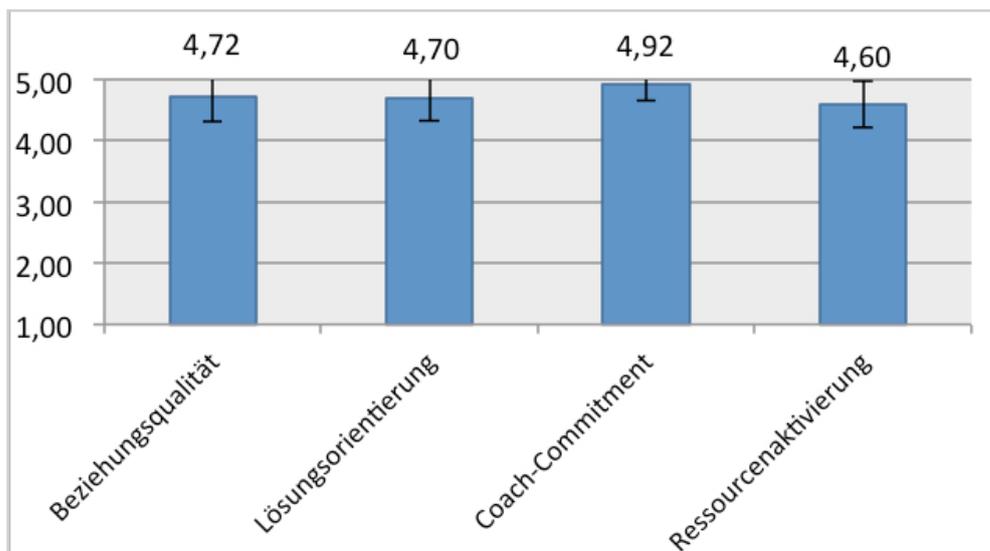


Abb. 4: Mittelwerte der Skalen zur Qualität des Coachings (5-stufiges Antwortformat; 1=“trifft gar nicht zu“ bis 5=“trifft völlig zu“)

Darüber hinaus können drei Items einem Faktor zugeordnet werden, der eine Einschätzung der Outcomes des Coachings widerspiegelt ( $\alpha = 0,87$ ; z. B. „Ich hab durch das Coaching etwas Sinnvolles und Wichtiges gelernt“). Hier geben die Trainerinnen bzw. Trainer ebenfalls sehr hohe Werte an ( $M = 4,71$ ;  $SD = 0,42$ ).

## 4.2 Evaluationsebene 2: Pädagogische Einstellungen und Wissensbestände der Trainerinnen und Trainer

Die Evaluationsebene 2 wurde mit einer Fragenbatterie zu pädagogischen Einstellungen (educational beliefs) adressiert. Die Auswertungen sind noch nicht abgeschlossen.

## 4.3 Evaluationsebene 3: Verhalten der Trainerinnen und Trainer

Um die Wirkung des Coachings auf der Verhaltensebene der Trainerinnen und Trainer abzubilden (Ebene 3), wurden CLASS-Ratings zu drei Messzeitpunkten vorgenommen (vgl. Abb. 3). Im Folgenden werden (Teil-)Ergebnisse des ersten Messzeitpunktes dargestellt, da die Datenauswertung noch nicht vollständig abgeschlossen wurde. In die Auswertungen wurden 22 Trainerinnen bzw. Trainer eingeschlossen (12 aus der Coaching- und 10 aus der Kontroll-Gruppe). Die Ratings sollten eine zuverlässige Messung der pädagogischen Qualität zum jeweiligen Mess-

zeitpunkt realisieren. Dafür sind zwei Messprobleme zu lösen:

### 1. Kann die Messung als reliabel im Sinne der Übereinstimmung verschiedener Beobachter gelten?

Es existiert eine lange Tradition der Beurteilung der Qualität des Lehrens durch Beobachter. In der Schule ist die Begutachtung von Lehrleistungen durch Beobachter an der Tagesordnung und auch in der Traineraus- und -fortbildung erfolgt die Beurteilung von Lehrproben gewöhnlich durch Beobachtung. Diese traditionellen und selbstverständlichen Verfahren werden fast immer ohne jegliche Kontrolle der Urteilsgüte angewandt. Untersuchungen zur Übereinstimmung der Beobachterurteile in der Schule kommen jedoch zu problematischen Ergebnissen – und zwar auch dann, wenn die Beurteiler erfahrene Experten im Feld sind (Lehrermentoren, Leitungskräfte usw.) (Ho & Kane, 2013; Strong, Gargani & Hacifazlioglu, 2011).

Das „Measures-of-effective-teaching“-Projekt hat vier Beobachtungsinstrumente für den Schulunterricht intensiv in einer großen Längsschnittstichprobe getestet (Kane, Kerr & Pianta, 2014). Die Ergebnisse zeigen, dass intensives Beobachtertraining nötig, aber nicht hinreichend für eine befriedigende Urteilsübereinstimmung ist. Die Wissen-

schaftler ziehen folgende Schlüsse aus diesem wohl einzigartigen Datensatz zur Beobachterzuverlässigkeit (Kane & Staiger, 2012):

- › Rater sollten sich einem intensiven Training des Beobachtungssystems unterzogen haben.
- › Rater sollten einen Reliabilitätstest an master-codierten Videos bestanden haben.
- › Rater sollten keine persönliche Beziehung zu den Beobachteten haben.
- › Es sollten Urteile mehrerer Rater verwendet werden.
- › Es sollte nicht nur eine einzelne Unterrichts-/Trainingseinheit geratet werden.

Entsprechend dieser Empfehlungen wurde mit großer Sorgfalt auf Probleme der Reliabilität der Beobachtungsurteile eingegangen. Im ersten Schritt wurden ausschließlich Rater mit gültiger CLASS-Zertifizierung im laufenden Jahr mit Ratings betraut – das Rater-Team bestand aus drei Personen. Eine CLASS-Zertifizierung erfordert das Absolvieren einer jährlichen Reliabilitätsprüfung an fünf Unterrichtsvideos. Für jedes Video wird (in der hier einschlägigen Altersgruppe K-3) in je zehn Dimensionen eine Beurtei-

lung auf siebenstufigen Skalen gefordert. Die Prüfungsvideos sind in einem Normierungsverfahren „mastercodiert“. Prüflinge müssen für die Zertifizierung mindestens 80 % Übereinstimmung mit Mastercodes erreichen. Als reliabel wird vollständige Übereinstimmung oder Abweichung um einen Skalenpunkt gewertet.

Um persönliche Distanz zu wahren, wurde im zweiten Schritt für jeden Proband bzw. jede Probandin das Teammitglied, das in diesem Fall das Coaching durchgeführt hatte, von Ratings ausgeschlossen.

Weiterhin wurden aus der Trainingseinheit drei 20-minütige Sequenzen ausgewählt, möglichst aus unterschiedlichen Trainingsabschnitten.

Schließlich wurden durchgehend alle Ratings unabhängig von zwei Beobachtern vorgenommen.

In Anlehnung an das CLASS-Manual und die Zertifizierungsprüfung wurden Messungen als reliabel anerkannt, wenn beide Rater exakt übereinstimmten oder höchstens einen Skalenpunkt Unterschied aufwiesen („exact-and-adjacent“; vgl. auch Joe, Tocci, Holtzman & Williams, 2013; Westergård, Ertesvåg & Rafaelsen, 2019). Die Interrater-Reliabilitäten wurden in Prozenten berechnet.

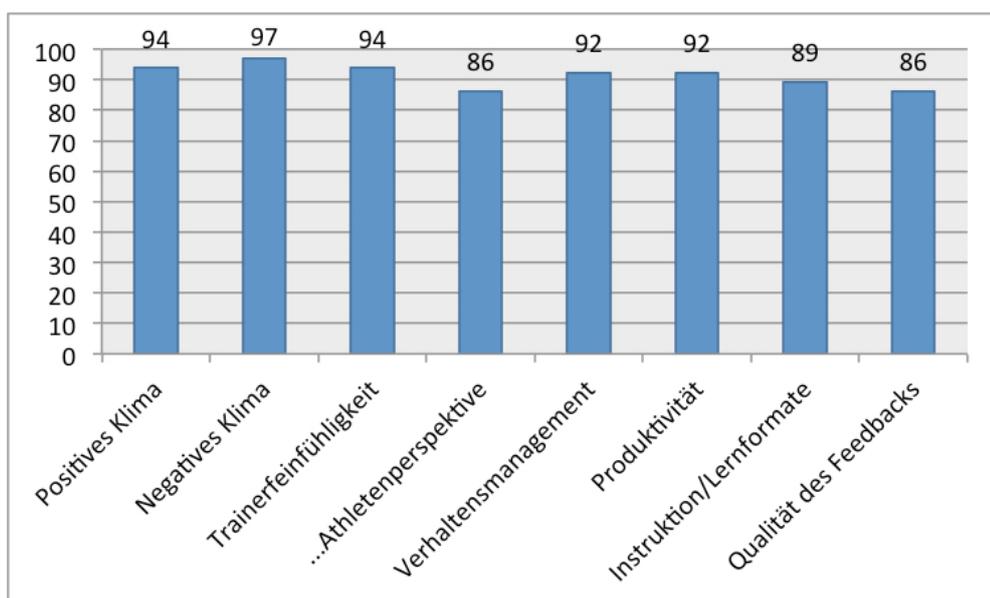


Abb. 5: Interrater-Reliabilitäten „exact-and-adjacent“ in % getrennt nach Dimensionen

Die Interrater-Reliabilitäten (bezogen auf MZP 1) der drei Rater-Paare (A-B, A-C, B-C) liegen zwischen 88,2 % und 94,0 % (M = 91,3 %). Mit einer Ausnahme weisen die voneinander abweichenden Ratings eine Distanz von lediglich zwei Skaleneinheiten auf. Bezogen auf die einzelnen Dimensionen liegt die Inter-Rater Übereinstimmung zwischen 86 und 97 % (vgl. Abb. 5).

## 2. Kann die Messung als reliabel für den Messzeitpunkt gelten?

Da die Probanden von Interventions- und Kontrollgruppe in verschiedenen Sportarten und auf verschiedenen Leistungsniveaus aktiv sind, unterscheiden sich die konkreten Bedingungen ihrer Trainingseinheiten erheblich. Schon die Dauer der Einheiten variierte zwischen 60 und 210 Minuten. Die Messung mithilfe des CLASS-Instruments ist standardisiert. Damit die Ratings auf vergleichbarer Grundlage erfolgen, wird die Beobachtungszeit strikt auf 20 Minuten festgelegt. So erfolgt ein einheitliches Sampling von Beobachtungseinheiten. Aus diesem Stichprobencharakter der Beobachtungseinheiten ergibt sich die Frage, ob das Ergebnis eines Ratings sich generalisieren lässt – oder anders ausgedrückt: Ist der Stichprobenwert reliabel im Hinblick auf wiederholte Messungen?

Diese messtheoretische Fragestellung lässt sich leicht mit einer theoretischen Überlegung verknüpfen: Ist die pädagogische Qualität des Lehrkräfteverhaltens über verschiedene Abschnitte und Sozialformen einer Unterrichtseinheit stabil? Wäre es nicht gut nachvollziehbar, dass unterschiedliche Phasen der Lehr-/Lerneinheit, z. B. Einleitung/Motivierung, Erarbeitung/Hauptteil und Sicherung/Abschluss, ganz unterschiedliche Verhaltensmerkmale bei Lehrkräften geradezu erwarten lassen? Wird das Instrument einem solchen situationsangemessenen Wechsel gerecht?

Um diese Frage zu prüfen, wurden pro Messzeitpunkt drei 20-minütige Sequenzen aus unterschiedlichen Abschnitten einer Trainingseinheit geratet. Die Ratings erfolgten in acht CLASS-Dimensionen. Aus diesen Daten

wurde für jeden Trainer bzw. jede Trainerin ein Stabilitätskorridor in jeder Dimension ermittelt. Als Grenzen des Korridors wurde eine Distanz von +/- einem Punkt um den Mittelwert der drei Messungen festgelegt (vgl. auch Patrick & Mantzicopoulos, 2016). Dann wurde festgestellt, welcher Anteil der drei Ratings innerhalb des definierten Korridors liegt.

Insgesamt zeigen die Ratings eine hohe Stabilität. Vergleicht man die Dimensionen, so liegen bei „Produktivität“ und „Instruktion/Lernformate“ die Ratings zu 100 % innerhalb des Stabilitätskorridors. Die größten Abweichungen zeigen sich in der Dimension „Qualität des Feedbacks“. Hier fallen die Ratings zu durchschnittlich 92 % in den Stabilitätskorridor (SD = 17,6). Auch auf Ebene der einzelnen Trainer bzw. Trainerinnen findet sich ein ähnliches Bild; 13 erreichen eine 100-prozentige Stabilität. Die Trainerin mit der geringsten Stabilität zeigt übereinstimmende Werte in durchschnittlich 83 % der Ratings (SD = 23,6). Eine hohe Stabilität der Werte zeigt sich auch bei einem Vergleich nach Sportarten (95,8 % im Judo bis 100 % in der RSG).

Richtet man den Blick auf die ermittelten CLASS-Werte, überraschen die insgesamt sehr hohen Werte. Die höchsten Beurteilungen erfolgten in der Domäne Klassenführung in den Dimensionen „Verhaltensmanagement“ (M = 6,3) und „Produktivität“ (M = 6,2). Eng daran anschließend folgen die Werte der Domäne Emotionale Unterstützung mit den Dimensionen „Trainerfeinfühligkeit“ (M = 5,7) und „Positives Klima“ (M = 5,5). Eine Übersicht der Mittelwerte der CLASS-Dimensionen getrennt nach Sportarten zeigt Abb. 6 (Seite 13).

## 5 Diskussion und Ausblick

Das vorliegende Projekt zielt – in Verknüpfung mit Ergebnissen von vorangegangenen Arbeiten – auf eine Verbesserung der pädagogischen Trainingsqualität durch ein individuelles videogestütztes Online-Coaching. Dem Projekt liegen konzeptuelle Festlegungen im Hinblick auf die Messung von pädagogischer Qualität durch Beobachterurteil sowie ein konzeptueller Rah-

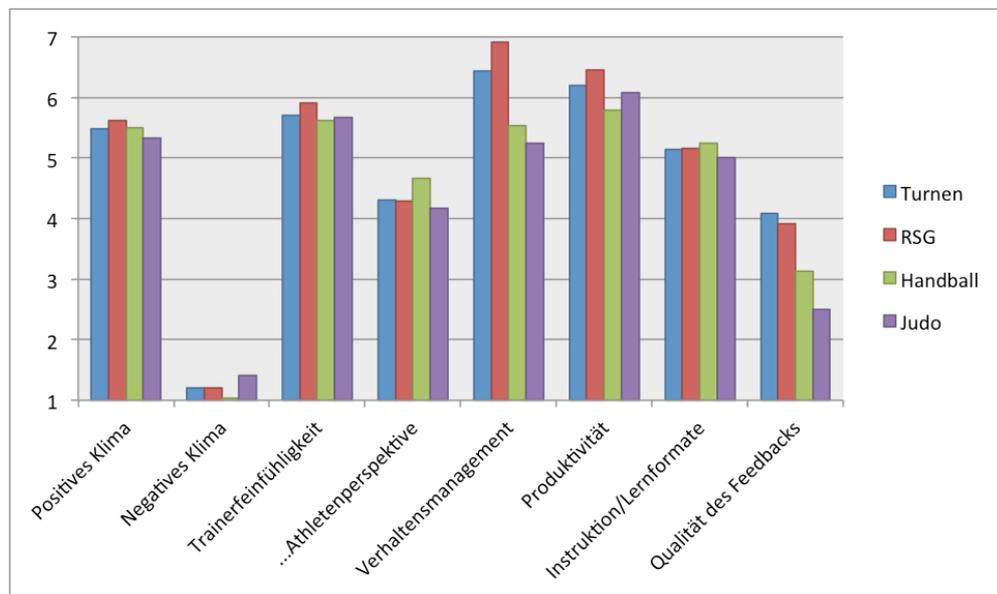


Abb. 6: Durchschnittliche CLASS-Ratings aller TrainerInnen zu MZP 1 in den acht Dimensionen getrennt nach Sportarten

men für die Kompetenzentwicklung von Lehrkräften zugrunde. Hier konnten erste Ergebnisse berichtet werden, die die Prozessqualität der Coaching-Intervention, die Reliabilität der Messungen der pädagogischen Qualität und die Messergebnisse zum ersten Messzeitpunkt betreffen. Da die Datenauswertung noch nicht abgeschlossen ist, können Ergebnisse der weiteren Evaluationsebenen noch nicht mitgeteilt werden.

Eine der größten Schwierigkeiten bei der Anwendung von Beobachtungsinstrumenten wie CLASS ist die Reliabilität der Messungen (Park, Chen & Holtzman, 2015). In diesem Projekt wurden die Ratings von drei zertifizierten CLASS-Ratern durchgeführt. Jede Sequenz wurde unabhängig von zwei Ratern ausgewertet. Daraus ergaben sich drei unterschiedliche Rater-Paare. Die Reliabilitätsmaße der drei Paare lagen insgesamt zwischen 88,2 % und 94,0 %. Dieses Ergebnis kann als zufriedenstellend eingeschätzt werden kann (McKenzie & van der Mars, 2015). Es liegt beträchtlich über den Werten, die im MET-Projekt erreicht wurden (Kane & Staiger, 2012) und auch über den Ergebnissen, die im CLASS-K-3-Manual angegeben werden – mit einer Ausnahme (Dimension „Produktivität“). Damit kann von einer gelungenen Anpassung des CLASS-Instrumentes an den außerschulischen Sport ausgegangen werden. Außerdem unterstreicht das Ergebnis die von

Joe et al. (2013) ausdrücklich geforderte kontinuierliche und intensive Weiterqualifizierung von Ratern über das initiale Training hinaus. In diesem Projekt wurde dies durch regelmäßige Reliabilitäts-Kontrollen in Rater-Sitzungen erreicht. Dadurch konnte der Blick der Beobachterinnen und Beobachter weiter geschärft und für sportspezifische Besonderheiten sensibilisiert werden. Westergård et al. (2019) berichten von ihrem Einsatz des CLASS-Instruments unterschiedliche Reliabilitäten in Bezug auf die jeweiligen Dimensionen, wobei sich einige Dimensionen als herausfordernder darstellten als andere. Diese Aussage trifft für dieses Projekt nicht zu – hier konnten über alle Dimensionen hinweg Werte über 80 % erreicht werden. Auch die Dimensionen „Qualität des Feedbacks“ und „Berücksichtigung der Athletenperspektive“ überschritten mit dem niedrigsten Wert von 86 % die 80 %-Marke.

Die hohe Stabilität der Ratings über verschiedene Sequenzen des Trainingsablaufs ist ebenfalls eine gute Nachricht. Damit wird jedenfalls die Annahme, dass die CLASS-Qualitätskriterien anfällig sind für den Wechsel in verschiedene didaktische Teilsequenzen und Inhalte des Trainings (Erwärmung, Kraft, Beweglichkeit, Techniktraining, Spiel bzw. Performanz) nicht bestätigt. Diese Stabilität unterstützt vielmehr die Annahme, dass die pädagogische Qualität des Trainings in einem situationsübergreifenden

Sinn erfasst wird und damit ein reliables Bild für die jeweilige Trainingseinheit gewonnen wurde. Für weitere Untersuchungen wäre es interessant, die Stabilität der Werte über mehrere Trainingseinheiten hinweg zu analysieren.

Die CLASS-Werte zeigen in allen acht Dimensionen eine mittlere bis hohe pädagogische Qualität. In der Dimension „Negatives Klima“ manifestiert sich die hohe Qualität in einem niedrigen Wert: Anzeichen negativen Klimas kommen selten vor. In den Dimensionen „Positives Klima“ und „Trainerfeinfühligkeit“ liegen die Durchschnittswerte zwischen den Skalenpunkten 5 und 6. Damit liegen sie auf der Grenze zwischen dem „mittleren“ (3, 4, 5) und „hohen“ (6, 7) Wertebereich. Dieses Ergebnis ist sicher positiver als man Trainerinnen und Trainern im Nachwuchsleistungssport in der Öffentlichkeit zutraut, es lässt aber auch noch Raum für Verbesserungen. Es fällt auf, dass die Dimension „Berücksichtigung der Athletenperspektive“ dagegen deutlich abfällt. Hier trifft der Mittelwert ziemlich genau den mittleren Wert der Skala (4) – und damit genau das Zentrum des mittleren Gütekorridors (3, 4, 5). Diese Dimension misst, inwieweit Trainerinnen und Trainer die aktive Mitwirkung an der Trainingsgestaltung, die Übernahme von Verantwortung und die Möglichkeit der Partizipation in Entscheidungen fördern. Dies ist aus Sicht der Selbstbestimmungstheorie der Motivation ein essentieller Aspekt der Motivierungsqualität (vgl. z. B. Standage, Duda & Ntoumanis, 2006). Hier zeigen sich größere Verbesserungsmöglichkeiten. Dieser Befund wird noch interessanter, wenn man ihn mit der aktuellen Diskussion um Partizipationsförderung im Nachwuchssport einerseits und mit der großen Bedeutung partizipativer Offenheit im Rahmen von Präventionskonzepten andererseits verknüpft (Wolff, Schröder & Fegert, 2017).

Die höchsten Werte werden in zwei Dimensionen aus der Domäne der Lerngruppenorganisation erreicht: „Verhaltensmanagement“ und „Produktivität“. Die Mittelwerte liegen dabei für Turnen und RSG sogar im höchsten Qualitätskorridor (6, 7). Den Trainerinnen und Trainern gelingt es also in der Regel, Störungen und Ablenkungen in engen Grenzen zu halten oder sie effizient zu bewältigen.

Es fällt auf, dass die niedrigsten Durchschnittswerte in der Qualität des Feedbacks erreicht werden. Wenn man mit den Ergebnissen der Unterrichtsforschung vertraut ist, überrascht dieses Ergebnis nicht, aber es ist dennoch ein ernstzunehmender Hinweis. Die Werte in den Sportarten Turnen und RSG sind hier wieder höher als in den anderen Sportarten, dennoch erreichen sie im Mittel gerade so eben den Mittelwert der Skala (4). Setzt man voraus, dass die Qualität des Feedbacks vielleicht der mächtigste Hebel für die Förderung von Lern- und Leistungsfortschritten darstellt, dann zeigen sich hier dringende und erhebliche Verbesserungsmöglichkeiten.

Die insgesamt hohen Ergebnisse nähren die Vermutung, dass hier ein Selektionseffekt im Spiel ist: Haben sich vor allem Trainerinnen und Trainer zur Teilnahme motiviert gefühlt, die sowieso schon hohe Aufmerksamkeit auf die pädagogische Qualität ihrer Arbeit legen? Zeigen die Werte deshalb einen Selektionseffekt in Hinblick auf pädagogisch engagierte und reflektierte Trainer bzw. Trainerinnen? Die von Richartz & Sallen (2012) berichteten Ergebnisse zeigen ähnliche Tendenzen. Sie betreffen eine mit starken Kontrasten gezogene Stichprobe von 56 Turntalentschultrainern bzw. -trainerinnen (99 Beobachtungszyklen). Die Stichprobe im aktuellen Projekt liegt in den Dimensionen „Positives Klima“ und „Trainerfeinfühligkeit“ höher. In den Dimensionen „Verhaltensmanagement“ und „Qualität des Feedbacks“ erzielen jedoch die Talentschultrainer bzw. -trainerinnen etwas höhere Werte. Ebenso wie bei Richartz & Sallen (2012) schneiden die Trainerinnen und Trainer im vorliegenden Projekt damit insgesamt deutlich besser ab, als Lehrende im schulischen Kontext. Für eine Vergleichsstichprobe von 82 Lehrkräften von Drittklässlern geben die Verfasser des CLASS-Manuals durchweg niedrigere Werte (höhere Werte im „Negativen Klima“) an (Pianta et al., 2008; vgl. Abb. 7, Seite 14).

Betrachtet man Kontraste zwischen den beteiligten Sportarten, finden sich nur wenige auffällige Unterschiede – vor allem in den Dimensionen „Verhaltensmanagement“ und „Qualität des Feedbacks“. In diesen beiden Dimensionen schneiden die Trainerinnen und Trainer aus Tur-

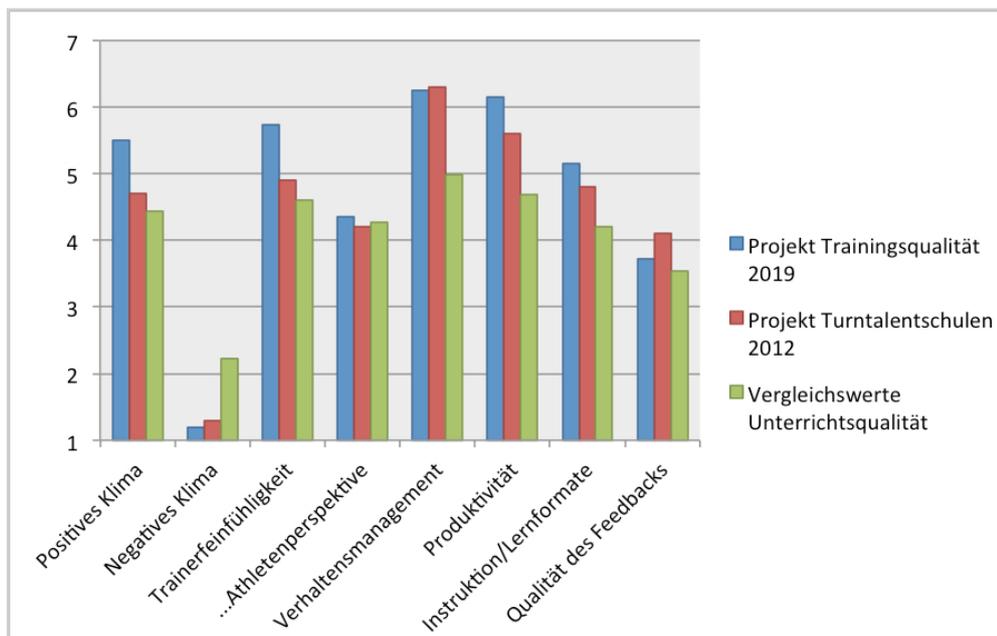


Abb. 7: Vergleich der CLASS-Werte aus drei Untersuchungen

nen und RSG im Mittel besser ab als die aus Judo und Handball. Eine mögliche Erklärung könnte in der unterschiedlichen Lerngruppengröße zu suchen sein: in der Regel sechs bis zwölf Kinder beim Turnen und in der RSG, dagegen zwölf bis 20 beim Judo und Handball. Größere Gruppen, so eine landläufige Annahme, stellen erhöhte Anforderungen an das Trainerverhalten im Hinblick auf den Umgang mit Störungen sowie den reibungslosen und leerlaufreien Ablauf. Aber auch auf die Qualität des Feedbacks kann sich die Lerngruppengröße negativ ausgewirkt haben. Trainer bzw. Trainerinnen mit kleineren Trainingsgruppen stehen möglicherweise mehr Gelegenheiten für individuelle Rückmeldungen zur Verfügung. Eine andere Vermutung bezieht sich auf Unterschiede im Leistungsanspruch der Trainingsgruppen. Die beteiligten Turn- und RSG-Gruppen hatten meist eine hohe oder sogar sehr hohe leistungssportliche Orientierung. Das Trainingspensum dieser Gruppen ist daher in der Regel höher (bis zu sechs Trainingstermine pro Woche). Auch weitere Faktoren auf AthletInnenseite könnten dadurch beeinflusst sein (Leistungsmotivation, Trainingserfahrung, Automatisierung von Routinen), die zu weniger Aufmerksamkeits- und Motivationsproblemen beitragen.

Insgesamt zeigen die Daten sehr ermutigende Ergebnisse. Da ist zunächst die geringe Abbruchquote bei einer sechsmonatigen Intervention. Ein Engagement von solcher Dauer ist ungewöhnlich und lässt auf hohe subjektive Relevanz schließen. In der Coaching-Intervention konnte eine hohe Prozessgüte realisiert werden – dies zeigen die bemerkenswert hohen und konsistenten Werte für alle Faktoren der Prozessqualität. Tiefere Einblicke dazu verspricht die noch ausstehende Auswertung der qualitativen Daten. In weiteren Auswertungsschritten wird sich auf der zweiten Evaluationsebene (Veränderung der Wissensbestände) zeigen, ob sich die pädagogischen Überzeugungen der TrainerInnen verändert haben. Die Auswertung der Fragebögen vor und nach der Intervention wird hier Aufschluss bieten. Ein besonderes Merkmal des Projekts ist der Versuch, auch auf der Ebene der Verhaltensänderung (gemessen an CLASS-Ratings) eine Verbesserung der pädagogischen Trainingsqualität nachzuweisen (Evaluationsebene 3). Zusätzlich stehen Auswertungen der Kinderfragebögen zum Nachweis möglicher Effekte auf Athletenebene aus (Evaluationsebene 4).

## 6 Literatur

- Allen, J. P., Hafen, C. A., Gregory, A. C., Mikami, A. Y. & Pianta, R. (2015). Enhancing Secondary School Instruction and Student Achievement: Replication and Extension of the My Teaching Partner-Secondary Intervention. *Journal of research on educational effectiveness*, 8 (4), 475-489.
- Berninger-Schäfer, E. (2018). *Online-Coaching*. Karlsruhe: Springer.
- Blömeke, S., Gustafsson, J. E. & Shavelson, R. J. (2015). Beyond Dichotomies. Competence Viewed as a Continuum. *Zeitschrift für Psychologie*, 223 (1), 3-13.
- Cushion, C. (2007). Modelling the Complexity of the Coaching Process. *International Journal of sports science & coaching*, 2 (4), 395-401.
- Ditton, H. (2002). Unterrichtsqualität – Konzeptionen, methodische Überlegungen und Perspektiven. *Unterrichtswissenschaft*, 30 (3), 197-212.
- Graf, N. & Edelkraut, F. (2017). *Mentoring. Das Praxisbuch für Personalverantwortliche und Unternehmer* (2. Aufl.). Wiesbaden: Springer Gabler.
- Greif, S., Schmidt, F., & Thamm, A. (2012). Warum und wodurch Coaching wirkt. Organisationsberatung, *Supervision, Coaching*, 19 (4), 375-390.
- Hattie, J. A. C. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London: Routledge.
- Helmke, A. (2015). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts* (6. Aufl.). Seelze-Velber: Klett, Kallmeyer.
- Ho, A. D. & Kane, T. J. (2013). The Reliability of Classroom Observations by School Personnel. *Research Paper. MET Project. Bill and Melinda Gates Foundation*.
- Joe, J. N., Tocci, C. M., Holtzman, S. L. & Williams, J. C. (2013). Foundations of Observation: Considerations for Developing a Classroom Observation System That Helps Districts Achieve Consistent and Accurate Scores. *MET Project Policy and Practice Brief: Bill and Melinda Gates Foundation*.
- Kane, T. J., Kerr, K. A. & Pianta, R. R. (2014). *Designing Teacher Evaluation Systems. New Guidance from the Measures of Effective Teaching Project*. Jossey-Bass.
- Kane, T. J., McCaffrey, D. F., Miller, T. & Staiger, D. O. (2013). Have We Identified Effective Teachers? Validating Measures of Effective Teaching Using Random Assignment. *Research Paper. MET Project. Bill and Melinda Gates Foundation*.
- Kane, T. J. & Staiger, D. O. (2012). Gathering Feedback for Teaching. *Research Paper. MET Project. Bill and Melinda Gates Foundation*. [http://www.metproject.org/downloads/MET\\_Gathering\\_Feedback\\_Research\\_Paper.pdf](http://www.metproject.org/downloads/MET_Gathering_Feedback_Research_Paper.pdf)
- Kirkpatrick, D. (1994). *Evaluating Training Programs. The Four Levels*. San Francisco: Berrett-Koehler.
- Klieme, E. & Hartig, J. (2007). Kompetenzdiagnostik in den Sozialwissenschaften und im erziehungswissenschaftlichen Diskurs. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 10 (Sonderheft 8), 11-29. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-90865-6>
- Koepfen, K., Hartig, J., Klieme, E. & Leutner, D. (2008). Current Issues in Competence Modeling and Assessment. *Zeitschrift für Psychologie*, 216 (2), 61-73.
- Kohake, K. & Lehnert, K. (2018). Konstruktion eines Fragebogens im Rahmen der Selbstbestimmungstheorie der Motivation im außerschulischen Sport im Kindesalter. *German Journal of exercise and sport research*, 48 (4), 516-529.
- Kunter, M., Klusmann, U., Baumert, J., Richter, D., Voss, T. & Hachfeld, A. (2013). Professional Competence of Teachers: Effects on Instructional Quality and Student Development. *Journal of educational psychology*, 105 (3), 805-820.
- Lipowsky, F. (2015). Unterricht. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (S. 69-105). Berlin: Springer.
- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2015). Key features of effective professional development programmes for teachers. *Ricercazione*, 7 (2), 27-51.

- Lotz, M., Gabriel, K. & Lipowsky, F. (2013). Niedrig und hoch inferente Verfahren der Unterrichtsbeobachtung. Analysen zu deren gegenseitiger Validierung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 59 (3), 357-380.
- Lotz, M. & Lipowsky, F. (2015). Die Hattie Studie und ihre Bedeutung für den Unterricht. Identifying what matters most? Achievement variance in %. <https://visible-learning.org/2013/03/visible-learning-infographic/>
- McKenzie, T. L. & van der Mars, H. (2015). Top 10 Research Questions Related to Assessing Physical Activity and Its Contexts Using Systematic Observation. *Research quarterly for exercise and sport*, 86 (1), 13-29.
- Misco, T. (2008). Was That a Result of My Teaching? A Brief Exploration of Value-Added Assessment. *The Clearing House: A Journal of educational strategies, issues and ideas*, 82 (1), 11-14. <https://doi.org/10.3200/tchs.82.1.11-14>
- Park, Y. S., Chen, J. & Holtzman, S. L. (2015). Evaluation Efforts to Minimize Rater Bias in Scoring Classroom Observations. In T. J. Kane, K. A. Kerr, & R. C. Pianta (Eds.), *Designing teacher evaluation system: New guidance from the Measures of Effective Teaching Project* (pp. 383-414). San Francisco, CA: Jossey-Bass A Wiley Brand.
- Patrick, H. & Mantzicopoulos, P. (2016). Is Effective Teaching Stable? *The Journal of experimental education*, 84 (1), 23-47.
- Pianta, R. C., La Paro, K. M. & Hamre, B. K. (2008). *Classroom Assessment Scoring System. Manual K-3*. Baltimore: Paul H. Brookes.
- Pianta, Robert C., Mashburn, A. J., Downer, J. T., Hamre, B. K., & Justice, L. (2008). Effects of web-mediated professional development resources on teacher-child interactions in pre-kindergarten classrooms. *Early childhood research quarterly*, 23 (4), 431-451.
- Richartz, A. (2015). *Individuelle videogestützte Lernbegleitung zur Verbesserung der pädagogischen Trainingsqualität im Nachwuchsleistungssport*. Unveröffentlichter Projektantrag.
- Richartz, A. & Anders, D. (2016). Pädagogische Qualität als Thema der Trainerbildung – hat die Sportpädagogik Trainern Relevantes zu bieten? *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, 57 (2), 98-117.
- Richartz, A., Kohake, K. & Maier, J. (2018). Individuelle videogestützte Lernbegleitung zur Verbesserung der pädagogischen Trainingsqualität im Nachwuchsleistungssport. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2017/18* (S. 143-149). <http://my.page2flip.de/15646901/16713668/16713670/html5.html#/144>
- Richartz, A. & Sallen, J. (2012). Die pädagogische Qualität des Trainings im Kinderleistungssport – aus Sicht von Kindern, Eltern und Experten. In *Sportpädagogik zwischen Stillstand und Beliebigkeit: 25. Jahrestagung der dvs-Sektion Sportpädagogik vom 7. bis 9. Juni 2012 [in Magglingen]* (S. 68-78). Magglingen: Schweiz / Bundesamt für Sport.
- Richartz, A. & Zoller, R. (2011). Die Qualität von Unterrichtsprozessen erfassen. In *Bewegungsbezogene Bildungskonzeptionen. Zur Trias Konzeption, Implementation und Evaluation. Jahrbuch Bewegungs- und Sportpädagogik in Theorie und Forschung*. (S. 75-87). Bremen: LIS.
- Seidel, T. & Stürmer, K. (2014). Modeling and Measuring the Structure of Professional Vision in Preservice Teachers. *American educational research journal*, 51 (4), 739-771.
- Standage, M., Duda, J. L. & Ntoumanis, N. (2006). Students' Motivational Processes and Their Relationship to Teacher Ratings in School Physical Education: A Self-Determination Theory Approach. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 77 (1), 100-110.
- Strong, M., Gargani, J. & Hacifazlioglu, Ö. (2011). Do We Know a Successful Teacher When We See One? Experiments in the Identification of Effective Teachers. *Journal of teacher education*, 62 (4), 367-382.

- Stürmer, K., Könings, K. D. & Seidel, T. (2013). Declarative knowledge and professional vision in teacher education: Effect of courses in teaching and learning. *British journal of educational psychology*, 83 (3), 467-483.
- Westergård, E., Ertesvåg, S. K. & Rafaelsen, F. (2019). A Preliminary Validity of the Classroom Assessment Scoring System in Norwegian Lower-Secondary Schools. *Scandinavian journal of educational research*, 63 (4), 566-584.
- Wolff, M., Schröer, W. & Fegert, J. M. (Hrsg.) (2017). *Schutzkonzepte in Theorie und Praxis. Ein beteiligungsorientiertes Werkbuch*. Weinheim Basel: Beltz Juventa.

# Evaluation von Angeboten zur Förderung Dualer Karrieren an Schule-Leistungssport-Verbundsystemen unter besonderer Berücksichtigung des Modellversuchs Additives Abitur: Halbzeitzeitstand

(AZ 071102/16-18)

Jeffrey Sallen<sup>1</sup>, Robert Zetzsche<sup>2</sup>, Thomas Wendeborn<sup>2,3</sup> & Erin Gerlach<sup>1</sup> (Projektleitung)

<sup>1</sup>Universität Potsdam, Humanwissenschaftliche Fakultät, Professur für Sportdidaktik

<sup>2</sup>Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, Professur für empirische Bildungsforschung im Sport

<sup>3</sup>Universität der Bundeswehr, Fakultät für Humanwissenschaften, Professur für Sportpädagogik

## 1 Einleitung

Das zeitgleiche und erfolgreiche Verfolgen einer schulischen Bildungskarriere sowie einer leistungssportlichen Karriere ist angesichts des hohen gesellschaftlichen Stellenwerts schulischer Bildung und des bundesweiten Trends zu höherwertigen Schulabschlüssen (Kramer, Neumann & Trautwein, 2016) eine Herausforderung, der sich nahezu alle Nachwuchsathleten und -athletinnen zu stellen haben. Empirische Befunde zur Gestalt dieser Doppelbelastung (u. a. Richartz & Brettschneider, 1996) und zu (inter)individuellen Verläufen dualer Karrieren im Nachwuchsleistungssport (u. a. Stambulova & Wyllemann, 2014) legen nahe, für junge Talente gezielt Rahmenbedingungen und Unterstützungsangebote zu schaffen, die eine erfolgreiche Bewältigung sogenannter dualer Karrieren wahrscheinlicher machen. Folgt man dem sportpolitischen Diskurs, ist die systematische Förderung dualer Karrieren im Nachwuchsleistungsbereich notwendig, aber noch unzureichend und sollte ausgebaut werden (European Commission, 2016; EU Expert Group, 2012).

Aus soziologisch-systemtheoretischer Sicht kann die Lösung des Problems der Vereinbarkeit von Schule und Sport „nur darin bestehen, (...) die Schule im Sinne des Spitzensports zu funktionalisieren“ (Borggreffe & Cachay, 2014, S. 42). Die Möglichkeiten der Funktionalisierung von Schule sind jedoch sehr begrenzt. Sie beschränken sich vor allem auf eine zeitliche Flexibilisie-

rung der Prüfungs- und Unterrichtsorganisation sowie auf die Bereitstellung von zusätzlichem und spezifisch ausgebildetem Betreuungspersonal. Solche Lösungsansätze sind seit langem fester Bestandteil der Begabtenförderung im Leistungssport und haben sich international etabliert (Radtko & Coalter, 2007). Fernab der Begabtenförderung werden auf dem Gebiet der Bildungs- und Erziehungswissenschaften ähnliche Ansätze als Innovationen im Bereich der Flexibilisierung von Schullaufbahnen und der Individualisierung von Bildungsgängen diskutiert (Stöffler, 2014).

In Deutschland besteht eine Vielzahl an Schule-Leistungssport-Verbundsystemen (SLV), deren Kooperationskonzepte und pädagogische Unterstützungsangebote sehr unterschiedlich ausgestaltet sein können (Wendeborn, Drewicke & Hummel, 2018). In der Perspektive des Deutschen Olympischen Sportbundes (DOSB) sollen SLV (insbesondere „Eliteschulen des Sports“) Bedingungen gewährleisten, „damit talentierte Nachwuchsathleten/innen sich auf künftige Spitzenleistungen im Sport bei voller Wahrung ihrer schulischen Bildungschancen vorbereiten können“ (DOSB, 2013, S. 18).

Zu den Aufgaben von SLV zählen:

- die sportliche Begabungsförderung,
- die Hinführung zu einem „individuell optimalen Schulabschluss“ sowie

- › die Unterstützung einer ganzheitlichen Persönlichkeitsentwicklung und
- › Unterstützung bei der „Bewältigung der Doppelbelastung aus schulischen und sportlichen Anforderungen“ (ebd.).

Wissenschaftliche Studien zur Evaluation von SLV wurden in Deutschland bereits mehrfach durchgeführt. Im Mittelpunkt standen dabei u. a. die (Neu-)Konzeption sowie praktische Ausgestaltung von SLV (z. B. Creutzburg & Scheid, 2014; Körner et al., 2017), die Effektivität und Effizienz hinsichtlich der Produktion sportlichen Erfolgs und schulischer Abschlüsse (u. a. Emrich et al., 2009), die subjektive Sicht von leistungssportlich aktiven Schülerinnen und Schülern auf Unterstützungsangebote und Rahmenbedingungen (u. a. Borchert, 2013; Brettschneider & Klimek, 1998; Stiller, 2017) sowie die psychische Gesundheit von Schülerathleten bzw. -athletinnen (u. a. Breithecker, 2018). Trotz der regen wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit SLV erlaubt der aktuelle Forschungsstand bisher kaum detaillierte Aussagen zur Attraktivität und zu den Auswirkungen einzelner schulischer Unterstützungsangebote (z. B. Schulzeitstreckung in der gymnasialen Oberstufe).

Die hier präsentierte EDKAA-Studie (Evaluation – Duale Karriere – Additives Abitur) setzt an diesem Punkt an. Sie nimmt schulische Unterstützungsangebote an Brandenburger Gesamtschulen mit leistungssportlichem Förderprofil in den Blick, die sich an leistungssportlich aktive Schüler und Schülerinnen in der gymnasialen Oberstufe (GOST) richten. Ein Schwerpunkt liegt dabei auf der Evaluation des Schulversuchs „Additives Abitur“. Das Additive Abitur wird seit dem Schuljahr 2011/2012 an der Sportschule in Potsdam angeboten (Ziemer & Otto, 2016). Es ist eine Maßnahme zur Flexibilisierung von Schullaufbahnen in der GOST, die vor allem auf der zeitlich-organisatorischen Ebene zu einer besseren Vereinbarkeit von Schule und Leistungssport beitragen soll. Dabei erweitert das Additive Abitur ein an Brandenburger Sportschulen fest installiertes Konglomerat an schulischen Unterstützungsangeboten, das im bundesweiten Vergleich bereits durch ein erhöhtes Maß an spitzensportlicher Funktionalisierung

von Schule heraussticht („Brandenburger Modell“; Borggrefe & Cachay, 2014). Das Additive Abitur beinhaltet eine Streckung der GOST von regulär drei Jahren (an Gesamtschulen in Brandenburg) auf vier bis fünf Jahre. Dadurch kann die Anzahl der Unterrichtsstunden pro Woche erheblich reduziert werden, ohne Abstriche bei der Umsetzung der vorgeschriebenen Unterrichtsinhalte und -umfänge machen zu müssen. Hinzu kommt, dass die Abiturabschlussprüfungen, die regulär gebündelt am Ende der GOST stattfinden, in Teilen vorgezogen und damit auf mehrere Schuljahre verteilt werden können, angepasst an die individuelle Trainings- und Wettkampfplanung. Das wird durch einen modularisierten, kompakten Aufbau des Unterrichts in den Abiturprüfungsfächern möglich. Die Abiturabschlussprüfungen erfolgen direkt nach dem Ableisten der Pflichtstundenzahl im jeweiligen Abiturprüfungsfach. Das Additive Abitur ist zugangsbeschränkt. Nur sportlich talentierte Vertreter bzw. Vertreterinnen trainingsintensiver Individualsportarten erhalten die Möglichkeit, am Schulversuch teilzunehmen. Die Teilnahme ist freiwillig und beginnt mit dem 11. Schuljahr (Einführungsphase). Ein Quereinstieg ist im Ausnahmefall mit Beginn des 12. Schuljahres möglich, der Wechsel zurück in die reguläre Schullaufbahn bis Ende des 11. Schuljahres. Über die Effektivität und die Wirkungen dieser Maßnahmen weiß man jenseits von subjektiven Einschätzungen allerdings wenig.

## 2 Fragestellungen

Die EDKAA-Studie widmet sich Fragen nach den Auswirkungen der Inanspruchnahme von schulischen Unterstützungsangeboten auf Leistungen, Motivation und zeitliche Investitionen der Schülerathleten bzw. -athletinnen in Schule und Sport, auf die psychische Gesundheit sowie auf die Zufriedenheit mit den Rahmenbedingungen zur Vereinbarkeit von Schule und Leistungssport. Des Weiteren ist zu klären, welche Erwartungen und Erfahrungen jugendliche Leistungssportler bzw. -sportlerinnen in Bezug auf schulische Unterstützungsangebote haben. Wie attraktiv und hilfreich sind die Angebote für die Zielgruppe? Darüber hinaus werden Fragen zur Wahrnehmung und Bewertung der

Initiierung, Umsetzung und Wirkung des Schulversuchs „Additives Abitur“ aus der Sicht von daran beteiligten Vertretern bzw. Vertreterinnen der Schule, Schulbehörden und des Leistungssports bearbeitet.

### 3 Methodik

Die EDKAA-Studie besteht aus einer qualitativen und einer quantitativen Teilstudie, die miteinander verknüpft sind und jeweils mehrere Module enthalten. Gefördert wird das Evaluationsvorhaben durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft, das Brandenburgische Ministerium für Bildung, Jugend und Sport sowie den Deutschen Olympischen Sportbund. Der Förderzeitraum erstreckt sich insgesamt von 04/2016 bis 12/2021, aufgeteilt in zwei Förderphasen (EDKAA-1: 04/2016-03/2018; EDKAA-2: 04/2018-12/2021). Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über die methodische Anlage der Studie und bezieht sich im Ergebnisteil auf die erste Förderphase.

#### 3.1 Quantitative Teilstudie

**Modul 1:** Auf der Grundlage von schulinternen Dokumenten zu ehemaligen Schülern und Schülerinnen erfolgte eine längsschnittliche Analyse der schulischen Leistungen in ausgewählten Abiturprüfungsfächern (Fachnoten auf den Halb- und Endjahreszeugnissen in den Jahrgangsstufen 10, 12 und 13 sowie Abiturprüfungsergebnisse) und der fachübergreifenden Abitur-Gesamtleistung von allen Schülern und Schülerinnen, die an der Sportschule Potsdam in den Schuljahren 2011/2012 bis 2013/2014 in die GOST eingetreten sind und in den Folgejahren das Abitur erlangt haben. Verglichen werden zum einen die schulischen Leistungen zwischen Schülern bzw. Schülerinnen mit und ohne Inanspruchnahme des Additiven Abiturs. Zum anderen erfolgt ein Vergleich der schulischen Leistungen beider Personengruppen mit den Durchschnittsleistungen der Gesamtschülerschaft der betreffenden Jahrgänge an Gesamtschulen im Land Brandenburg (ZENSOS-Datenbank des Ministeriums für Bildung, Jugend und Sport). Die Abiturzeugnisse der Absolventen und Absolventinnen, die am Schulversuch teilnahmen, geben zudem Aufschluss über die favori-

sierten Optionen bei der Verteilung der Abiturabschlussprüfungen.

**Modul 2:** Mit Hilfe von Schulleistungstests werden/wurden die Englisch-Sprachkompetenzen und die mathematischen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern je einmal am Anfang und am Ende der GOST erfasst. Getestet werden/wurden im Rahmen einer Vollerhebung leistungssportlich aktive und nicht mehr aktive Schülerinnen und Schüler, die in den Schuljahren 2016/2017 und 2017/2018 an der Sportschule Potsdam sowie an zwei weiteren Sportschulen des Landes Brandenburg in die GOST eingetreten sind. Angestrebt sind differenzierte Vergleiche hinsichtlich der Kompetenzentwicklung (unter Berücksichtigung der leistungssportlichen Aktivität und der Inanspruchnahme von schulischen Fördermaßnahmen für sportlich Hochbegabte). Als weitere Vergleichsgruppe werden/wurden diejenigen getestet, die im Schuljahr 2017/2018 an einer von drei ausgewählten Gesamtschulen ohne Leistungssport-Förderprofil in die GOST eingetreten sind.

**Modul 3:** Die in Modul 2 eingebundenen Schülerinnen und Schüler wurden/werden einmal zu Beginn der GOST und anschließend am Ende eines jeden Schuljahres bis zum Ende der GOST zu den Themen *Schule, Sport, Vereinbarkeit von Schule und Sport, Schulische Fördermaßnahmen für Leistungssportler/innen sowie Psychisches Befinden* schriftlich befragt. Durch das quasi-experimentelle Design mit mehreren Vergleichsgruppen sind unter anderem Aussagen zum Verlauf dualer Karrieren und zur Wirksamkeit von einzelnen schulischen Fördermaßnahmen möglich.

#### 3.2 Qualitative Teilstudie

**Modul 4:** Mittels problemzentrierter, leitfadengestützter Interviews wurden die subjektiven Perspektiven von Schülerinnen und Schülern der Sportschule Potsdam auf das Additive Abitur und andere schulische Förderangebote exploriert. Einbezogen wurden vier Personen, die sich zum Zeitpunkt des Interviews am Ende der GOST befanden und über umfassende Erfahrungen verfügen. Sie nahmen gemeinsam mit drei interviewten Studierenden, die das Abitur im Rahmen des Schulversuchs bereits vor mehreren Jahren erlangt hatten, eine Retrospektive

auf den Schulversuch ein. Interviewt wurden weiterhin acht Schülerinnen bzw. Schüler, die sich zum Gesprächszeitpunkt am Anfang der elften Jahrgangsstufe befanden, vier davon hatten sich für die Inanspruchnahme des Additiven Abiturs entschieden. Ihr Blick auf den Schulversuch ist prospektiv ausgerichtet und von Erwartungen geprägt. Es erfolgte ein selektives Sampling unter Berücksichtigung von Geschlecht, Belastungserleben, Leistungssportaktivität und Inanspruchnahme des Additiven Abiturs. Die Interviews wurden auditiv aufgezeichnet, transkribiert und anschließend qualitativ-inhaltsanalytisch ausgewertet.

**Modul 5:** In gleicher methodischer Weise wie in Modul 4 wurden qualitative Experten-Interviews durchgeführt und ausgewertet. Hier sind Personen gemeint, die bezüglich des Schulversuchs über komplex integrierte Wissensbestände verfügen, welche auf einen professionellen Funktionskontext bezogen sind. Sie besitzen aus ihrer Profession heraus einen tiefen Einblick in die Entstehung und/oder Umsetzung des Schulversuchs. Interviewt wurden insgesamt fünf Expertinnen bzw. Experten aus verschiedenen Institutionen (zuständige Schulaufsichtsbehörden, Schulleitung, Laufbahnberatung des Olympiastützpunktes in Brandenburg).

## 4 Ergebnisse

**Modul 1:** Alle Absolventinnen bzw. Absolventen der ausgewählten Jahrgänge, die das Additive Abitur an der Sportschule Potsdam in Anspruch nahmen, nutzten die Möglichkeit, einzelne Abiturprüfungen vorzuziehen. Die Mehrheit absolvierte in der auf drei Jahre gestreckten Qualifikationsphase ein bis zwei Abiturprüfungen pro Schuljahr. Vier Verteilungsmuster sind auszumachen, von denen Muster A, B und D etwa gleichhäufig gewählt wurden (Tab. 1). Diese Absolventen bzw. Absolventinnen unterschei-

den sich in ihrer Abitur-Gesamtleistung ( $N = 61$ ; Leistungspunkte:  $624,49 \pm 114,47$ ) von ihren Mitschülern bzw. Mitschülerinnen ohne Inanspruchnahme des besonderen Förderangebots ( $N = 138$ ; Leistungspunkte:  $606,17 \pm 107,75$ ) nicht signifikant ( $t(197) = -1,09$ ;  $p = 0,279$ ;  $d = 0,17$ ). Ein ähnliches Bild zeigt sich bei dem Vergleich der Ergebnisse von Abiturprüfungen in den am häufigsten gewählten Abiturprüfungsfächern (Mathematik, Deutsch, Geschichte, Sport), wobei die Teilnehmenden am Additiven Abitur in diesen vier Fächern ebenfalls keine statistisch signifikant abweichende Punktzahl erreichen, dennoch aber tendenziell höhere Werte erzielen (Effektgröße Cohens  $d$  zwischen 0,13 und 0,34). Die Entwicklung der schulischen Leistungen in diesen Fächern von der 10. Klasse bis zum Abiturabschluss vollzieht sich in beiden Gruppen ohne nennenswerte Differenzen (Sallen, Wendeborn, Zetzsche & Gerlach, 2018).

**Modul 2:** Die Schulleistungstests wurden bislang erst zu Beginn der GOST erhoben. Die Ergebnisse zeigen an, dass sich die Schülerinnen und Schüler an Sportschulen in ihren fremdsprachlichen und mathematischen Kompetenzen auf sehr ähnlichem Niveau befinden wie Gleichaltrige an Gesamtschulen ohne Leistungssport-Förderprofil (Sallen, Zetzsche, Wendeborn & Gerlach, 2018).

**Modul 3:** Von 63 leistungssportlich aktiven Schülerinnen und Schülern, die an der Sportschule Potsdam das Additive Abitur in Anspruch nehmen werden, geben zu Beginn der GOST (11. Schuljahr) 84,0 % an, ein großes bis sehr großes Teilnahmeinteresse zu haben. Bei den restlichen 16,0 % liegt ein mittelstarkes Interesse vor. Das Ergebnis spricht dafür, dass die Teilnahme am Additiven Abitur freiwillig und überwiegend aus eigenem Antrieb erfolgt. In erster Linie erwarten sie vom Additiven Abitur, dass es die Möglichkeit eröffnet, sich noch

Tab. 1. Verteilung der Abiturprüfungen von Teilnehmenden am Additiven Abitur ( $N = 59$ )

	Anzahl der Abiturprüfungen in der Qualifikationsphase			Anzahl der Schülerinnen und Schüler	
	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	$N$	%
A	1	1	2	16	27,1
B	1	2	1	15	25,4
C	0	2	2	11	18,6
D	0	1	3	17	28,8

stärker auf den Leistungssport konzentrieren zu können. Besonders starke Wirkungshoffnungen hegen die Befragten auch hinsichtlich der Verbesserung der Bedingungen zur Vereinbarkeit von Schule und Sport. Bei Schülerathleten bzw. -athletinnen ( $N = 87$ ), die das Additive Abitur nicht in Anspruch nehmen werden, ist das Teilnahmeinteresse zu Beginn der GOST insgesamt deutlich schwächer ausgeprägt. Die Interessensbekundungen weisen jedoch erhebliche individuelle und sportartspezifische Unterschiede auf. Es gibt demnach eine Reihe von Athleten bzw. Athletinnen, die das Additive Abitur gerne nutzen würden, aber nicht können (z. B. weil sie die Zugangsvoraussetzungen nicht erfüllen oder die Aufnahmekapazität erschöpft ist).

Leistungssportlich aktive Schüler und Schülerinnen im Additiven Abitur ( $N = 40$ ) schätzen bereits zu Beginn der GOST (Schuljahr 2016/2017) die Rahmenbedingungen zur Vereinbarkeit von Schule und Sport ( $t = -3,71$ ;  $p < 0,001$ ;  $d = 0,81$ ) sowie die Selbstwirksamkeit hinsichtlich der erfolgreichen Bewältigung der dualen Karriere ( $t = -2,94$ ;  $p = 0,004$ ;  $d = 0,70$ ) deutlich positiver ein als Mitschüler bzw. Mitschülerinnen ohne Inanspruchnahme des Additiven Abiturs ( $N = 45$ ). Zudem fühlen sich die Nutzer des besonderen Förderangebots im Alltag signifikant weniger chronisch überlastet ( $t = 2,09$ ;  $p = 0,040$ ;  $d = 0,45$ ) und weniger psychosomatisch beeinträchtigt ( $t = -1,91$ ;  $p = 0,060$ ;  $d = 0,42$ ). Aussagen zur Wirkung von schulischen Fördermaßnahmen für Leistungssportler bzw. -sportlerinnen sind daraus nicht ableitbar. Diese und weitere Ergebnisse sind in Sallen (2018) sowie Sallen, Borchert und Gerlach (2018) dargestellt.

**Modul 4:** Die Ergebnisse der Interviews zeigen, dass das Additive Abitur für viele jugendliche Leistungssportlerinnen bzw. sportler – vor allem in den trainingsintensiven Individualsportarten – sehr attraktiv ist. Das Förderangebot spricht die zentralen Unterstützungsbedürfnisse der Zielgruppe an. Die vorwiegend positiven Erwartungen an das Additive Abitur scheinen erfüllt zu werden, wenn man auf die Erfahrungsberichte von Absolventinnen und Schüler bzw. Schülerinnen am Ende der GOST blickt. Mit der Schulzeitstreckung wird vor allem die Erfahrung verbunden, sich mehr dem Sport zuwenden zu können. Die Umverteilung von Abiturabschluss-

prüfungen wird hingegen für eine intensivere Prüfungsvorbereitung und bessere Prüfungsleistungen verantwortlich gemacht. Aus Teilnehmerperspektive handelt es sich insgesamt um ein empfehlenswertes Unterstützungsangebot, das Bedingungen zur Vereinbarkeit von Schule und Leistungssport gewährleistet, die einer einseitigen Ausrichtung auf Schule oder Leistungssport über die gesamte GOST hinweg präventiv entgegenstehen (Sallen, 2018).

**Modul 5:** In der Befragung der Experten wird deutlich, dass die Umsetzung des Additiven Abiturs einen wechselseitigen Prozess zwischen den beteiligten Institutionen darstellt. Der Hauptanteil liegt dabei beim Personal der Schule, welches sich durch hohes persönliches Engagement auszeichnet, das Modell des Additiven Abiturs erfolgreich durchzuführen. Besonders die individualisierte Stundenplanung stellt eine Herausforderung dar. Die Kommunikation zwischen den Planungsstellen an der Schule und den Trainerinnen und Trainern stellt ein Feld dar, in dem Verbesserungsbedarf gesehen wird. Eine Vertreterin der Schule benennt eine unvollständige Kommunikation bei der Abstimmung von schulischen und sportlichen Anforderungen als Problem. Von Seiten der Schulaufsicht wurde kritisiert, dass die Aufnahme in das Additive Abitur unter anderem an sportbezogene Kriterien gebunden ist, welche teilweise unkonkret und intransparent sind (Zetzsche, Wendeborn & Sallen, 2019).

## 5 Diskussion

Die bisher aus den Modulen 3 und 4 hervorgegangenen Ergebnisse zeichnen ein insgesamt positives Bild vom Additiven Abitur. Die Teilnehmenden erleben dieses besondere Förderangebot sowohl zu Beginn als auch am Ende der GOST als hilfreich bei der Bewältigung der dualen Karriere. Welche Auswirkungen die Inanspruchnahme des Additiven Abiturs auf die Entwicklung von Aspekten psychischer Gesundheit hat, kann zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht beurteilt werden. Die Ergebnisse aus Modul 1 deuten darauf hin, dass der Schulversuch über die gesamte GOST hinweg jugendlichen Leistungssportlern bzw. -sportlerinnen genug Freiraum schafft, um schulische Leistungen und

Abschlüsse erreichen zu können, die gleichauf sind mit denen von Gleichaltrigen ohne leistungssportliches Engagement. Optimierungspotentiale in Bezug auf den Schulversuch kommen vor allem in den Experteninterviews zum Vorschein. Belastbare Aussagen zur Wirksamkeit des Schulversuchs aus objektiver Sicht werden erst nach Abschluss der längsschnittlichen Untersuchung möglich sein.

## 6 Literatur

- Borchert, T. (2013). *Ohne doppelten Boden, aber mit Netz? Förderung sportlicher Begabung und soziale Unterstützung an Eliteschulen des Sports in Brandenburg*. Chemnitz: Universitätsverlag der TU Chemnitz.
- Borggrefe, C. & Cachay, K. (2014). Spezialschulen Sport in Brandenburg – ein Modell für Deutschland? *Leistungssport*, 45 (6), 40-46.
- Breithecker, J. (2018). *Die NRW-Sportschule. Chronischer Stress und Selbstkonzeptentwicklung von Sportprofilklassenschülern*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Brettschneider, W.-D. & Klimek, G. (1998). *Sportbetonte Schulen – ein Königsweg zur Förderung sportlicher Talente?* Aachen: Meyer & Meyer.
- Creutzburg, S. & Scheid, V. (2014). *Qualitätsentwicklung an Partnerschulen des Leistungssports. Evaluationsstudie zum Landesprogramm „Talentsuche – Talentförderung“ in Hessen*. Schorndorf: Hofmann.
- DOSB (Deutscher Olympischer Sportbund). (Hrsg.). (2013). *Nachwuchsleistungssportkonzept 2020*. Zugriff am 20.07.2018 unter [www.dosb.de/leistungssport/nachwuchsleistungssport](http://www.dosb.de/leistungssport/nachwuchsleistungssport)
- Emrich, E., Fröhlich, M., Klein, M. & Pitsch, W. (2009). Evaluation of the Elite Schools of Sport: empirical findings from an individual and collective point of view. *International review for the sociology of sport*, 44, 151-171.
- EU Expert Group. (2012). *Guideline on dual careers of athletes. Recommended policy actions in support of dual careers in high-performance sport*. Brussels: European Union. Zugriff am 28.03.2019 unter [http://ec.europa.eu/sport/library/documents/dual-career-guidelines-final\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/sport/library/documents/dual-career-guidelines-final_en.pdf)
- European Commission. (2016). *Study on the minimum quality requirements for dual career services*. Luxembourg: Publications Office of the European Union. Zugriff am 28.03.2019 unter <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/e06e5845-0527-11e6-b713-01aa75ed71a1/language-en>
- Körner, S., Steinmann, A., Grajczak, G., Symanzik, T., Bonn, B. & Segets, M. (2017). *Evaluation der NRW-Sportschulen: Abschlussbericht*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Kramer, J., Neumann, M. & Trautwein, R. (2016). Vorwort. In J. Kramer, M. Neumann & U. Trautwein (Hrsg.), *Abitur und Matura im Wandel (S. V-XII)*. Wiesbaden: Springer VS.
- Radtko, S. & Coalter, F. (2007). *Sports Schools-Eliteschulen des Sports. Ein internationaler Vergleich unter Einbeziehung von zehn Ländern*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Richartz, A. & Brettschneider, W.-D. (1996). *Weltmeister werden und die Schule schaffen. Zur Doppelbelastung von Schule und Leistungstraining*. Schorndorf: Hofmann.
- Sallen, J. (2018). Das „Additive Abitur“ auf dem Prüfstand. Perspektiven von leistungssportlich aktiven Jugendlichen auf einen Schulversuch zur Förderung dualer Karrieren. *Sportunterricht*, 67 (10), S. 452-457.
- Sallen, J., Borchert, T. & Gerlach, E. (2018). Die Schulzeitstreckung in der gymnasialen Oberstufe: Ein Wundermittel zur Entlastung von Schülerathlet/innen an Eliteschulen des Sports? In E. Balz & D. Kuhlmann (Hrsg.), *Sportwissenschaft in pädagogischem Interesse. 30. Jahrestagung der dvs-Sektion Sportpädagogik vom 15.-17. Juni 2017 in Hannover* (S. 178-180). Hamburg: Czwalina.
- Sallen, J., Wendeborn, T., Zetsche, R. & Gerlach, E. (2018). *Evaluation of a state high school experiment in Germany to support elite student-athletes in their academic performance development on the way to the university entrance qualification*. Unveröffentlichtes Manuskript. Universität Potsdam, Professur für Sportdidaktik.

- Sallen, J., Zetsche, R., Wendeborn, T. & Gerlach, E. (2018). *Abschlussbericht zur Förderphase 1 des Forschungsprojekts: „Evaluation von Angeboten zur Förderung Dualer Karrieren an Schule-Leistungssport-Verbundsystemen unter besonderer Berücksichtigung des Modellversuchs Additives Abitur“ (EDKAA)*. Unveröffentlichter Forschungsbericht. Universität Potsdam, Professur für Sportdidaktik.
- Stambulova, N. & Wylleemann, P. (2014). Athletes' career development and transitions. In A. G. Papaioannou & D. Hackfort (Eds.), *Routledge companion to sport and exercise psychology. Global perspectives and fundamental concepts* (pp. 605-620). London: Routledge.
- Stiller, T. (2017). *Bildung schadet nicht! Auch nicht im Spitzensport*. Weinheim: Beltz Juventa.
- Stöffler, F. (Hrsg.). (2014). *Abitur im eigenen Takt. Die flexible Oberstufe zwischen G8 und G9*. Weinheim: Beltz.
- Wendeborn, T., Drewicke, E. & Hummel, A. (2018). Verbundsysteme Schule – Leistungssport in der Bundesrepublik Deutschland. Ein Überblick. *Sportunterricht*, 67 (10), 435-439.
- Ziemer, K.-R. & Otto, A. (2016). Traumerfüllungsmanufaktur Sportschule Potsdam. Der Deutsche Schulpreis im Jahr der Olympischen Spiele in Rio. Ein Beitrag zur Diskussion um die Effektivität der Eliteschulen des Sports. *Sportunterricht*, 65 (9), 275-277.
- Zetsche, R., Wendeborn, T. & Sallen, J. (2019). *Schulversuche in der Begabungsförderung. Ein Beitrag zur Flexibilisierung von Schullaufbahnen*. Unveröffentlichtes Manuskript, Universität Leipzig, Professur für empirische Bildungsforschung im Sport.



# Optimierung der Trainings- und Wettkampfqualität der Abteilung Tischtennis des Deutschen Behindertensportverbandes e. V.: Sportpsychologische Betreuung 2017-2019

(AZ 071606/17-18 & AZ 071602/18-19)

*Thorsten Leber & Oliver Höner (Projektleitung)*

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

## 1 Problem

Die Abteilung Tischtennis des Deutschen Behindertensportverbandes strebt im paralympischen Zyklus zwischen den Spielen 2016 und 2020 eine Optimierung und Professionalisierung der Betreuungsstrukturen an. Dies beinhaltet schon seit mehreren Jahren auch die konsequente Berücksichtigung sportpsychologischer Maßnahmen zur Wettkampfvorbereitung. Die aus dem bisherigen Prozess hervorgegangenen Erkenntnisse sollen als Grundlage genutzt werden, um Spielerinnen und Spieler sowie Betreuerinnen und Betreuer mit Hilfe wissenschaftsbasierter sportpsychologischer Methoden optimal auf sportliche Großereignisse der kommenden Jahre vorzubereiten.

Im Zeitraum 1. Quartal 2017–1. Quartal 2019 sollte sich der Schwerpunkt der Interventionen im Vergleich zu den Vorjahren mehr in Richtung Coach-the-Coach verschieben. Hauptaugenmerk lag dabei auf der Betreuung des A- und B-Kaders. Darüber hinaus sollten Ansatzpunkte für die Talentsichtung und -förderung gewonnen werden, die es ermöglichen, nachrückende Spielerinnen bzw. Spieler auch im psychosozialen Bereich möglichst schnell an den Spitzenbereich heranzuführen. Die Konstellation der verschiedenen Bundeskader zeichnete sich wie in den Jahren zuvor durch eine große Heterogenität der Mitglieder bzgl. Art der Behinderung sowie Altersstruktur aus. Weitere, in der Betreuung zu berücksichtigende, Unterschiede existieren hinsichtlich des Professionalisierungsgrads der Athleteninnen und Athleten sowie

der Trainingsbedingungen, die sie zwischen den Lehrgängen des Spitzenverbandes vorfinden. Bedingt durch diese heterogene Struktur war es notwendig, sowohl inner- als auch außerhalb von Lehrgängen individuell angepasste Angebote zu ermöglichen, die den unterschiedlichen Voraussetzungen gerecht werden.

Die sportpsychologische Betreuung basierte auf dem Leitbild der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie (asp) für die angewandte Sportpsychologie. Die inhaltliche Struktur der Maßnahmen orientierte sich an verschiedenen Dimensionen des vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) geförderten Projekts „Trainings- und Wettkampf-Qualität aus Athleten- und Trainersicht“ (QuATraS ; Hänsel, 2013). Die Referenzdimensionen „Selbstbezug“, „Trainer“ und andere „Sportakteure“ wurden ausgehend von den bisherigen Erkenntnissen und Rückmeldungen der Spielerinnen und Spieler als die relevantesten Bezugspunkte angesehen. Aufgrund solider Grundlagen im „Selbstbezug“ verschob sich der inhaltliche Schwerpunkt für die hier beschriebenen Projektphasen Richtung „Trainer“ und „Sportakteure“.

## 2 Methode

### 2.1 Diagnostik

Aufgrund begrenzter zeitlicher Ressourcen von Spielerinnen/Spielern und Betreuerinnen/Betreuern wurde es als wichtig erachtet, diagnostische Fragestellungen möglichst ökonomisch in den Lehrgangs- und Turnieralltag zu

integrieren. Neben Beobachtungen und regelmäßig aktiv eingeholtem Feedback über die vorgenommenen Maßnahmen wurden auch die aus dem Vorläuferprojekt vorliegenden Ergebnisse des Evaluationsbogens „Qualitätssicherung 17“ (QS17; Kleinert & Ohlert, 2014) als Planungsgrundlage berücksichtigt. Weiterhin hatten A-Kader-Athletinnen und Athleten (Medaillengewinnerinnen bzw. -gewinner Paralympische Spiele 2016, Rio de Janeiro) und Trainerinnen bzw. Trainer im Vorfeld die Möglichkeit, eine computergestützte Analyse der eigenen Entwicklungspotenziale und des Umfelds auf Basis der Repertory Grid Technik durchzuführen (Kelly, 1991), die ebenfalls zur Maßnahmenplanung genutzt wurde.

Da die Projektphase AZ 071602/18-19 nach einer längeren Pause außerplanmäßig erst in der zweiten Jahreshälfte 2018 und somit nur wenige Wochen vor dem Saisonhöhepunkt starten konnte, war zum Einstieg eine systematische Diagnostik nur in stark verdichteter Form möglich. Der Anspruch an die Planung war dennoch eine konsequente Weiterentwicklung von Daten und Informationen, die aus Vorläuferprojekten bekannt waren.

Zur Vorbereitung des mittlerweile bereits laufenden Anschlussprojekts im Jahr 2019 wurden noch in der Projektphase AZ 071602/18-19 im A- und B-Kader Skalen zur Leistungsmotivation, Wettkampfstärke und zu volitionalen Kompetenzen distribuiert. Die Ergebnisse werden im Laufe des ersten Halbjahrs 2019 an die Teilnehmerinnen und Teilnehmer zurückgemeldet, um daraus individuelle Maßnahmen ableiten zu können. Die Perspektive dieser Diagnostik beinhaltet bereits die langfristige Vorbereitung auf die Paralympischen Spiele in Tokyo 2020.

## 2.2 Intervention

Der Rahmen für Interventionen spannte sich aus verschiedenen zu integrierenden Bezugspunkten auf:

- einer allgemeinen handlungspsychologischen Rahmenkonzeption der Sportpsychologie (Conzelmann, Hänsel & Höner, 2013) gemeinsam mit

- in zurückliegenden BISp-Projekten bereits erprobten Diagnostiken personaler Dispositionen von Athletinnen und Athleten im Behindertenleistungssport (Höner, Kämpfe & Willimczik, 2009) sowie
- konkreter Umsetzungen des Trainings kognitiver Fertigkeiten (Eberspächer, 2012) und schließlich
- ergänzendes Coaching von Spielerinnen/Spielern und Betreuerinnen/Betreuern auf Basis von konstruktivistischen und systemischen Überlegungen (Kelly, 1991).

Dabei lag im Sinne einer gängigen Systematik sportpsychologischer Interventionen (Beckmann & Elbe, 2008) der Schwerpunkt auf der Vermittlung von Grundlagen und dem Fertigkeitstraining. Krisenintervention war optional möglich und situativ auch erforderlich. Deutlich im Vordergrund standen jedoch Prävention durch Vermittlung von Kompetenzen und Coping-Strategien in zwei Stufen. Die Grundlagenstufe richtete sich in erster Linie an unerfahrene Spielerinnen und Spieler mit geringer sportpsychologischer Vorerfahrung und basierte vor allem auf Vorträgen und strukturierten Übungen. Die Aufbaustufe war auf erfahrenere Spielerinnen und Spieler (v. a. A/B-Kader) zugeschnitten und beinhaltete moderiertes, selbständiges Erarbeiten von Strategien auf Basis der Grundlagenstufe. Die Inhalte beider Stufen orientierten sich an der Systematik der kritischen Ereignisse nach QuATraS (Hänsel, 2013).

Den Trainerninnen und Trainern sollten durch situatives Coaching neue Strategien vermittelt und vorhandene verfeinert werden. Neben Basiswissen über sportpsychologische Trainingsstrategien wurden dabei auch spezielle Aspekte des Coachings und der Gesprächsführung berücksichtigt.

Der 2017 im Rahmen eines BISp-Projektes installierte Bereich Wettkampfanalyse (ZMV14-071604/17, Fuchs & Lames 2017) konnte bei verschiedenen psychosozialen Interventionen (z. B.

Vermittlung kognitiver Fertigkeiten, Coaching) in die sportpsychologischen Maßnahmen integriert werden.

### 2.3 Evaluation

Eine Evaluation der Maßnahmen fand auf qualitativer und quantitativer Ebene statt. Neben der Berücksichtigung von regelmäßigem prozessbegleitendem Austausch mit den Projektbeteiligten wurden zum Abschluss jeder Saison ausführliche Gespräche mit den Spielersprecherinnen bzw. -sprechern sowie den Trainerinnen bzw. Trainern genutzt.

Zum Ende der zweiten Laufzeit (Januar 2019) konnte zum systematischen Abgleich erneut ein standardisierter Evaluationsbogen bearbeitet werden. Der Bogen basiert auf dem Inventar „Qualitätssicherung 17“ (QS17; Kleinert & Ohlert, 2014) zur Evaluation sportpsychologischer Betreuung und beinhaltet die Skalen „Betreungsverhältnis“, „Entwicklung Fähigkeiten/Fertigkeiten“, „Einfluss auf Wohlbefinden und Wettkampfleistung“. In der Befragung wurde explizit die Einschätzung für das Jahr 2018 erbeten.

## 3 Ergebnisse und Evaluation

### 3.1 Sportliche Ebene

Auf sportlicher Ebene hat das Tischtennis-Team des Deutschen Behindertensportverbandes im Jahr 2017 die vorab hoch gesteckten Ergebnisse in Anzahl und Farbe der Medaillen sogar übertroffen. Das Team gewann in dieser Saison insgesamt neun Medaillen bei der Europameisterschaft (5 x Team und 4 x Einzel) und fünf Medaillen bei der Team-WM. Bei der Einzel-Weltmeisterschaft im Oktober 2018 ist es den deutschen Spielerinnen und Spielern gelungen, drei Medaillenplätze zu sichern. Darüber hinaus konnten mehrere nachrückende Athletinnen bzw. Athleten im Rahmen des WM-Turniers entscheidende Entwicklungsschritte durch ein entsprechendes Vorankommen in ihren Wettkampfklassen dokumentieren.

### 3.2 Vermittlung sportpsychologischer Inhalte

Die mündlichen Rückmeldungen waren insgesamt positiv. Sie beinhalteten vor allem Hinweise auf die Vertiefung einzelner Themen bzw. die Zusammenarbeit mit einzelnen Personen. Die Ergebnisse der Evaluation weisen auf eine tendenziell positivere Wahrnehmung der Betreuung im Vergleich zum Zeitraum 2016 hin (siehe Abb. 1 auf Seite 4). Die Werte der Betreuerinnen bzw. Betreuer und Spielerinnen bzw. Spieler näherten sich im Vergleich zum letzten Erhebungszeitraum einander an.

Die vorhandenen Rückmeldungen lassen weiterhin den Schluss zu, dass die sportpsychologische Betreuung im A- und B-Kader insbesondere in dieser Projektphase in erster Linie zu positiven Effekten bei den zwischenmenschlichen Faktoren „Trainer“ und „andere Sportakteure“ im Sinne der QuATraS-Dimensionen führte. Darin spiegeln sich auch die gewählten inhaltlichen Schwerpunkte bei den zentralen Maßnahmen wider. Offene Anmerkungen zur Betreuung bezogen sich vor allem auf Vertiefungen in nachfolgende Projektphasen und kamen vor allen Dingen von seiten der Betreuerinnen und Betreuer und beziehen sich auf sportpsychologische Techniken („Selbstbezug“) und eine andere Akzentuierung der Zusammenarbeit mit den Trainerinnen bzw. Trainern beim Turnier („Trainer“/„Selbstbezug“).

Durch den verschobenen und stark verdichteten Projektzeitraum um den Saisonhöhepunkt im Oktober 2018 war diese Phase insbesondere gekennzeichnet durch die unmittelbare Vor- und Nachbereitung dieses Ereignisses sowie der Betreuung während des Turniers. Dementsprechend war die Nachfrage nach kurzfristig anwendbaren Strategien hoch. Die Nachbereitung konnte dazu genutzt werden, um daraus trotzdem weitere langfristige Perspektiven aufzubauen.

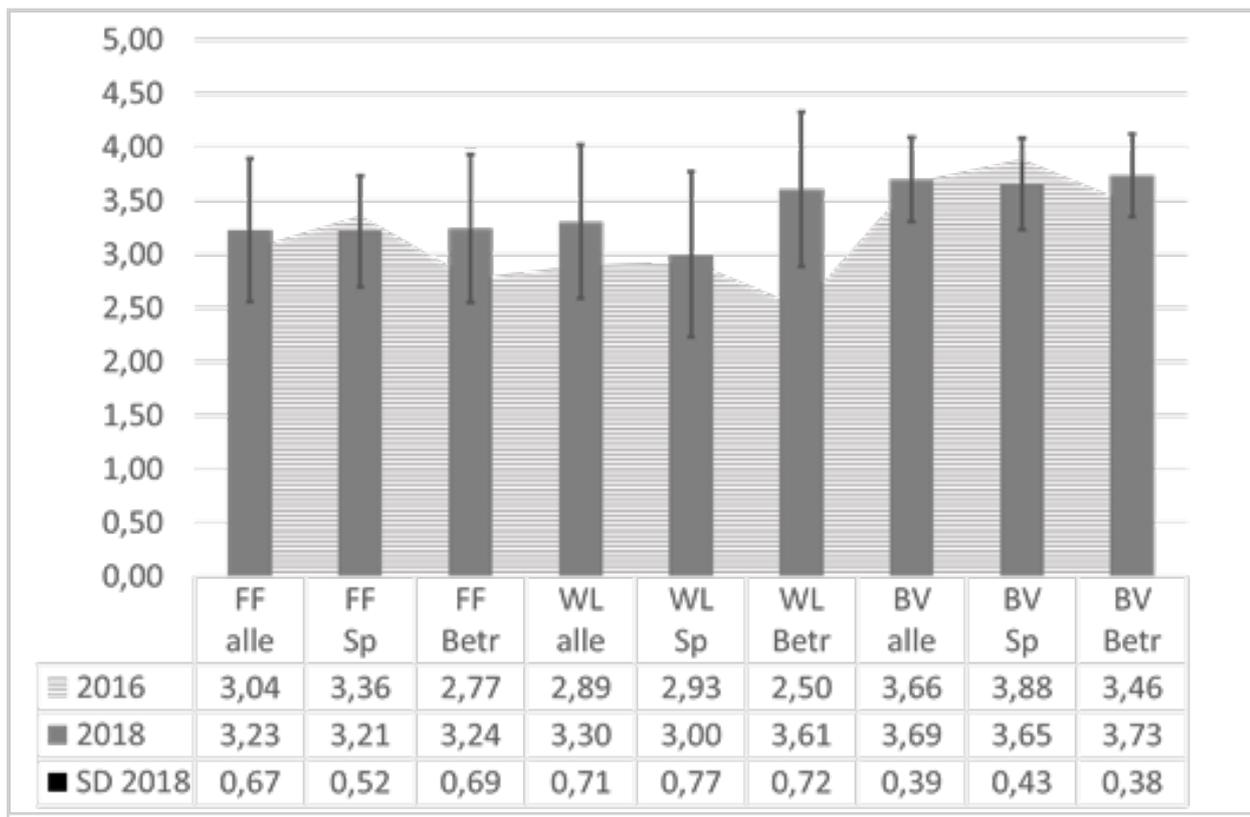


Abb. 1: Arithmetisches Mittel und Standardabweichungen der Daten aus QS17 (FF: Fähigkeiten/Fertigkeiten, WL: Wohlbefinden/Wettkampfleistung, BV: Betreuungsverhältnis, Sp: Spieler, Betr: Betreuer, SD = Standardabweichung). Die aktuellen Daten aus 2018 werden im Vordergrund (dunkelgrau) den Vergleichsdaten aus 2016 (hellgrau) gegenübergestellt. Standardabweichungen 2018 sind als Fehlerbalken abgetragen. Werte siehe Wertetabelle (Skala: 1 „trifft gar nicht zu“ bis 4 „trifft voll zu“).

### 3.3 Transfer

Der angestrebte Transfer der Projektinhalte und -erkenntnisse in andere Projekte bzw. Bereiche konnte im Rahmen von drei konkreten Maßnahmen realisiert werden. So erfolgte die Vorstellung des Konzepts und den damit verbundenen Potenzialen für andere Sportarten im Rahmen einer Trainerfortbildung des DBS im Februar 2017 sowie einer Fortbildung für Physiotherapeuteninnen und -therapeuten des DBS im Dezember 2017. Daneben hat der betreuende Sportpsychologe seine Expertise in einen Workshop zur Weiterentwicklung der sportpsychologischen Betreuung im DBS im März 2017 eingebracht (Serviceprojekt „Rahmenkonzeption und fachliche Weiterentwicklung der Sportpsychologie im Sport von Menschen mit Behinderungen“; AZ 072005/16-17).

In Bezug auf die unmittelbare Betreuung der Athletinnen und Athleten ist die sehr konstruktive Zusammenarbeit mit dem Projekt “Spiel-

analyse Para-Tischtennis” (ZMV14-071604/17, Link & Lames 2017) positiv hervorzuheben. Die Möglichkeiten der Video- und Wettkampfanalyse konnten mehrfach gewinnbringend für sportpsychologische Maßnahmen genutzt werden. So ist es durch die Zusammenarbeit u. a. gelungen, für einige Athleten Videos zu erstellen, die im Vorfeld der WM 2018 zur mentalen Wettkampfvorbereitung genutzt werden konnten. Verschiedene Spielanalysen konnten Hinweise für die Trainerinnen bzw. Trainer in Bezug auf psychosoziale Aspekte ihres Coachingverhaltens geben.

## 4 Fazit

Die sportliche Bilanz in diesen Projektphasen kann sowohl aus Sicht der Kadernmitglieder als auch aus Projektsicht als gelungen bezeichnet werden. Das entspricht auch der Einschätzung des Verbandes und des verantwortlichen Bundestrainers. Die Trainerinnen und Trainer wur-

den sowohl im Jahr 2017 als auch im Jahr 2018 vom Verband deutscher Tischtennisstrainer (VdTT) für die Wahl zum Trainerteam des Jahres nominiert. Unter der starken Konkurrenz aus dem Regelsport endete die Wahl im Jahr 2018 auf Platz 2. Auch diese Form der Anerkennung darf durchaus als Indikator dafür gewertet werden, dass ihre Arbeit der letzten Jahre nicht nur auf der Ergebnisebene, sondern auch auf der Prozess- und Strukturebene eine hohe Qualität aufweist. Auch wenn keine unmittelbaren Zusammenhänge zu diesen Fakten hergestellt werden können und sollen, darf zumindest vermutet werden, dass ein Teil der Maßnahmen zu diesem positiven Verlauf beigetragen hat.

Die Ergebnisse der Abschlussevaluation deuten darauf hin, dass im Kader und Betreuerstab weiterhin eine hohe Wertschätzung für die sportpsychologischen Betreuungsmaßnahmen besteht. Die quantitative Darstellung des zeitlichen Verlaufs deutet dabei – bei bereits gutem Niveau in der Vergangenheit – zusätzlich leicht positive Tendenzen an. Letzteres betrifft insbesondere die Bewertungen durch die Betreuerinnen und Betreuer, was darauf zurückzuführen sein könnte, dass in der letzten Phase mehr Zeit in das Coaching der Trainerinnen und Trainer investiert wurde. Aufgrund der kleinen Stichprobe können aber auch Zufallseffekte oder personelle Veränderungen in der Stichprobe als plausible Erklärung in Frage kommen.

Aus der Zusammenfassung der unterschiedlichen Rückmeldungskanäle ergeben sich für die zukünftige Planung insbesondere zwei Rückschlüsse bzw. Vermutungen. Zum einen, dass die sportpsychologische Betreuung insgesamt weiter gewünscht und in Anspruch genommen wird. Zum anderen, dass die unmittelbare Wettkampfbegleitung in der Einschätzung der Betreuerinnen und Betreuer an Bedeutung zugenommen hat. Ob eine zeitliche Intensivierung dieses Aspekts im Rahmen von Nachfolgeprojekten möglich ist, ohne zu stark zulasten anderer Maßnahmen zu gehen, muss geprüft werden. Auch wenn sich dies nicht unmittelbar aus der Evaluation herleiten lässt, wird außerdem die bisherige Zusammenarbeit mit dem Bereich Wettkampfanalyse als gewinnbringend angesehen. Es wird deshalb angestrebt, diese Möglichkeit auszubauen.

Auf organisatorischer Ebene wurde deutlich der Wunsch formuliert, die Maßnahmen nahtlos in einer nächsten Projektphase fortzusetzen. Die große Deutlichkeit hat sich nicht aus der unglücklichen Tatsache ergeben, dass im Jahr 2018 eine unfreiwillige Pause von sechs Monaten entstanden ist, die durch eine Sperrung des Bundeshaushalts begründet wurde. Die Projektbeteiligten sind der Auffassung, dass es gelungen ist, die zeitliche Lücke weitgehend abzuf puffern. Dies war aber nur durch hohe Flexibilität und intensive Vor- und Nacharbeit verschiedener mittelbar und unmittelbar Beteiligter möglich. Solche Unterbrechungen sollten im Sinne der Qualität der Projektarbeit in Zukunft möglichst vermieden werden.

Die Arbeit im bereits genehmigten Nachfolgeprojekt wird neben den durchgängigen Schwerpunkten durch personelle Erweiterungen im Bereich der hauptamtlichen Trainerinnen und Trainern geprägt sein. Ab März 2019 werden vier hauptamtliche Bundestrainerinnen/-trainer für den gesamten Leistungs- und Nachwuchsbereich auf Bundesebene verantwortlich sein. Die sportpsychologische Betreuung versucht sich dieser Entwicklung dadurch anzupassen, perspektivisch den Kreis der Sportpsychologinnen bzw. -psychologen zu erweitern, die inner- und außerhalb von BISp-geförderten Projekten mit den Bundeskadern zusammenarbeiten können.

## 5 Literatur

- Beckmann, J. & Elbe, A.-M. (2008). *Praxis der Sportpsychologie im Wettkampf- und Leistungssport*. Balingen: Spitta.
- Conzelmann, A., Hänsel, F. & Höner, O. (2013). Individuum und Handeln – Sportpsychologie. In A. Güllich & M. Krüger (Hrsg.), *Sport* (S. 269-335). Springer: Berlin Heidelberg.
- Eberspächer, H. (2012). *Mentales Training. Das Handbuch für Trainer und Sportler* (8. Auflage). München: Copress.
- Fuchs, M., & Lames, M. (2017). Rally length in top level table tennis. In M. Kondric, X. Zhang & D. Xiao (Eds.), *Science and racket sports V* (pp. 213–221). Suzhou: Soochow University Press.
- Hänsel, F. (2013). Trainings- und Wettkampfqualität aus Athleten- und Trainersicht. *BISp-Symposium Erfolgsfaktor Trainer*. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- Höner, O., Kämpfe, A. & Willimczik, K. (2009). Leistungsmotivation im Spitzensport – Ein Vergleich zwischen Sportlern mit und ohne Behinderung. In A. Eskau (Hrsg.), *Nachwuchsrekrutierung und Nachwuchsförderung im Leistungssport der Menschen mit Behinderung* (S. 78-97). Köln: Sportverlag Strauß.
- Kelly, G.A. (1991). *Die Psychologie der persönlichen Konstrukte*. Paderborn: Junfermann.
- Kleinert, J. & Ohlert, J. (2014). *QS17 – Qualitätssicherung 17 (Befragungsinventar zur Erfassung der Betreuungsqualität)*. Tests Info.

# Sportpsychologische Betreuung der Rollstuhlcurling Nationalmannschaft 2017/2018

(AZ 071615/17-18)

*Christian Heiss & Ralf Brand*

Universität Potsdam, Professur für Sportpsychologie

## 1 Hintergrund

Im Mittelpunkt stand die gezielte Vorbereitung der Rollstuhlcurling Nationalmannschaft auf die Paralympics 2018 in Pyeongchang. Bereits die Qualifikation für die Paralympics stellte für die Nationalmannschaft Rollstuhlcurling einen Erfolg dar, da dadurch erstmals seit 2010 wieder ein Curlingteam des Deutschen Behinderten Sportverbandes (DBS) an den Paralympics teilnehmen konnte.

Die Vorbereitung auf die Paralympics konzentrierte sich im Wesentlichen auf drei Aspekte:

- › Unterstützung in der Gestaltung und Entwicklung notwendiger Rahmenbedingungen für ein kontinuierliches und qualitativ hochwertiges Training (sowohl sportartspezifisch, als auch hinsichtlich relevanter Zubringerleistung u. a. mentales Training)
- › Vermittlung von Schlüsselfertigkeiten im Hinblick auf die besonderen Umfeld- und Rahmenbedingungen der Paralympics (u. a. Verbesserung der Debriefing-Fähigkeiten und Vertiefung der Regenerationskompetenz)
- › gezielte Stärkung von Teamzusammenhalt und kollektiver Selbstwirksamkeit durch die Implementierung systematischer Teamentwicklungsmaßnahmen.

## 2 Methode

Als betreuender Sportpsychologe begleitete Dr. Christian Heiss die Nationalmannschaft Rollstuhlcurling in der Wettkampfsaison 2017/2018 an insgesamt 18 Tagen. Hinzu kam die unmittelbare Vor-Ort-Begleitung des Teams im Rahmen der Paralympics im Umfang von insgesamt 16 Tagen. Das methodische Prinzip, welches die sportpsychologische Arbeit prägte, war die fortlaufende Verbindung zwischen eisspezifischem Training und einer passgenauen Integration sportpsychologischer Inhalte. Entsprechend wurden sportpsychologische Inhalte (z. B. die Entwicklung und Anpassung von Routinen zur Steinabgabe) von Seiten des Sportpsychologen über teilnehmende Beobachtungen und 1:1 Coachings während des Eistrainings maximal individualisiert, und es entstanden dadurch maximal leistungsunterstützende mentale Interventionen mit dem Ziel einer stabil hochwertigen Curlingsteinabgabe. Im Rahmen der Paralympics folgte der sportpsychologische Schwerpunkt der allgemeinen Spieltaktik, so dass für die Spieler die Zusammenhänge zwischen sportspezifischer Aufgabenstellung (z. B. Durchhalten einer offensiven Spielausrichtung) und dazugehöriger mentaler Anforderung (z. B. ruhig bleiben bei zu erwartenden Fehlsteinen) möglichst offensichtlich und damit nachvollziehbar wurde.

### 3 Ergebnisse

Die Rollstuhlcurling Nationalmannschaft erzielte mit dem 8. Platz bei den Paralympics 2018 ihre beste internationale Saisonplatzierung. Dabei erreichte sie ein identisches Verhältnis von gewonnen zu verlorenen Spielen mit derjenigen Mannschaft, die auf Platz 5 landete, was das erreichte Ergebnis nochmals aufwertet. Aus Sicht der Spieler war rückblickend das geschlossene Auftreten der Mannschaft über den gesamten Turnierverlauf ein zentraler Wirkfaktor für das Erreichen der hohen Turnierleistung. Da die Arbeit am Teamzusammenhalt sowie an zentralen Teamwerten und ihren zugehörigen Verhaltensankern (u. a. Wie wollen wir auftreten und wie zeigt sich das nach innen und nach außen?) zu den zentralen Elementen der sportpsychologischen Vorbereitung zählten, ist ein entsprechend positiver sportpsychologischer Einfluss wahrscheinlich. Aus Sicht der verantwortlichen Trainer war rückblickend die klare Aufgabenverteilung im Trainer- und Funktionsteam entscheidend für die notwendige rollen- und funktionspezifische Fokussierung auf entsprechende Kernaufgaben. Auch in diesem Bereich übernahm der Sportpsychologe in der unmittelbaren Vorbereitung auf die Paralympics eine wichtige Moderations- und Steuerungsfunktion, da er das Trainer- und Funktionsteam dafür gewinnen konnte, die Vielzahl der Aufgaben zu strukturieren und zu ordnen (Wer macht was? Welche Kernaufgaben leiten sich daraus ab?). Gleichzeitig hatte die sichtbare Teamarbeit des Trainer- und Funktionsteams im Turnierverlauf (u. a. in der Spielvor- und -nachbereitung) eine Vorbildwirkung auf die Spieler, da Trainer und Betreuer ihr Handeln zum einen konsequent an persönlichen Stärken ausrichteten und gleichzeitig alle Aktionen unter die Maßgabe einer gemeinsam formulierten Spiel- und Handlungsphilosophie (z. B. mutig und offensiv spielen) stellten.

### 4 Diskussion

Weiterhin stellt sich gerade im Leistungssport für Menschen mit Behinderung die Frage, wie ein Training der mentalen Leistungsvoraussetzungen forciert werden kann?! Angewandter formuliert geht es dabei auch um die Frage,

welche Erfahrungen die Einsicht von Sportlern fördern, dass ein gezielter Einsatz psychischer Fähigkeiten (z. B. die Arbeit mit handlungsleitenden Bildern) leistungsförderlich ist?

Die Betreuungserfahrungen aus dieser Saison legen den Schluss nahe, dass sich aus der Sicht des Rollstuhlcurlers die Nützlichkeit eines mentalen Trainings nahezu ausschließlich auf dem Eis entscheidet. Für den betreuenden Sportpsychologen bedeutete dies, dass ein aus Sicht des Curlers sinnhaftes Coaching zur Leistungsoptimierung möglichst auf dem Eis und eben nicht, wie oftmals üblich, außerhalb der Eisfläche stattfinden sollte. Selbstverständlich bedarf es dazu einer engen Abstimmung mit den verantwortlichen Trainern, da die sportpsychologische Intervention und das dazugehörige mentale Training im Rahmen des normalen Eistrainings stattfinden sollte. Als Format hat sich innerhalb der Betreuung der Nationalmannschaft Rollstuhlcurling ein rollierendes Einzelcoaching etabliert, in dem es nacheinander jedem Sportler möglich war, im 1:1 Kontakt maximal individualisiert mit dem Sportpsychologen zu arbeiten. Nur über dieses Format konnten die Grundtechniken des mentalen Trainings aus den vier Bereichen Wahrnehmung, Denken, Körper und Verhalten in ausreichendem Maße an die spezifischen Bedürfnisse der Sportler angepasst werden.

Die zweite Frage dreht sich innerhalb der paralympischen Saison um sportpsychologische Interventionen in Vorbereitung auf ein zentrales, nur äußerst selten stattfindendes Großereignis, wie die Paralympics. Was hat sich hierbei aus der Erfahrung mit den Rollstuhlcurlern bewährt?

Zunächst erscheint es sinnvoll Sportler und Trainer mit den spezifischen (sport-)psychologischen Herausforderungen der Paralympics vertraut zu machen. Dazu zählt u. a. das verstärkte Medieninteresse, aber auch das hohe Ablenkungspotential durch das für viele Sportler einmalige Zusammenkommen mit anderen paralympischen Sportlern aus verschiedenen Sportarten. Zum Zweiten erscheint eine spezifische Analyse sowohl der sportartspezifischen als auch der wettbewerbsspezifischen Besonderheiten bei den Paralympics entscheidend. Für die Sportart Rollstuhlcurling wurde schnell deutlich, dass eine Besonderheit im sehr engen

und zeitintensiven Spielplan lag (i. d. R. zwei Spiele pro Tag) und dass deshalb die individuelle Regenerationskompetenz der Spieler ein Schlüssel zum Erfolg sein könnte. In der Folge wurde sowohl die mentale als auch physische Erholung zu einem zentralen Thema bereits in der Turniervorbereitung für alle Teammitglieder. Abschließend geht es zum Dritten immer wieder um die Frage eines sinnvollen Umgangs mit Leistungsdruck, Erwartungen und der eigenen Nervosität. Diese Themen mögen sicherlich auch übergreifend für andere Wettkämpfe in ähnlicher Weise relevant sein, sie werden im Rahmen der Paralympics von Trainern und Sportlern, u. a. in Folge einer größeren öffentlichen Wahrnehmung, noch mal verstärkt wahrgenommen. Die Erfahrungen zum Umgang mit Druck und Nervosität zeigten, dass zwei Dinge sinnvoll als „Stresspuffer“ eingesetzt werden konnten: erstens die Einführung von Ordnung und Struktur. Dies betrifft zum einen die Umgebungsvariablen, was beispielsweise durch die Einführung abgrenzbarer und ersichtlicher persönlicher Zonen für Spieler und Trainer in der Umkleidekabine umgesetzt wurde. Dies betrifft aber auch inhaltliche Aspekte im Rahmen der Spielvor- und -nachbereitung. So waren beispielsweise zentrale Elemente der Spielvorbereitung und auch des Debriefings unabhängig vom Spielausgang immer identisch. Dies gab Spielern und Trainer Sicherheit und Struktur in ihrem nachvollziehbar emotionalen Chaos angesichts verschiedener Spielausgänge (sowohl nach gewonnen, als auch nach verlorenen Spielen). Zweitens erscheint die Fokussierung auf Elemente zur Förderung des sozialen Zusammenhalts im Sinne des Teamspirits eine stark stressreduzierende Wirkung auf die Spieler zu haben. Es zeigte sich wiederholt, dass es sich z. B. bei engen Spielständen bewährte, dass die Spieler bewusst die Nähe und die Kommunikation auf dem Eis suchten und dass dies zunächst zu einer kollektiven und im Anschluss auch zu einer individuellen Beruhigung führte, was als Effekt den Leistungsabwurf der Spieler positiv beeinflusste.

Zusammenfassend konnte durch die fortlaufende Betreuung der Rollstuhlcurling Nationalmannschaft eine sportpsychologische Kultur innerhalb der Nationalmannschaft etabliert werden. Für Trainer und Sportler ist die Arbeit an mentalen Leistungsreserven auf Team- und Individualebene ein zunehmend normales Element im Rahmen der Lehrgänge des Nationalteams. Gleichzeitig erlebten Spieler und Trainer aus der unmittelbaren Wettkampfbegleitung vor Ort im Rahmen internationaler Großereignisse, wie Weltmeisterschaften oder den Paralympics, positive Effekte einer sportpsychologischen Betreuung, da es äußerst wesentlich ist, dass Sportler und Trainer unmittelbar bei Konfrontation mit emotionalen und mentalen Belastungen (u. a. Konflikte, Niederlagen) den Sportpsychologen zu Rate ziehen können.



# Klassifizierungen und ihre sozialpsychologischen Auswirkungen in der paralympischen Nationalmannschaft Schwimmen

(AZ 071608/18)

Anke Delow & Ralf Brand

Universität Potsdam

## 1 Problem

Um eine größtmögliche Chancengleichheit zu gewährleisten, wird im paralympischen Sport in Startklassen zum Wettkampf angetreten. Dabei setzen die unterschiedlichen körperlichen Voraussetzungen Rahmenbedingungen, die darüber bestimmen, ob sich Sportlerinnen und Sportler einem Wettkampf mit realistischen Erfolgsaussichten stellen können. Je höher das Niveau, desto mehr messen sich Erfolgsaussichten auch daran, ob der Körper potenziell konkurrenzfähig ist. Die große Bedeutung des Themas Klassifizierung in Startfelder (Startklassen) im paralympischen Sport ist in der Öffentlichkeit kaum gegenwärtig. Ein Artikel zur Europameisterschaft der paralympischen Leichtathleten, fasste folgendes in Worte: „Diese Klassifizierung ist eine Wissenschaft, es wird diskutiert, gestritten, und ja, auch betrogen ... es ist ein offenes Geheimnis, dass etliche Teilnehmer sich in den Tests weniger verausgaben als dann in den für sie leichteren Startklassen. Daher bezeichnen Manche die Klassifizierung als ‚Doping des Behindertensports‘“ (Blaschke, 2018).

Die Regeln, nach denen Startklassen gebildet werden, sind historisch gewachsen und unterscheiden sich je nach Sportart und Grad der Differenziertheit (Palmen, 2014). Jeder paralympische Sportler und jede Sportlerin steht vor der Notwendigkeit, in einem Klassifizierungsprozedere einer Startklasse zugeordnet zu werden. Dafür sind medizinische Befundungen und eine Klassifizierung notwendig. Dies geschieht in den paralympischen Sportarten unterschiedlich und berücksichtigt die Anforderungen der Sportart.

Das Klassifizierungssystem im paralympischen Sport weist dabei auch psychologische Konnotationen auf. Gegenstand des Projekts war es, diese näher zu beleuchten:

**Erstens** entscheidet das Ergebnis der Klassifizierung wesentlich über die jeweiligen Erfolgsaussichten. Denn ein und dieselbe Leistung kann je nach Startklasse Spitzenleistung oder auch einmal nur durchschnittliche Leistung sein. Manche Athletinnen und Athleten im paralympischen Sport richten ihr Leben stark auf den Spitzensport hin aus. Sie tun dies mit dem Anspruch, international konkurrenzfähig zu sein oder zu werden. Wenn die körperlichen Voraussetzungen oder die Einordnung in eine Startklasse diesem Anspruch nicht oder nicht mehr gerecht werden, verliert der Spitzensport an biografischer Legitimation. Klassifizierungen sind bedeutungsschwer. Mögliche Konsequenzen sind den Akteuren präsent und belegen Aufmerksamkeit.

**Zweitens** kommt im paralympischen Schwimmen hinzu, dass jeder Athlet und jede Athletin drei Startklassen zugeordnet wird: eine für Bruststrecken (SB-Klasse), eine für die Lagendisziplin (SM-Klasse) und eine für Freistil, Rücken- und Delphin-Schwimmen (S-Klasse). Die jeweiligen Startklassen können sich unterscheiden und tun dies auch oft. So gehen Entscheidungen über Spezialisierungen z. T. auf die Startklassen zurück, um Erfolgsaussichten zu haben oder zu vergrößern. Dieser Aspekt kann manchmal sogar zum Wechsel der Sportart führen. Individuelle Dispositionen und biografisches Gewordensein verlieren in diesen Fällen an Priorität, Lebensplanungen geraten in Bewegung.

**Drittens** bringt es der Klassifizierungsakt mit sich, dass sich Athletinnen und Athleten körperlich *begutachten* lassen müssen. Die Betroffenen werden hierbei in ihren Beeinträchtigungen und Schwierigkeiten thematisiert und identifiziert. Dies wiederum kann dazu führen, dass die „Behinderung“ plötzlich als Mittel erscheint, in einer günstigeren Startklasse, mit besseren Erfolgsaussichten, platziert zu werden.

**Viertens**, fallen Klassifizierungsakte mehrmals und nicht nur einmal während Karrieren an. Die erste Klassifizierung erfolgt in der Regel noch im Jugendbereich und auf nationaler Ebene. Um international starten zu können, werden jedoch neuerliche Klassifizierungen fällig. Solche müssen – von Sportart zu Sportart unterschiedlich – aktualisiert werden, etwa nach Erreichen des 18. Lebensjahres, bei voranschreitenden Erkrankungen oder bei Beeinträchtigungen, deren Auswirkungen sich durch Training zur Sportart-Ausübung minimieren lassen (z. B. bei Cerebral-Paresen, die eine lange Anpassungszeit ans Training haben; hier fällt dann alle zwei Jahre eine Nachkontrolle an). In manchen Sportarten wird zusätzlich noch vor jedem Großereignis klassifiziert. Der oder die Betroffene muss sich also damit auseinandersetzen, dass sich das persönliche Referenzsystem für potenzielle Spitzenleistungen verändern könnte. Gleichzeitig muss er oder sie auch darauf gefasst sein, dass Konkurrentinnen und Konkurrenten umklassifiziert werden. Dadurch können sich Startfelder und eigene Erfolgsaussichten verändern.

**Fünftens** sind Klassifizierungsregeln und -ergebnisse nur mehr oder weniger transparent und durchschaubar. Medizinische Hintergründe unterliegen Datenschutzrichtlinien, so dass Klassifizierungsergebnisse durch Dritte nicht immer nachvollzogen werden können. Es ist dann psychologisch anspruchsvoll, mit vermeintlich Überlegenen zu konkurrieren und beim Ergebnis von vermeintlichen „Ungerechtigkeiten“ abzusehen.

**Sechstens** gibt es für Athletinnen und Athleten Möglichkeiten, die erneute Klassifizierung zu beantragen, wenn sich medizinische Voraussetzungen verändert haben. Eine Verschlechterung des körperlichen Zustandes, was bei bestimmten Krankheiten vorkommt, betrifft die Lebensqualität allgemein (und wird dann potenziell auch

noch durch das Etikett der neuen Startklasse unterstrichen). Paradoxerweise kann dadurch dann aber die Chanc auf sportlichen Erfolg wieder steigen. Solche Widersprüchlichkeiten zu verarbeiten, erfordert Kraft und Reife.

Aus sportpsychologischer Sicht wäre es wünschenswert, wenn paralympische Athletinnen und Athleten trotz etwaiger Belastungen durch den Klassifizierungsprozess maximal aus den positiven Potenzialen des Sporttreibens und Wettkämpfens schöpfen könnten. Aus Sicht der Sportarten im Deutschen Behindertensportverband ist der Umgang mit Klassifizierungen ein Teil von Professionalität, der als Mittel angesehen werden kann und Erfolgswahrscheinlichkeiten beeinflusst. So erschien es uns sinnvoll und notwendig, in diesem Projekt, mit Hilfe verschiedener wissenschaftlicher Explorationen, auch ein wenig über die Wahrnehmungen von Akteure in diesem System zu erfahren.

## 2 Methode

Eine Basis unserer empirischen Bestandsaufnahme waren Klassifizierungsakte und Konsequenzen in der paralympischen Nationalmannschaft Schwimmen. Wir haben uns angeschaut, wann und mit welchen Ergebnissen Athletinnen und Athleten klassifiziert wurden. Als Daten dienten dabei zunächst einmal die freiwilligen Selbstangaben von Athletinnen und Athleten, die mittels Fragebogen die Möglichkeit erhielten, uns über Zeitpunkte und Ergebnisse von Klassifizierungsakten zu berichten. Nur einige Athletinnen und Athleten waren bereit, dies zu tun.

Weil Aufzeichnungen des Deutschen Behindertensportverbandes e. V. zu erfolgten Klassifizierungen aus Datenschutzgründen für wissenschaftliche Untersuchungen nicht frei gegeben wurden, werteten wir zusätzlich veröffentlichte Startklassen-Listen aus (z. B. die Jahres-Ranking-Listen des internationalen paralympischen Schwimmverbandes; World Para Swimming 2018a, b). Außerdem führten wir narrative Interviews mit der Bundestrainerin, mit einer national Klassifizierungsbeauftragten und mit Sportlerinnen und Sportlern sowie Trainerinnen und Trainern durch.

### 3 Ergebnisse

Von 48 angefragten Schwimmerinnen und Schwimmern, die zwischen 2008 und 2018 der Nationalmannschaft angehörten, antworteten uns 26. Eine Person übermittelte lediglich ihre kategorische Ablehnung der Zusammenarbeit. Somit lagen uns 25 Antwortbögen von deutschen paralympischen Spitzenschwimmerinnen und Spitzenschwimmern über ihre Klassifizierungen zur Auswertung vor. Die Befragten waren zum Zeitpunkt der Befragung zwischen 15 und 53 Jahre alt. Sechs von ihnen hatten ihre leistungssportliche Laufbahn bereits beendet, 19 waren zum Zeitpunkt der Befragung noch aktiv. Im Folgenden fassen wir wesentliche Ergebnisse, kombiniert aus Daten aus allen drei Untersuchungsquellen, zusammen.

Die Teilnehmenden haben zwischen einer und vier Klassifizierungen durchlaufen. In insgesamt elf Fällen resultierten daraus Veränderungen in den Startklassen. In sechs Fällen geschahen solche Um-Klassifizierungen vor Vollendung des 18. Lebensjahres, d. h. in der Phase noch andauernder körperlicher Wachstums- und Reifungsprozesse. Veränderungen in der Startklasse könnten an dieser Altersschwelle wahrscheinlicher als in späterem Alter sein.

Die Wahrnehmung von Umklassifizierungen im Jugendalter fiel bei den teilnehmenden Athletinnen und Athleten sehr unterschiedlich aus. Einige der Befragten befanden sich in diesem Alter noch eher auf dem Weg zum Leistungssport und berichteten, Konkurrenzsituationen relativ unbedarft gegenüber zu stehen oder gestanden zu haben. Manche Ergebnisse von Klassifizierungen konnten dementsprechend gelassen hingenommen werden. Teilweise finden sich jedoch auch schon in diesem Alter biografische Dispositionen, in denen Konkurrenz grundsätzlich eine große Rolle spielt. Die Zuordnung zu Startklassen und erst recht die *veränderte* Zuordnung findet in der Verarbeitung durch die entsprechende Person dann große Beachtung. Für einen guten Umgang damit scheint zumindest in manchen Fällen Hilfe zur persönlichen Einordnung des Ergebnisses notwendig zu sein.

Unter den befragten Athletinnen und Athleten, die zum Zeitpunkt der Untersuchung das

18. Lebensjahr bereits vollendet hatten (deren biografische Planungen bereits fester mit dem Leistungssport verzahnt waren), waren fünf, die über Änderungen in der Startklasse berichteten. Viermal führte das zu „günstigeren“ Startklassen, die dazu führten, dass Personen mit ihren individuellen Bestleistungen bessere Weltranglisten-Platzierungen erreichten. Auf den ersten Blick könnte diese Konstellation psychologisch als einfacher zu handhaben erscheinen, wären doch jetzt die angestrebten Erfolge mit höherer Wahrscheinlichkeit erreichbar. Allerdings ist wohl aber die biografische Bewältigung auch einer solchen Entwicklung nicht ohne Tücken: Für Manche ging die plötzlich verbesserte Erfolgswahrscheinlichkeit mit Begleiterscheinungen einher, für die noch keine Umgangsweisen entwickelt waren. Befragte berichteten beispielsweise davon, dass der tatsächliche oder vermutete Erwartungsdruck relevanter Bezugspersonen und der beteiligten Vereine und Verbände plötzlich stieg, was ein Gefühl der plötzlichen Überforderung zurückließ.

Einmal führte die Klassifizierung auch in die andere Richtung: Diese Person fand sich plötzlich in einer höheren Startklasse wieder und rutschte dementsprechend in der Rangliste nach unten. Diese Konstellation brachte besondere motivationale Herausforderungen mit sich. Die Wahrnehmung der eigenen biografischen Perspektive im Spitzensport veränderte sich, weil sich durch möglicherweise ausbleibende herausragende Platzierungen die Zugehörigkeit zu Kaderkreisen und die zugehörige materielle und betreuerische Förderung verändern könnte. Die teilnehmende Person berichtete von einem großen Bedarf an Austausch und Reflexion, um sich in dieser Zeit neu aufzustellen und einen angemessenen Umgang mit der Situation finden zu können. Entsprechende Herausforderungen stellen sich sicher auch Trainerinnen und Trainern. Denn auch ihre Arbeit unterliegt kontinuierlichen Bewertungen, die sich wesentlich entlang den zählbaren Ergebnissen ihrer Sportlerinnen und Sportler, sowie entlang deren internationalen Ranglistenplatzierungen und Erfolgen bei Europa- und Weltmeisterschaften entwickeln.

Drei der Befragten hatten mehrmalige Veränderungen der Startklasse erlebt. Zwei wurden

zunächst in eine höhere Startklasse und dann wieder zurück nach unten klassifiziert. Einmal wurde die Startklasse zunächst nach unten und dann wieder nach oben korrigiert. Sich mit den geänderten Rahmenbedingungen immer wieder neu zu arrangieren, kostete Kraft. Interessant festzustellen war, dass das Geschehen Vertrauen in verlässliche Prozesse und Regeln erschütterte. Darunter könnte die Motivation für das leistungssportliche Training leiden, und vielleicht nimmt dies sogar Auswirkungen auf Karrieren.

In acht Fällen wurden bestehende Startklassen durch eine erneute Klassifizierung bestätigt. Sportlerinnen und Sportler berichteten, dass sie die Hoffnung kennen, in eine für sie günstigere Startklasse eingruppiert zu werden. Die Furcht vor der „Hochstufung“ entspräche dann einem belastenden Szenario. Die Möglichkeit, selbst Gefahr zu laufen, ungünstig umklassifiziert zu werden, scheint also im Hintergrund der Karriere immer mitzulaufen. Klassifizierungen sind also immer mit Verarbeitungsaufwand verbunden, selbst wenn im Ergebnis alles beim Alten bleibt.

## 4 Diskussion

Klassifizierungsprozesse sind Teil des paralympischen Leistungssports. Spätestens mit dem Übergang zum internationalen Spitzenbereich ziehen die Zuordnungen zu Startklassen und insbesondere Veränderungen zu den bisherigen Startklassen beträchtliche biografische Konsequenzen nach sich, die bisherige individuelle und soziale Investitionen betreffen. Daher ist es sowohl im Interesse der Sportlerinnen und Sportler als auch im Interesse der Verbände und des staatlichen Spitzensportsystems, Klassifizierungsprozessen institutionelle Aufmerksamkeit zu widmen:

- › Der Klassifizierungsprozess. Paralympische Trainerinnen und Trainer, als die wichtigsten sportlichen Bezugspersonen der Sportlerinnen und Sportler, brauchen ein klares Bewusstsein darüber, was die Bewertung eines Menschen anhand von körperlichen Merkmalen bedeutet und wie die Art und Weise von den

Betroffenen wahrgenommen und verstanden wird. Im Ergebnis eines entsprechenden Reflexionsprozesses sollte eine pädagogisch professionelle Begleitung der Klassifizierung (der erstmaligen nationalen, der erstmaligen internationalen und ggf. der turnusmäßigen Wiederholungen bzw. selbst beantragten Reviews) durch die Coaches stehen. Wie Athletinnen und Athleten den Klassifizierungsprozess erleben, hat unmittelbare Auswirkungen auf ihre Leistungsbereitschaft und ihr Selbstbewusstsein.

- › Der Umgang mit Ergebnissen und Erfolgsaussichten. Die Beschäftigung mit den Konsequenzen von Klassifizierungsergebnissen setzt bei Athletinnen und Athleten spätestens mit Eintritt in den Spitzensport-Kontext ein und bindet fortan Aufmerksamkeit. Die Wahrnehmung und Deutung der Ergebnisse mündet in Handlungsmuster, die Erfolgswahrscheinlichkeiten verbessern oder verschlechtern können. Deshalb empfiehlt sich eine sportpsychologische Unterstützung der entsprechenden Reflexionsprozesse.
- › „Chancengleichheit“ in der Gruppe. Der Umgang mit unterschiedlichen Erfolgchancen aufgrund der Zusammensetzung von Starterfeldern in den jeweiligen Startklassen stellt an paralympische Coaches besondere Anforderungen. Sportlerinnen und Sportler vergleichen ihren Aufwand und den von Anderen (Konkurrenten und Konkurrenten, genauso wie Team-Mitglieder) nicht selten mit Hilfe von Kosten-Nutzen-Einschätzungen. Erreichbare Platzierungen bei Wettkämpfen stehen dazu nicht immer in nachvollziehbaren Zusammenhängen.

- › Sportpsychologische Begleitung bei Übergängen zwischen Startklassen. Insbesondere bei Umklassifizierungen in ungünstigere Startklassen kann es sinnvoll sein, Reflexionsprozesse gezielt (sportpsychologisch) zu begleiten. Dies Trainerinnen und Trainer, die in der Ausübung und Bewertung ihrer Arbeit von solchen Übergängen oft selbst direkt betroffen sind, abzuverlangen, birgt aus unserer Sicht die Gefahr der Überforderung.

Unsere Explorationen zur Klassifizierung im paralympischen Schwimmen im Rahmen des hier dargestellten Projekts haben gezeigt, dass viele mögliche Forschungsfragen kaum angesprochen werden konnten, und dass andere bisher überhaupt nicht gestellt worden sind. Der Erkenntnisraum ist bei Weitem nicht ausgeschöpft. Wenn, wie erwartbar, der paralympische Sport weiter wächst und professioneller wird, darf das Klassifizierungsgeschehen nicht weiter unbeachtet bleiben. Gezielte sportwissenschaftliche Forschung dazu, die über die von uns durchgeführten Explorationen hinausführt, wäre aus unserer Sicht angezeigt.

## 5 Literatur

- Blaschke, R. (2018). *Klassifizierungen im Behindertensport. Eine Wissenschaft mit Tücken*. Berliner Zeitung. Berlin.
- Palmen, M. (2014). *Das Klassifizierungssystem der paralympischen Sportarten*. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- World Para Swimming (2018a). *Classification Master List*. <https://www.paralympic.org/swimming/classification/masterlist>. Zugriff 13.3.2019.
- World Para Swimming (2018b). *Rankings*. <https://www.paralympic.org/swimming/rankings>. Zugriff 13.3.2019.



# Monitoring SSK (Sportsatellitenkonto) II und III

(AZ 081803/15-16)

Gerd Ahlert<sup>1</sup> (Projektleitung) und Sven Repenning<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforchung mbH, Osnabrück

<sup>2</sup>HMforum.GmbH, Mainz

## 1 Problem

Die Sportwirtschaft als Querschnittsbranche setzt sich aus einer Vielzahl von Wirtschaftszweigen bzw. Teilen dieser Wirtschaftszweige zusammen, weswegen Umsatz-, Beschäftigungs- und Wertschöpfungsbeiträge nicht direkt aus der amtlichen Statistik abgeleitet werden können.

Für eine faktenbasierte Beratung von Sportpolitik und Sportpraxis ist eine wissenschaftliche Unterstützung von elementarer Bedeutung. In diesem Sinne verfolgen das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und das BISp das Ziel, Entscheidungsträger in Sportpolitik und Sportpraxis mit validem Datenmaterial zu versorgen. Im Jahr 2013 hat das BISp die 2hm & Associates GmbH (Mainz) und die GWS mbH (Osnabrück) gemeinsam mit der fortlaufenden Aktualisierung der Ergebnisse des SSK beauftragt.

Auf Ebene der Mitgliedsländer der Europäischen Union wie auch bei der EU-Kommission wurde in den letzten Jahren zunehmend die Notwendigkeit gesehen, die ökonomische Bedeutung des Sports durch gesamtrechnerisch fundierte Berechnungen regelmäßig ermitteln zu lassen. Die EU-Kommission hat deswegen in dem im Jahr 2007 veröffentlichten „**Weißbuch Sport**“ verkündet, dass auf europäischer Ebene ein „Satellitenkonto für den Sport“ zu erarbeiten sei, welches sich an dem innerhalb der VGR praktizierten methodischen Vorgehen orientiert (vgl. COM, 2007).

## 2 Methode

Alle in Deutschland fließenden sportbezogenen Gelder werden seit 2008 in einem sportbezogenen Satellitenkonto (SSK) der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) zusammen-

gefasst. Satellitenkonten werden dann erstellt, wenn die wirtschaftliche Leistung nicht von einer Branche, sondern von vielen Branchen aufgrund eines übergreifenden Themas erbracht wird. Beispiele neben Sport sind Gesundheit und Tourismus. Das für Deutschland entwickelte SSK orientiert sich an der weiten Vilnius-Definition des Sports (SpEA, 2007) und an den auf europäischer Ebene erarbeiteten Empfehlungen zu seiner Erstellung. Es berücksichtigt die generellen methodischen Erläuterungen zur Erstellung von angebots- und nachfrageseitig abgestimmten Satellitenkonten für andere Themenfelder (u. a. European Communities et al., 2009).

## 3 Ergebnisse

Im Zuge des regelmäßig durchgeführten Monitorings des SSK liegen mittlerweile detaillierte Ergebnisse für die Berichtsjahre 2010 bis 2016 in Form von detaillierten Aufkommens- und Verwendungstabellen der VGR vor. In Tab. 1 wird die Entwicklung zentraler ökonomischer Kennzahlen der Verwendungsseite des SSK im Vergleich zur Gesamtwirtschaft gezeigt. Die Angaben für das Jahr 2016 sind kursiv gesetzt, um so anzudeuten, dass diese das Ergebnis einer Fortschreibung sind.

Der sportbezogene Konsum im Inland wird am stärksten durch die **Konsumausgaben der privaten Haushalte** – sowohl aufgrund der aktiven sportlichen Betätigung als auch aufgrund des allgemeinen passiven Sportinteresses – determiniert. Mit etwa 68,2 Mrd. € ist dies die größte Verwendungskomponente der Endnachfrage nach sportbezogenen Waren und Dienstleistungen in 2016. Es entfielen damit gut 4,2 % aller Konsumausgaben der privaten Haushalte (1.622,1 Mrd. €) auf den Sport.

Tab. 1: Entwicklung ausgewählter Kennzahlen der Verwendungsseite des SSK in Deutschland von 2010 bis 2016

	2010	2012	2014	2016	Veränderung in % 2016 gegenüber 2014	Veränderung in % 2016 gegenüber 2010
<b>Bruttoinlandsprodukt, in Mrd. EUR</b>						
Gesamte Volkswirtschaft	2.580,1	2.758,3	2.938,6	3.159,8	7,5%	22,5%
sportbezogen	66,7	69,2	70,6	71,6	1,5%	7,4%
% an gesamt	2,6	2,5	2,4	2,3	/	/
<b>Konsum der privaten Haushalte, in Mrd. EUR</b>						
Gesamte Volkswirtschaft	1.407,0	1.494,7	1.541,3	1.622,1	5,2%	15,3%
sportbezogen	59,1	62,1	65,3	68,2	4,5%	15,5%
% an gesamt	4,2	4,2	4,2	4,2	/	/
<b>Konsum der privaten Organisationen ohne Erwerbszweck, in Mrd. EUR</b>						
Gesamte Volkswirtschaft	39,3	43,3	52,8	53,4	1,2%	36,0%
sportbezogen	2,2	2,6	2,6	2,4	-8,4%	8,9%
% an gesamt	5,7	5,9	5,0	4,5	/	/
<b>Konsum des Staates, in Mrd. EUR</b>						
Gesamte Volkswirtschaft	493,3	519,7	563,9	615,5	9,1%	24,8%
sportbezogen	11,7	13,3	13,7	14,3	4,2%	22,2%
% an gesamt	2,4	2,6	2,4	2,3	/	/
<b>Investitionen, in Mrd. EUR</b>						
Gesamte Volkswirtschaft	506,3	532,5	577,0	621,2	7,7%	22,7%
sportbezogen	8,2	7,5	7,1	7,3	3,2%	-11,1%
% an gesamt	1,6	1,4	1,2	1,2	/	/
<b>Exporte, in Mrd. EUR</b>						
Gesamte Volkswirtschaft	1.090,1	1.268,3	1.341,3	1.450,2	8,1%	33,0%
sportbezogen	2,4	2,7	3,4	3,8	11,4%	56,0%
% an gesamt	0,2	0,2	0,3	0,3	/	/
<b>Importe, in Mrd. EUR</b>						
Gesamte Volkswirtschaft	956,0	1.100,3	1.137,8	1.202,8	5,7%	25,8%
sportbezogen	16,9	18,9	21,6	24,4	13,2%	44,2%
% an gesamt	1,8	1,7	1,9	2,0	/	/

Quelle: Eigene Berechnungen. Kursiv gesetzte Angaben für 2016 sind das Ergebnis einer Fortschreibung.

Im Berichtszeitraum ist es zu einem absoluten Nachfrageanstieg für Sportgüter gekommen (+9,1 Mrd. €). Es haben sich viele der sportrelevanten Güterpreise nur sehr schwach – einzelne sogar rückläufig – entwickelt. Die Konsumenten konnten sich so einige ihrer sportbezogenen Aktivitäten und Interessen für weniger Geld leisten und haben ihren sportbezogenen Gesamtkonsum leicht erhöht. Die schwache Preisentwicklung hat die längerfristige Wachstumsdynamik des sportbezogenen Konsums der privaten Haushalte etwas abgebremst. Dieses gilt in besonderer Weise für den Anfang des Berichtszeitraums in den Jahren 2010 bis 2012 und zum Ende in den Jahren 2014 bis 2016.

Lediglich zwischen 2012 und 2014 während der EU-Schuldenkrise hat sich der sportbezogene Konsum gegenüber dem gesamten Konsum der privaten Haushalte dynamischer entwickelt. Zum Ende des Berichtszeitraums von 2014 bis 2016 zeigt sich, dass der gesamte Konsum der privaten Haushalte mit +5,2 % stärker wächst als der sportbezogene Konsum (+4,5 %).

In toto hat sich über den gesamten Berichtszeitraum 2010 bis 2016 der sportbezogene Konsum gegenüber dem gesamten Konsum der privaten Haushalte somit nur etwas dynamischer entwickelt (+15,5 % vs. +15,3 %).

Die **Sportvereine und Sportverbände** haben im Jahr 2016 ihren Mitgliedern konsumtive Leistungen im Wert von gut 2,4 Mrd. € unentgeltlich zur Verfügung gestellt. Dies liegt leicht über dem Niveau zu Beginn des Berichtszeitraums in 2010, aber auch unterhalb des Spitzenwertes von 2,6 Mrd. €, der in den Jahren 2012 bis 2014 realisiert werden konnte. Der Konsumanteil der Sportorganisationen am gesamtdeutschen Konsum der privaten Organisationen ohne Erwerbszweck verzeichnete damit im Beobachtungszeitraum eine rückläufige Entwicklung um -1,2 Prozentpunkte auf 4,5 % in 2016.

Der **Konsum des Staates** für Sportzwecke hatte im Jahr 2016 eine Höhe von 14,3 Mrd. €. Dieses sind ca. 2,3 % der staatlichen Konsumausgaben. Dieser Anteil bleibt über den gesamten Berichtszeitraum nahezu konstant und bewirkt aufgrund stetig wachsender staatlicher Konsumausgaben auch eine absolute Zunahme der sportbezogenen Konsumausgaben des Staates (+2,6 Mrd. €). Diese umfassen solche sportbezogenen Leistungen der Gebietskörperschaften (Bund, Länder und Gemeinden sowie Sozialversicherungen), die den Bürgern als soziale Sachleistungen (z. B. im Rahmen der gesetzlichen Krankenversicherung) oder aber ohne spezielles Entgelt als nichtindividualisierbare Konsumausgaben (Kollektivkonsum, z. B. Ausgaben für den Schul-, Breiten- und Spitzensport) zur Verfügung gestellt werden. Damit zeigt das für den Berichtszeitraum 2010 bis 2016 durchgeführte Monitoring, dass sich der sportbezogene Staatskonsum im Vergleich zum allgemeinen Staatskonsum etwas langsamer entwickelt hat (+22,2 % vs. +24,8 %). Gerade zum Ende des Berichtszeitraums in den Jahren 2014 bis 2016 haben die staatlichen Maßnahmen infolge der hohen Zuwanderung von Flüchtlingen den allgemeinen Staatskonsum stimuliert (+9,1 %).

Die für den Sport charakteristischen Wirtschaftsbereiche haben im Jahr 2016 insgesamt **Investitionen** in Höhe von 7,3 Mrd. € getätigt (die zu 0,6 Mrd. € aus bereits vorhandenen Lagervorräten bedient wurden). Dies sind ca. 1,2 % der gesamtwirtschaftlichen Investitionstätigkeit (vgl. Tab. 1). Im Zuge des Neubaus und der Modernisierung von Sportanlagen entfielen deswegen insgesamt ca. 8,0 Mrd. € auf Bauten und zugehörige Ausrüstungen.

Die gesamtwirtschaftliche Investitionsnachfrage entwickelte sich von 2010 bis 2016 aufgrund der allmählichen Wiederbelebung der Weltkonjunktur mit einer Belebung der Investitionen in Ausrüstungen sowie einer infolge von Niedrigzinsen sehr lebhaften heimischen Baukonjunktur deutlich positiv (+22,7 %). Dies zeigt sich insbesondere zum Ende des Berichtszeitraums von 2014 bis 2016 mit einem Wachstum von +7,7 % Dem gegenüber hat sich die sportbezogene Investitionsnachfrage im Berichtszeitraum 2010 bis 2016 rückläufig entwickelt (-11,1 %). Das liegt primär daran, dass auch der Sport in den Jahren 2009 bis 2011 von den staatlichen Maßnahmen zur Stabilisierung der Konjunktur profitiert hat. Während des Dreijahreszeitraums wurden aus Mitteln des Konjunkturpakets II im Wert von 2,4 Mrd. € Maßnahmen zur Modernisierung der Sportstätten verwendet. Andererseits lässt sich beobachten, dass ab dem Berichtsjahr 2012 wieder die regulär aufgewendeten Investitionsbudgets zugunsten von Sportinfrastrukturinvestitionen realisiert werden und man sich damit wieder dem Niveau vor der Krise im Jahr 2008 annähert. In den ersten Jahren nach 2011 hat sich dann die sportbezogene Investitionstätigkeit infolge von verstärkten staatlichen Haushaltskonsolidierungsanstrengungen im Zuge der Umsetzung des nationalen Stabilitätsprogramms zunächst rückläufig entwickelt (7,1 Mrd. € in 2014). Erst zum Ende des Berichtszeitraums in den Jahren 2014 bis 2016 stellt sich wieder eine leichte Belebung ein. Die sportbezogene Investitionsnachfrage wächst um +3,2 % auf 7,3 Mrd. € in 2016. Sie kann damit aber nicht an die gesamtwirtschaftliche Investitionsdynamik anschließen (+7,7 %). Ein Grund dafür sind auch unterschiedliche Preisentwicklungen. Insbesondere zum Ende des Berichtszeitraums lässt sich beobachten, dass Sportinfrastrukturinvestitionen im Gegensatz zu anderen Investitionen einen schwächeren Preisanstieg verzeichnen.

Der **Export von Sportgütern** belief sich im Jahr 2016 auf knapp 3,8 Mrd. €. Dies stellt gegenüber 2010 eine kräftige Zunahme um 56,0 % bzw. 1,4 Mrd. € dar und zeigt, dass in den letzten Jahren die deutschen Anbieter von Sportgütern ihre Wettbewerbsposition im internationalen Handel massiv ausbauen konnten. Erwartungsgemäß werden aber aufgrund der direkten Nachfrage

von sportbezogenen Aktivitäten deutlich mehr Waren und Dienstleistungen nach Deutschland importiert. Im Jahr 2016 machte der **Import von sportbezogenen Gütern** ca. 2,0 % (bzw. 24,4 Mrd. €) aller importierten Güter aus. Dies ist gegenüber 2010 eine Zunahme um 44,2 % bzw. 7,5 Mrd. €. Damit entwickelt sich der sportwirtschaftliche Außenbeitrag als Saldo aus sportspezifischen Exporten und Importen aufgrund der im Berichtszeitraum kontinuierlich zunehmenden Einfuhrüberschüsse infolge der fortschreitenden Globalisierung der Gütermärkte negativ. Er vermindert sich im Zeitraum von 2010 bis 2016 um -6,1 Mrd. € auf -20,6 Mrd. €. Er leistet damit einen wesentlichen Beitrag zur vergleichsweise schwachen Entwicklung des sportbezogenen Bruttoinlandsprodukts, welches über den gesamten Berichtszeitraum 2010 bis 2016 – trotz steigender sportbezogener Konsumausgaben – nur ein Wachstum von 7,4 % verzeichnet.

Im Zeitraum 2010 bis 2016 hat sich der **Beitrag des Sports zum Bruttoinlandsprodukt (BIP)** von 2,6 % in 2010 um -0,3 Prozentpunkte auf 2,3 % in 2016 reduziert. Absolut nahm jedoch der sportbezogene Beitrag zum BIP von 66,7 Mrd. € im Jahr 2010 um +4,9 Mrd. € auf 71,6 Mrd. € im Jahr 2016 zu. Am aktuellen Rand zwischen 2014 und 2016 konnte das sportbezogene BIP lediglich ein Wachstum von +1,5 % realisieren, während die gesamte Volkswirtschaft eine Zunahme um +7,5 % verzeichnen konnte.

In Deutschland waren im Jahr 2016 durch die innerhalb des SSK erfassten sportbezogenen Aktivitäten nahezu 1,29 Mio. Personen beschäftigt (vgl. Tab. 2). Dies waren 2,9 % aller 43,64 Mio. Erwerbstätigen. Aufgrund der zum Ende des Berichtszeitraums wieder guten gesamtwirtschaftlichen Entwicklung konnte von 2010

bis 2016 eine Zunahme der **Beschäftigung** um 6,4 % bzw. mehr als 2 Mio. Erwerbstätige realisiert werden. Mit dieser Dynamik konnte aber die Sportwirtschaft mit ihren sportbezogenen Waren und Dienstleistungsangeboten nicht Schritt halten. Sie muss sogar von 2010 bis 2016 in einem schwierigen Marktumfeld, welches nur leichte Wertschöpfungszuwächse generiert, aufgrund von Kostendruck und Produktivitätsfortschritten einen Beschäftigungsrückgang in Höhe von -6,2 % bzw. -86 Tsd. Erwerbstätigen verzeichnen. Immerhin zeichnet sich am aktuellen Rand von 2014 bis 2016 – mit einem nur noch leichten Rückgang um -0,9 % bzw. -12 Tsd. erwerbstätigen Personen – eine Abschwächung dieser ungünstigen Entwicklung ab. Dies ist auf die massive Ausweitung von sozialversicherungspflichtigen Beschäftigungsverhältnissen im Wirtschaftszweig 93.1 „Erbringung von Dienstleistungen des Sports“ von 2014 bis 2016 um mehr als 18 Tsd. Personen (+23,5 %) zurückzuführen.

Die jährlich vom Projektteam erstellten „Aktuelle Daten zur Sportwirtschaft“ (Hrsg. BMWi) geben einen thematisch vertieften Einblick in die Welt des Sports:

#### 2015: „Wirtschaftsfaktor Fußball.“

Immer wieder wird die große ökonomische Bedeutung des Fußballs in mehr oder weniger seriösen Studien herausgestellt. Diese Veröffentlichungen haben stets eine Gemeinsamkeit: Sie beschränken sich auf die Effekte des Profifußballs. Allein die Konsumausgaben der privaten Haushalte betragen mehr als 11 Mrd. € pro Jahr. Die Ausgaben der privaten Haushalte für das Ausüben des Sports, also als Fußballspielende, sind genauso hoch sind wie ihre Ausgaben für

Tab. 2: Entwicklung ausgewählter Kennzahlen zur Beschäftigung innerhalb des SSK in Deutschland von 2010 bis 2016

	2010	2012	2014	2016	Veränderung in % 2016 gegenüber 2014	Veränderung in % 2016 gegenüber 2010
<b>Erwerbstätige, in Tsd.</b>						
Gesamte Volkswirtschaft	41.020	42.061	42.671	43.642	2,3%	6,4%
sportbezogen	1.372	1.340	1.298	1.286	-0,9%	-6,2%
% an gesamt	3,3	3,2	3,0	2,9	/	/

Quelle: Eigene Berechnungen. Kursiv gesetzte Angaben für 2016 sind das Ergebnis einer Fortschreibung.

den Profisport, also in ihrer Rolle als Zuschauer. 5,5 Mrd. € werden von ca. 10 Mio. Fußballspielenden zur Ausübung und 5,5 Mrd. € von ca. 14 Mio. Zuschauern in Zusammenhang mit dem Profifußball ausgegeben. Aus volkswirtschaftlicher Sicht halten sich Breitensport/Fußballspielende und Profisport/Zuschauer im Berichtsjahr 2010 also die Waage.

#### **2016: „Ältere als Motor der Sportwirtschaft?“**

Sport wird bis ins hohe Alter getrieben – von einem Großteil der Bevölkerung bis mindestens zum 70. Lebensjahr. Die Sportaktivitäten verändern sich jedoch im Lebenszyklus hin zu gesundheitlich orientierten und technisch weniger anspruchsvollen Sportarten. Insgesamt nimmt die Vielfalt der Sportarten im Alter stärker ab als die Sportaktivität an sich. Damit gehen auch umfassende Änderungen in den sportbezogenen Ausgaben einher. Aufgrund des geringeren Bedarfs an Sportgeräten sowie deutlich geringerer Aufwände für Fahrten zum Training und zu Wettkämpfen geben Ältere bis zu 200 € pro Sportler bzw. Sportlerin und Jahr weniger aus als Jüngere. Höhere Ausgaben für Sportreisen, in der Gastronomie und ebenfalls höhere Ausgaben als Zuschauer von Sport können dies nicht kompensieren.

#### **2017: „Wirtschaftsfaktor Outdoorsport.“**

Ein Viertel aller sportbezogenen Konsumausgaben der deutschen Bevölkerung entfällt auf den Outdoorsport. Dieser umfasst in der vorliegenden Auswertung neben den Alltagsportarten Radsport und Laufen/Joggen auch Wandern, Kanu/Kajak, Klettern/Bouldern und Bergsteigen. Überdurchschnittliche Ausgaben für Sportausrüstung (Geräte, Schuhe, Kleidung) und sportbezogene Fahrten prägen die Konsummuster im Outdoorsport. Insgesamt wurden im Jahr 2015 rund 13,6 Mrd. € seitens der deutschen Bevölkerung ab 16 Jahren ausgegeben, was etwa einem Viertel aller sportbezogenen Konsumausgaben im Jahr 2015 entspricht. Durch Radsport und Wandern werden die höchsten Umsätze generiert.

#### **2018: „Sport inner- oder außerhalb des Sportvereins: Sportaktivität und Sportkonsum nach Organisationsform.“**

Der überwiegende Anteil der Sportausübung findet bei Personen ab 16 Jahren selbstorganisiert, d. h. außerhalb des Vereins, statt. Aus wirtschaftlicher Sicht bedeutsam ist, dass auch rund 80 Prozent der Konsumausgaben für die aktive Sportausübung der erwachsenen Bevölkerung auf den selbstorganisierten Sport entfallen. Der selbstorganisierte Sport ist vom Sport im Verein jedoch nicht zu trennen. Zum Beispiel ergibt sich durch den hohen Anteil des organisierten Sports im Jugendalter ein zusätzlicher indirekter Effekt auf den Wirtschaftsfaktor Sport.

## **4 Diskussion**

Das mit diesem Forschungsprojekt in Deutschland etablierte regelmäßige SSK-Monitoring steht mit Definitionen und methodischen Empfehlungen, die auf internationaler/europäischer Ebene vereinbart wurden, im Einklang. Das Monitoring leistet einen zentralen Beitrag zur Bereitstellung von verlässlichen und nachvollziehbaren Daten für eine faktenbasierte Beratung von Sportpolitik und Sportpraxis. Diese ist aber nur möglich, weil dazu sowohl auf unveröffentlichte Detaildaten des Statistischen Bundesamtes als auch auf eigens zu diesem Zweck innerhalb des Forschungsprojekts durchgeführte sportspezifische Primärerhebungen zurückgegriffen werden kann.

Darüber hinaus gibt es eine jüngst von der EU-Kommission veröffentlichte Studie (European Commission, 2018), die für alle EU-Mitgliedsländer Ergebnisse zu den nationalen Beschäftigungs- und Wertschöpfungsanteilen des Sports für das Berichtsjahr 2012 enthält. Die entsprechenden Berechnungen erfolgen für viele Länder nach einer vereinfachten und primär angebotsseitig geprägten Methodik, die sich in der empirischen Fundierung nahezu ausschließlich auf frei verfügbare Daten bezieht. Leider werden in der Studie veraltete unrevidierte Werte für Deutschland präsentiert.

## 5 Veröffentlichungen

### Regelmäßige Veröffentlichungen im Rahmen des Forschungsprojekts:

- Ahlert, G., Repenning, S. & An der Heiden, I. (2019). Die ökonomische Bedeutung des Sports in Deutschland – Sportsatellitenkonto (SSK) 2016. *GWS Themenreport 2019/1*, Osnabrück.
- Ahlert, G., An der Heiden, I. & Repenning, S. (2018). Die ökonomische Bedeutung des Sports in Deutschland – Sportsatellitenkonto (SSK) 2015. *GWS Themenreport 2018/1*, Osnabrück.
- Ahlert, G. & An der Heiden, I. (2015). Die ökonomische Bedeutung des Sports in Deutschland – Ergebnisse des Sportsatellitenkontos 2010 und erste Schätzungen für 2012. *GWS Themenreport 15/1*, Osnabrück.
- An der Heiden, I., Meyrahn, F., Repenning, S., Ahlert & G., Preuß, H. (2HM & Associates GmbH, GWS & Universität Mainz) (2017). *Wirtschaftsfaktor Outdoorsport. Aktuelle Daten zur Sportwirtschaft, Ausgabe 2017*. 2HM & Associates GmbH, GWS mbH, Universität Mainz; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) & Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) [Hrsg.], Berlin & Bonn.
- An der Heiden, I., Meyrahn, F., Repenning, S., Ahlert, G. & Preuß, H. (2HM, GWS & Universität Mainz) (2016). *Ältere als Motor der Sportwirtschaft? Aktuelle Daten zur Sportwirtschaft, Ausgabe 2016*. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) & Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) [Hrsg.], Berlin & Bonn.
- An der Heiden, I., Meyrahn, F., Preuß, H. & Ahlert, G. (2015). *Wirtschaftsfaktor Fußball. Aktuelle Daten zur Sportwirtschaft*, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) & Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) [Hrsg.], Berlin & Bonn.

Repenning, S., Meyrahn, F., An der Heiden, I., Ahlert, G. & Preuß, H. (2HM.forum GmbH, GWS mbH & Universität Mainz) (2019). *Sport inner- oder außerhalb des Sportvereins: Sportaktivität und Sportkonsum nach Organisationsform. Aktuelle Daten zur Sportwirtschaft*. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) & Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) [Hrsg.], Berlin & Bonn.

### Sonstige Veröffentlichungen im Rahmen des Forschungsprojekts:

- Ahlert, G. (2018). Möglichkeiten der Regionalisierung des Sportsatellitenkontos: Methodische Vorgehensweisen, Datenerfordernisse und Realisierungschancen. In G. Nowak (Hrsg.), *(Regional-) Entwicklung des Sports, Schriftenreihe des Arbeitskreises Sportökonomie e.V., Band 20* (S. 37-51). Schorndorf: Hofmann.
- Ahlert, G. & An der Heiden, I. (2017). Das Sportsatellitenkonto – Entstehungsgeschichte, methodische Grundsätze, Berechnungsgrundlagen und ausgewählte aktuelle Ergebnisse für Deutschland. In G. Hovemann & J. Lammert (Hrsg.), *Sport im Spannungsfeld unterschiedlicher Sektoren, Schriftenreihe des Arbeitskreises Sportökonomie e.V., Band 18* (S. 69-85). Schorndorf: Hofmann.
- Ahlert, G., An der Heiden, I. & Repenning, S. (2018). Sponsoring: Vielfalt des Sports nutzen. *Markenartikel, Heft 8/2018*.
- An der Heiden, I., Repenning, S. & Ahlert, G. (2HM & GWS) (2018). *Zahlen und Fakten zur Sportwirtschaft*. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) [Hrsg.], Berlin.
- Preuss, H., Ahlert, G. & An der Heiden, I. (2016). Die wirtschaftliche Bedeutung des Sports. In C. Deutscher, G. Hovemann, T. Pawlowski & L. Thieme (Hrsg.), *Handbuch Sportökonomik, Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport, Band 190* (S. 329-348). Schorndorf: Hofmann.

**Sonstige zitierte Veröffentlichungen:**

Commission of the European Communities (COM) (2007). *White Paper on Sport*. COM(2007)391 final, Brussels.

European Commission (2018). *Study on the Economic Impact of Sport through Sport Satellite Accounts. Research Report*. Study carried out by SportsEconAustria Institute of Sports Economics & Sheffield Hallam University Sport Industry Research Centre, Luxemburg.

European Communities, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development, United Nations and World Bank (2009). *System of National Accounts 2008*. New York.

SpEA (2007). *The Vilnius Definition of Sport, Official Manual*. Vienna.



# Sportentwicklungsbericht 3.0: Ausgewählte Ergebnisse der Organisations- und Personenbefragungen der 7. Erhebungswelle des „SEB 3.0“

(AZ 081802/17-26)

*Christoph Breuer (Projektleitung) & Svenja Feiler*

Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Sportökonomie und Sportmanagement

## 1 Problem

Die Sportentwicklungsberichte – „Analysen zur Situation der Sportvereine in Deutschland“ verfolgen das Ziel, die Entscheidungsträger im organisierten Sport sowie in der öffentlichen Sportpolitik und -verwaltung zeitnah mit politikfeld- und managementrelevanten Informationen zu versorgen (Argumentations- und Handlungswissen). Mit Hilfe dieser Unterstützung soll die Wettbewerbsfähigkeit des organisierten Sports in Zeiten eines dynamischen sozialen Wandels gestärkt werden. Mitte des Jahres 2017 wurde Univ.-Prof. Dr. Christoph Breuer vom Institut für Sportökonomie und Sportmanagement der Deutschen Sporthochschule Köln mit der Durchführung der siebten bis neunten Welle der Sportentwicklungsberichte beauftragt („SEB 3.0“). Weiterhin liegt der methodische Kerngedanke der Sportentwicklungsberichte im Aufbau eines Paneldesigns. Nunmehr werden ab der siebten Welle die gleichen Sportvereine alle drei Jahre zu ihrer Situation online befragt. Zudem sind neue Elemente des „SEB 3.0“ die sogenannten Stakeholderbefragungen, d. h. Befragungen verschiedener Personengruppen. In der bereits vorliegenden siebten Welle wurden daher neben den Vereinen selbst auch Trainerinnen und Trainer, Übungsleiterinnen und Übungsleiter sowie Vorstandsmitglieder befragt. Die Befragungen der Personengruppen erfolgten zeitlich nach der Organisationsbefragung.

Wie auch bereits in vorherigen Wellen besteht im „SEB 3.0“ weiterhin die Möglichkeit für Sportfachverbände, gesonderte, sportartenspezifische Auswertungen zu beauftragen. Von

dieser Möglichkeit hat in der siebten Welle der Deutsche Fußball-Bund Gebrauch gemacht (vgl. Breuer, Feiler & Rossi, 2018a, b).

## 2 Methode

Sowohl die Organisationsbefragung wie auch die Stakeholderbefragungen wurden im Rahmen der 7. Befragungswelle online durchgeführt. Die Erhebung der Organisationsbefragung wurde vom 23.10.2017 bis 20.12.2017 durchgeführt. Als Grundlage für die Stichprobendienten wie bereits in den vorherigen Wellen die von den Landessportbünden zur Verfügung gestellten E-Mail Adressen der Vereine. Von den insgesamt 89.594 Sportvereinen in Deutschland (DOSB, 2017) wurden 80.421 Sportvereine per E-Mail zur Befragung eingeladen. Insgesamt konnten N = 19.889 Interviews realisiert werden, was einem Rücklauf von 25,7 % entspricht.

Die Befragungen der zwei o. g. Personengruppen wurden im Frühjahr 2018 durchgeführt. Insgesamt hatten 4.201 Vereine zugestimmt, an der Befragung der Trainer bzw. Trainerinnen und Übungsleiter bzw. Übungsleiterinnen mitzuwirken. Diese Vereine erhielten am 07.03.2018 den individuellen Vereinslink zur Weiterleitung und Einladung ihrer Trainer/Trainerinnen und Übungsleiter/Übungsleiterinnen zur Befragung. Die Befragung wurde am 02.05.2018 beendet, mit einer Beteiligung von N = 6.752 Trainern/Trainerinnen und Übungsleitern/Übungsleiterinnen aus 2.352 Vereinen. Was die Vorstandsmitglieder betrifft, so hatten 5.129 Vereine zugestimmt, an dieser Befragung mitzuwirken. Die entsprechenden Vereine erhielten am 08.05.2018

den individuellen Vereinslink zur Weiterleitung und Einladung ihrer Vorstandsmitglieder zur Befragung. Die Befragung der Vorstandsmitglieder wurde am 09.07.2018 beendet, mit einer Beteiligung von N = 4.655 Vorstandsmitglieder aus 2.686 Vereinen. Damit stellt der Sportentwicklungsbericht nunmehr nicht nur die quantitativ bedeutsamste Organisationsbefragung im deutschen Sport, sondern zugleich die quantitativ umfassendste Befragung von Personen mit Funktionsrollen im organisierten Sport dar. Für detaillierte Informationen zur Methode der siebten Befragungswelle vgl. Breuer und Feiler, (2019).

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Die Aufarbeitung der Ergebnisse erfolgt in der siebten Welle des Sportentwicklungsberichts in verschiedenen Berichtsformen. Die erste Veröffentlichung ist der Bundesbericht (Breuer & Feiler, 2019), d. h. die Auswertung der Vereinsbefragung auf gesamtdeutscher Ebene. Hinzu kommen in diesem Bericht ausgewählte Ergebnisse der zwei Stakeholderbefragungen, d. h. der befragten Personengruppen. Beide Befragungen der Trainer/Trainerinnen und Übungsleiter/Übungsleiterinnen wie auch der Vorstandsmitglieder werden ergänzend in separaten Berichten ausführlicher ausgewertet und präsentiert. Die hier kurz zusammengefassten ersten Ergebnisse beruhen auf dem Bundesbericht (Breuer & Feiler, 2019).

Die Sportvereine in Deutschland wurden zunächst nach ihrem Selbstverständnis gefragt. Hier zeigt sich, dass die Vereine besonderen Wert auf Gemeinschaft und auf eine demokratische Beteiligung im Verein legen. Dies umfasst auch die demokratische Beteiligung von jungen Menschen. Hierzu passt, dass das Engagement der Vereine insbesondere im Kinder- und Jugendsport nach wie vor stark ausgeprägt ist. In diesem Zusammenhang gaben in der Befragung der siebten Welle des SEB mehr Vereine an, als Träger der freien Jugendhilfe anerkannt zu sein, als dies noch vor zwei Jahren, d. h. zum letzten Befragungszeitpunkt, der Fall war.

Außerdem ist es den Vereinen wichtig, Bisheriges besser machen zu wollen wie auch Neues zu entwickeln. Die Vereine scheinen somit innova-

tiven Ansätzen gegenüber offen zu sein. Hierzu passt auch, dass ein Großteil der Vereine in der Kommunikation neben klassischen Medien (z. B. Lokalzeitung) bereits auf neue und soziale Medien zurückgreift. So geben über 60 % der Vereine an, WhatsApp zur Kommunikation zu nutzen, und knapp die Hälfte der Vereine greift auf Facebook zur Kommunikation zurück. Außerdem nutzen knapp 80 % der Vereine eine eigene Webseite.

Im Vergleich zu anderen Sportanbietern bieten die Vereine ein vergleichsweise preisgünstiges Sportangebot für eine breite Bevölkerung an. So verlangt die Hälfte der Vereine einen monatlichen Mitgliedsbeitrag für Kinder von maximal € 3,-, für Jugendliche von maximal € 4,- und für Erwachsene von maximal € 8,-. Allerdings zeigen sich leichte Abweichungen nach oben, wenn man die Mitgliedsbeiträge aus Sicht der Vereinsmitglieder, anstatt der Vereine selbst betrachtet (vgl. Breuer & Feiler, 2019). Zudem gibt es sportartspezifische Unterschiede. So fallen die monatlichen Mitgliedsbeiträge für Erwachsene in reinen Fußballvereinen beispielsweise etwas geringer aus, als dies in Vereinen ohne Fußballangebot der Fall ist (vgl. Breuer, Feiler & Rossi, 2018a).

Im Bereich des Leistungssports zeigt sich, dass im Vergleich zu 2015 der Anteil an Vereinen mit Kaderathleten bzw. Kaderathletinnen leicht gestiegen ist. So gaben in der aktuellen Vereinsbefragung 15,3 % der Vereine an, über Kaderathleten bzw. -athletinnen auf D/C-, C-, B- oder A-Kaderebene zu verfügen. Damit bilden die Sportvereine weiterhin eine wichtige Basis für den Leistungs- und Hochleistungssport in Deutschland. Hinzu kommt, dass neben Vereinen mit Kaderathleten bzw. -athletinnen ein noch höherer Anteil (knapp 29 %) an Vereinen angab, dass im Jahr 2016 Sportler bzw. Sportlerinnen des Vereins in eine Auswahl berufen wurden.

Neben dem Leistungssport bietet eine zunehmende Anzahl an Vereinen auch Angebote im Bereich des Gesundheitssports an. Insgesamt trifft dies auf knapp ein Drittel der Vereine in Deutschland zu. Eingeschlossen sind Angebote im Bereich der Primärprävention, der Rehabilitation sowie Angebote für behinderte und chronisch kranke Menschen.

Von besonderer Bedeutung für die Sportvereine in Deutschland ist nach wie vor das Ehrenamt. Allerdings ist die Gesamtanzahl der ehrenamtlich Engagierten bundesweit seit 2015 leicht rückläufig. Hierzu passt, dass sich eine zunehmende Anzahl an Vereinen mit Problemen der Bindung und Gewinnung von Ehrenamtlichen konfrontiert sieht. So gibt über die Hälfte der Vereine an, ein großes oder sehr großes Problem im Bereich der Bindung und Gewinnung von ehrenamtlichen Funktionsträgerinnen und -trägern zu haben.

Um die Ehrenamtlichen in den Vereinen zu unterstützen, bieten die Sportvereine verschiedene Maßnahmen an. Diese Maßnahmen können sowohl finanzieller Art (z. B. die Übernahme von Fort- und Weiterbildungskosten, die Zahlung von Aufwandsentschädigungen) wie auch immaterieller Natur (z. B. die Unterstützung neuer Ideen der Ehrenamtlichen; Ehrungen und Würdigung der Ehrenamtlichen) sein. Dies gilt sowohl für die ehrenamtlich tätigen Trainerinnen/Trainer und Übungsleiterinnen/Übungsleiter als auch für die ehrenamtlichen Vorstandsmitglieder.

Betrachtet man die Herausforderungen der Vereine im Gesamtbild, so zeigt sich, dass die Probleme der Vereine insbesondere im Bereich Personal liegen: 38,5 % der Vereine haben wenigstens ein sehr großes Problem aufgrund der Personalsituation im Verein. Dies umfasst Probleme der Bindung bzw. Gewinnung und Qualifizierung von Trainerinnen und Trainern, Übungsleiterinnen und -leitern sowie ehrenamtlichen Funktionsträgerinnen und -trägern, aber auch der Bindung bzw. Gewinnung von Schieds- bzw. Kampfrichterinnen und -richtern sowie freiwilligen Helferinnen und Helfern. Darüber hinaus sehen sich die Vereine aber auch mit Problemen aus den Bereichen Sportpolitik und Sportstätten, Mitglieder, Kooperationen und der Vereinsorganisation insgesamt konfrontiert.

In finanzieller Hinsicht zeigt sich, dass insgesamt etwas weniger Vereine als noch zwei Jahre zuvor schwarze Zahlen schreiben konnten. Im Schnitt trifft dies auf 72,5 % der Sportvereine in Deutschland zu. Im Vergleich hierzu sehen aber nur 4,3 % der Vereine in der finanziellen Situation des Vereins ein existenzbedrohendes Pro-

blem. Zwischen der tatsächlichen finanziellen Situation des Vereins und der subjektiv empfundenen Situation scheint es demnach Diskrepanzen zu geben. Betrachtet man die Einnahmen und Ausgaben der Vereine im Detail, so zeigen sich folgende Veränderungen im Vergleich zu 2014 (Haushaltjahr vor der Befragung): Die Einnahmen aus Mitgliedsbeiträgen, Spenden sowie Werbeverträgen aus dem Bereich Bande sind angestiegen, während leichte Rückgänge der Einnahmen aus geselligen Veranstaltungen zu verzeichnen sind. Bei den Ausgaben zeigen sich gestiegene Kosten im Bereich Personal, sowohl bei den Ausgaben für Trainerinnen/Trainer und Übungsleiterinnen/-leiter wie auch beim Verwaltungspersonal. Andererseits sind Ausgaben für die Durchführung eigener sportlicher Veranstaltungen sowie für Abgaben an Sportorganisationen, in diesem Falle an Landessportbünde, Kreissportbünde, Stadtsportbünde etc., zurückgegangen.

Die Personenbefragungen der Trainerinnen/Trainer bzw. Übungsleiterinnen/-leiter und Vorstandsmitglieder umfassten verschiedene Themenbereiche. Hierzu zählten u. a. die Ausbildung sowie Qualifizierung der befragten Personen, die Art und der Umfang der Tätigkeit im Verein, die Zufriedenheit, Motivation und Zukunftspläne der befragten Personen sowie diverse sozio-demographische Merkmale.

Betrachtet man die Qualifizierung der befragten Trainer/Trainerinnen und Übungsleiter/Übungsleiterinnen, so zeigt sich, dass rund 57 % eine aktuell gültige Lizenz eines Fachverbandes oder Landessportbundes besitzen. Zudem kann dieser Personenkreis verschiedene andere Qualifizierungen (z. B. ein sportwissenschaftliches Studium, eine Ausbildung eines kommerziellen Anbieters) vorweisen. Allerdings gab auch rund ein Fünftel der Befragten an, über keine Ausbildung für die Tätigkeit im Sport zu verfügen. Bei den befragten Vorstandsmitgliedern liegt der Anteil ohne Ausbildung sogar bei 41 %.

Was die Zufriedenheit der befragten Personengruppen betrifft, so zeigt sich, dass die durchschnittliche Zufriedenheit der Trainerinnen und Trainer sowie der Übungsleiterinnen und -leiter mit ihrer Tätigkeit allgemein sehr hoch ausfällt und etwas über der durchschnittlichen Zufriedenheit der befragten Vorstandsmitglie-

der mit ihrer Tätigkeit liegt. Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit der Weiterempfehlung des Vereins unter den Vorstandsmitgliedern etwas stärker ausgeprägt als bei den befragten Trainerinnen und Trainern bzw. Übungsleiterinnen und -leitern.

Die Frage nach den Gründen für das Engagement, sowohl der Trainerinnen/Trainer und Übungsleiterinnen/Übungsleiter wie auch der Vorstandsmitglieder, offenbart eine Vielfalt an Motiven. Die meisten Trainerinnen und Trainer bzw. der Übungsleiterinnen und Übungsleiter stimmen zu, die Tätigkeit auszuüben, weil es ihnen Spaß macht und sie ein gutes Gefühl bei der Ausübung der Tätigkeit haben. Außerdem erfreut sich diese Berufsgruppe daran, anderen zu helfen und die Tätigkeit aus Verbundenheit zur Sportart auszuüben. Bei den Vorstandsmitgliedern überwiegen als Motive, etwas für die Vereinsgemeinschaft tun zu wollen, persönliche Werte und Überzeugungen, ein sinnvolles Engagement in der Freizeit sowie die Verbundenheit zum Verein. Kaum eine Rolle als Motive zur Ausübung der Tätigkeit spielen bei beiden Personengruppen materielle Aspekte wie Geld, kostenfreie Sportbekleidung oder Beitragsminderungen.

## 4 Literatur

- Breuer, C. & Feiler, S. (2019). *Sportvereine in Deutschland: Organisationen und Personen. Sportentwicklungsbericht für Deutschland 2017/2018 – Teil 1*. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- Breuer, C., Feiler, S. & Rossi, L. (2018a). *Situation und Entwicklung der Fußballvereine in Deutschland 2017/2018*. Sonderauswertung des Sportentwicklungsberichts für Deutschland. Köln: Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Sportökonomie und Sportmanagement.
- Breuer, C., Feiler, S. & Rossi, L. (2018b). *Personen in Fußballvereinen in Deutschland: Vorstandsmitglieder, TrainerInnen und ÜbungsleiterInnen. Sonderauswertung des Sportentwicklungsberichts für Deutschland 2017/2018*. Köln: Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Sportökonomie und Sportmanagement.
- DOSB (2017). *Bestandserhebung 2017*. Frankfurt/M.: Deutscher Olympischer Sportbund.

# Sportanlagen und Sporttechnologie



# Leistungsdiagnostik im Recurve-Bogenschießen: Entwicklung und Evaluation eines Systems zur Analyse der Dynamik der Schützen-Bogen-Interaktion

(AZ 071505/17-18)

*Marian Hoffmann, Gunther Kurz & Thorsten Stein (Projektleitung)*

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Sport und Sportwissenschaft (IfSS), BioMotion Center

## 1 Problemstellung

Das olympische Bogenschießen erfordert von dem Athleten/der Athletin eine enorme Präzisionsleistung. Um den inneren Kreis der Zielscheibe zu treffen und damit die Maximalpunktzahl von 10 Punkten zu erreichen, muss der Schütze aus einer Entfernung von 70 m einen Kreis mit einem Durchmesser von 12,2 cm auf einer Höhe von 130 cm  $\pm$  5 cm treffen (Sportordnung des Deutschen Schützenbundes, Teil 6). Hierzu muss der Schütze während der gesamten Zielphase bis zum Abschuss des Pfeils zwischen den Spannkraften des Bogens und seinen muskulären Kräften ein Gleichgewicht aufbauen und dieses halten (Edelmann-Nusser et al., 1999). Durch das Lösen der Zugfinger von der Sehne wird das Kräftegleichgewicht aufgelöst und muss vom Schützen koordinativ bewältigt werden. Dies ist wichtig, da der Pfeil zu diesem Zeitpunkt über die Sehne noch mit dem Bogen verbunden ist und somit jede Bewegung des Bogens – bis zum Lösen des Pfeils von der Sehne – die Flugbahn des Pfeils beeinflussen kann und somit das Trefferergebnis (Leroyer et al., 1993). Folglich muss das Ziel des Schützen darin bestehen, nicht nur beim Zielen, sondern auch vom Auflösen des Kräftegleichgewichts bis zum Lösen des Pfeiles von der Sehne den Bogen so ruhig wie möglich zu halten.

Zur Beurteilung der Schusstechnik wird in der Praxis des Leistungssports die Dynamik der Schützen-Bogen-Interaktion als wichtiger Faktor angesehen, der zur Bewertung der Schusstechnik herangezogen werden sollte. Allerdings verfügt der Deutsche Schützenbund e. V. (DSB) aktuell über kein Messsystem, um die Dynamik

der Schützen-Bogen-Interaktion erfassen und analysieren zu können. Demzufolge liegt nach Rücksprache mit dem DSB diesem Forschungsprojekt die Problemstellung zu Grunde, ein vollständig neues Messsystem zu entwickeln, das es ermöglicht, (1) die Druckverteilung am Griff des Bogens über den kompletten Bewegungsablauf hinweg zu erfassen. Darauf aufbauend sollte (2) eine Softwareapplikation entwickelt werden, die die erfassten Messwerte automatisiert und zeitnah auswertet sowie in einer Form visualisiert, die Leistungsdiagnostikern, Trainern und Sportlern eine unmittelbare Interpretation und damit einen unmittelbaren Transfer in die Trainingspraxis ermöglicht.

## 2 Vorstudien und Recherche

In der ersten Projektphase wurden gemeinsam mit dem DSB zunächst zwei Vorstudien durchgeführt. Für diese Studien wurden in Absprache mit dem Bundestrainer vier relevante Fehlerbilder definiert, die von verschiedenen Kaderathleten/Kaderathletinnen neben regulären Schüssen produziert werden sollten. Ziel war es hierbei zunächst, zu untersuchen, in welchem Ausmaß sich die von der Sportpraxis als relevant eingestuften Fehlerbilder in Änderungen der Druckprofile niederschlagen, die am Bogengriff während der Schüsse aufgezeichnet wurden. Für die Druckmessung am Bogengriff wurde ein Messhandschuh (Novel Pliance System) eingesetzt. Um die Fehlerbilder genauer analysieren zu können, wurden bei der Laborstudie auch die Kinematik (Motion Capture) und die Muskelaktivität (16 Kanal EMG) und bei der Feldstudie die Kinematik (Video) erfasst.

Auf Basis der durchgeführten Studien konnten erstmals Druckbilder erfasst werden, die insbesondere zur Festlegung der Anforderungen an die zu entwickelnde Hard- und Software dienen. Die Ergebnisse legen nahe, dass die Analyse der Druckverteilung zwischen der Hand des Schützen/der Schützin und dem Griffstück des Bogens grundsätzlich als leistungsdiagnostische Größe geeignet ist. Im Bereich des A-Kaders zeigen die Befunde, dass den Fehlerbildern unterschiedliche Druckverteilungsmuster zugeordnet werden können (vgl. exemplarisch Abb. 1). Allerdings ergaben die Vorstudien auch, dass sich deutliche Unterschiede in der Ausführungsstabilität der Schüsse in Abhängigkeit des jeweiligen Leistungsniveaus zeigten, so dass zu konstatieren ist, dass vor allem C-Kaderathleten teilweise Probleme hatten, die vorgegebenen Fehlerbilder überhaupt stabil zu produzieren.

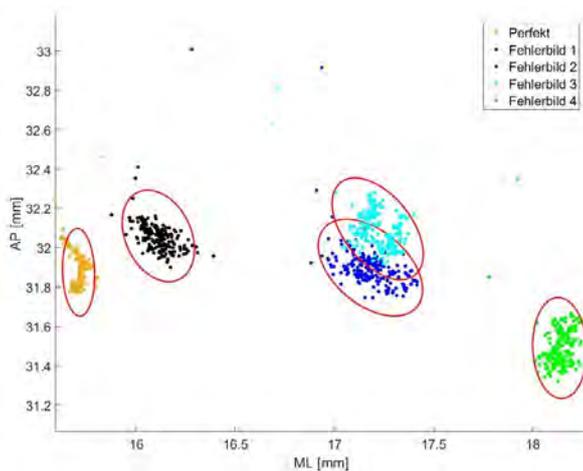


Abb. 1: Daten des Center of Force und zugehörige 95 %-Vertrauensellipse der letzten 2 Sekunden vor Lösen der Zugfinger (Mittelwert der optimalen Schussausführung und vier Fehlerbilder; Fehlerbild 1: Aufdrehen der Zughand in der Expansion, Fehlerbild 2: Ellbogen des Zugarms nicht in Pfeilrichtung (Expansion), Fehlerbild 3: Verkanten des Bogens in der Expansion, Fehlerbild 4: Bogenschulter weicht in der Expansion nach oben/links aus).

## 3 Entwicklung des Messsystems

Nach Rücksprache mit dem DSB kommt ein Sensorhandschuh für die Druckmessung nicht in Frage. Stattdessen bestand der Wunsch, dass die Sensoren auf bzw. in das Griffstück eingebracht werden, um ein möglichst rückwirkungsfreies Messsystem zu haben. Die Idee besteht darin, dass die Kaderathleten zukünftig neben ihrem normalen Griffstück jeweils ein zweites instrumentiertes Griffstück haben und im Rahmen von Leistungsdiagnostiken jeweils das individuell instrumentierte Griffstück nutzen können. Vor diesem Hintergrund wurde in einem ersten Schritt eine umfassende Recherche zu verfügbaren Sensortechnologien durchgeführt, und mit dem DSB wurden die Funktionalitäten der zu entwickelnden Aufnahme- und Analysesoftware festgelegt. Darauf aufbauend wurden die Hardware und Softwarekomponenten entwickelt.

### 3.1 Hardware

Die Herausforderungen im Bereich der Hardwareentwicklung bestehen in der räumlich-begrenzten Möglichkeit, Sensoren an einem Bogengriff anzubringen sowie in der Beschaffenheit der Oberfläche der individuell gefertigten Bogengriffstücke. Es wurden auf der Grundlage der zuvor durchgeführten Recherche zu verfügbaren Sensortechnologien mehrere Lösungen untersucht und schließlich acht Drucksensoren der Marke Honeywell ABPMJTT015PGAA50psi, angeordnet als 2x4 Matrix, in einen Bogengriff eingebracht und als Prototyp produziert. Die Positionen wurden wiederum in Rücksprache mit dem Bundestrainer nach einem gemeinsamen Projekttreffen und Testmessungen am Bundesleistungszentrum Kienbaum genauer spezifiziert. Für die Herstellung der instrumentierten Bogengriffe wurden in die Bogengriffstücke die notwendigen Auskerbungen gefräst, in denen einseitig verschlossene, luftgefüllte Silikonschläuche (Innendurchmesser 2 mm) eingebaut wurden. Im Anschluss wurden an das offene Ende die Honeywell Drucksensoren angeschlossen (Abb. 2). Dies ermöglicht die Erfassung der Druckveränderung an jedem ein-

zelen Schlauch, die durch die Interaktion zwischen der Hand des Schützen/der Schützin und des Bogens entstehen. Die Sensorik zur Messung der Druckveränderung sowie die Kabelführung konnte platzsparend seitlich am Griffstück angebracht werden, um eine geringstmögliche Beeinflussung des Athleten/der Athletin zu erreichen. Die gemessenen Signale werden über ein mehradriges Kabel an einen A/D-Wandler weitergegeben, mittels USB-Anschluss an einen PC transferiert und dort mit der in diesem Projekt komplett neu entwickelten Software weiterverarbeitet.

kann die Messung gestartet werden. Die individuellen Probandeninformationen werden in einer SQLite Datenbank gespeichert mit dem jeweiligen Verweis auf die absolvierten Messungen, die in einer eindeutigen Ordnerstruktur abgelegt sind. Diese Datenaufteilung ermöglicht ein einfaches Transferieren der Daten zwischen Trainern und Athleten\*innen, eine Fusion von Datensätzen und gleichzeitig den schnellen Zugriff auf die Messdaten, um weitere Auswertungen, bspw. im Rahmen von Forschungs- oder Abschlussarbeiten, problemlos zu ermöglichen.



Abb. 2: Prototyp des am IfSS gefertigten Griffstücks mit acht in den Bogengriff eingearbeiteten Sensoren sowie dem kabelgebundenen Anschluss an den A/D-Wandler.

### 3.2 Software

Parallel zur Hardwareentwicklung wurde eine Softwareapplikation mit C-Sharp umgesetzt, die an sich plattformunabhängig ist, allerdings für Microsoft Windows optimiert ist. Für einzelne, zeitintensive Berechnungen und Datenverarbeitungsschritte wurde zur Optimierung auf Python zurückgegriffen. Die Software gliedert sich grundlegend in einen Aufnahme- und einen Analyse-Teil. Das Aufnahme-Fenster (Abb. 3, links) ist bewusst einfach gehalten, um eine schnelle Datenaufnahme sicherzustellen. Nach dem Neuanlegen oder der Auswahl eines Athleten/einer Athletin aus der Datenbank

Im Analyse-Fenster (Abb. 3, rechts) können sowohl einzelne Schüsse von Athleten\*innen im Nachgang analysiert als auch Vergleiche zwischen Schüssen vorgenommen werden, sowohl intra- als auch interindividuell. Hierfür kommen primär Abbildungen zum Einsatz, um eine direkte Rückmeldung des Trainers/der Trainerin an den Sportler/die Sportlerin zu gewährleisten. Der Einsatz von C-Sharp, Python und SQLite als kostenlose Programmiersprachen bzw. Programmibibliothek ermöglicht perspektivisch die Weiterentwicklung der Software ohne Lizenzkosten und ggf. in Eigenregie durch den DSB.

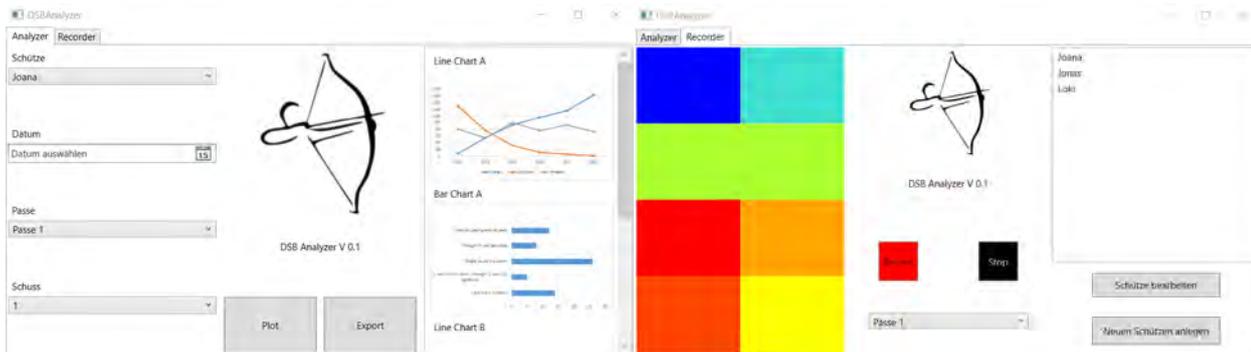


Abb. 3: Aufnahme Fenster der DSB-KIT Softwareapplikation zur Erfassung der Interaktionskräfte zwischen Hand des Schützen und Bogen (links); Analysefenster zur graphischen Darstellung einzelner Schüsse und dem Vergleich mehrerer Schüsse (rechts).

## 4 Evaluation des Messsystems im Feld

Der finale Prototyp wurde im Rahmen einer Feldmessung am OSP Berlin unter Anwesenheit des Nachwuchs-Bundestrainers von zwei Athletinnen getestet, deren Bogengriffstück kompatibel zum entwickelten Prototyp ist (Abb. 4).

Die Tests erbrachten zusammenfassend folgende Befunde:

- › Das entwickelte instrumentierte Griffstück ließ sich problemlos an den Wettkampfbogen anbringen.
- › Das subjektive Feedback beider Athletinnen war, dass das entwickelte instrumentierte Griffstück



Abb. 4a: Feldmessung mit dem neu entwickelten Messsystem am OSP Berlin. Athletin im Moment kurz vor der Schussauslösung mit laufendem Messrechner im Vordergrund.

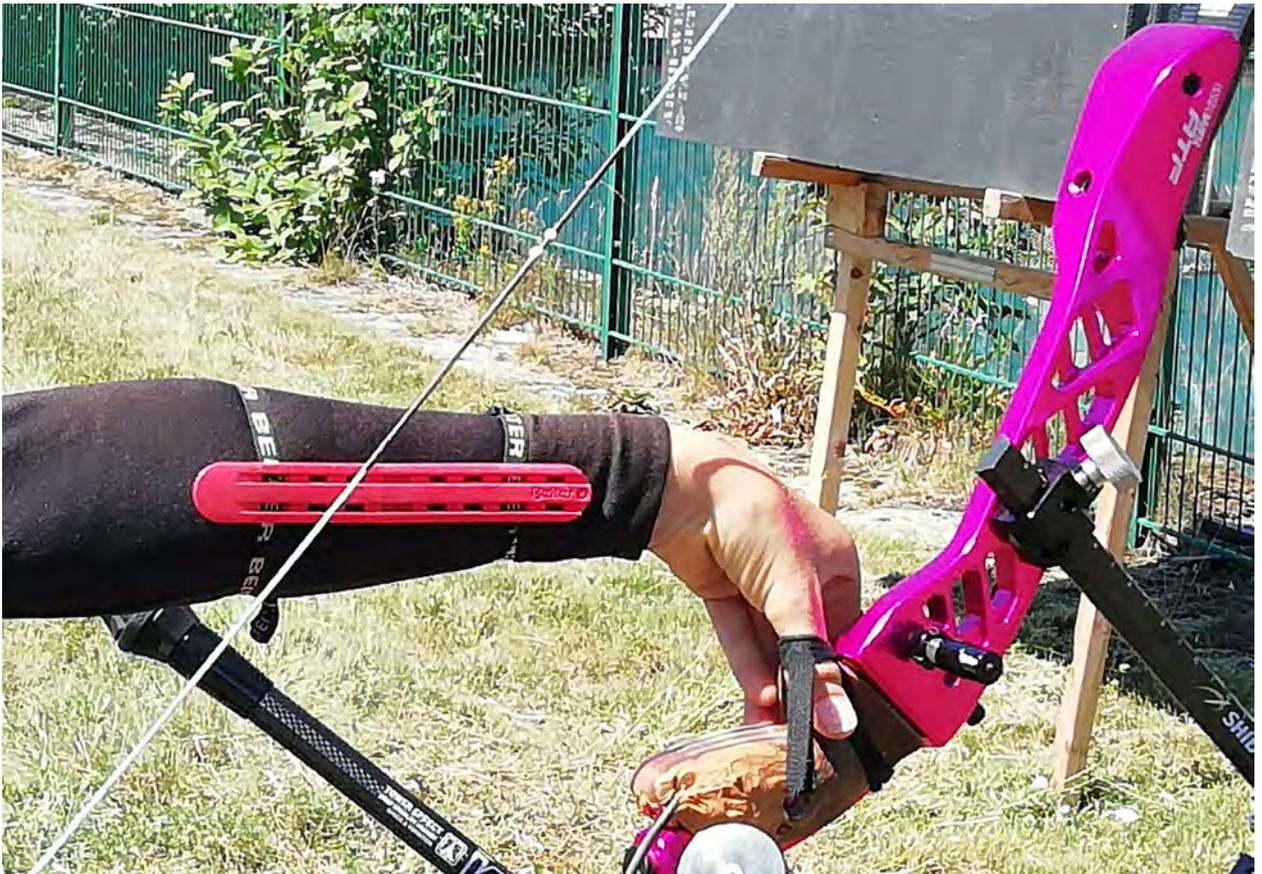


Abb. 4b: Feldmessung mit dem neu entwickelten Messsystem am OSP Berlin. Instrumentiertes Griffstück montiert am Bogen der Athletin.

inkl. der Kabelführung nahezu rückwirkungsfrei bei der Durchführung von Schüssen ist.

- › Ein Einfluss des Messsystems auf die Schussleistung der Athleten\*innen konnte nach Begutachtung der Schussleistung ebenfalls nicht festgestellt werden.
- › Das gesamte System (Hardware und Software) hat stabil funktioniert, so dass problemlos sechs Passen zu je 6 Schüssen je Athletin am Stück aufgezeichnet werden konnten, wobei bei 3 Passen bewusst Abweichungen von der optimalen Ausführung durch die Athletinnen umgesetzt wurden.
- › Die grundlegenden Softwarefunktionalitäten entsprechen den Anforderungen der Sportpraxis.

## 5 Diskussion und Ausblick

Zielsetzung dieses Forschungsprojekts war die Entwicklung eines neuen Messsystems zur Druckverteilungsmessung am Bogengriff inkl. einer Softwareapplikation zur Datenaufnahme, -speicherung und -analyse. Mit Abschluss dieses Forschungsprojekts ist es erstmals gelungen, ein solches System zu entwickeln, das dem DSB nun zur Verfügung steht.

Über dieses Forschungsprojekt hinaus stehen zukünftig folgende weiterführende Arbeitsschritte an:

- › Das Druckmesssystem ist zu vervielfältigen, d. h. Kaderathleten sind mit einem individuell instrumentierten Griffstück auszustatten. Dabei wird sich die Positionierung der Sensoren in Abhängigkeit des individuellen Griffstücks und der individuellen Griffhaltung der Athleten jeweils

geringfügig unterscheiden, was bei der vom IfSS entwickelten Sensorlösung bereits antizipiert wurde und problemlos möglich ist. Da der DSB die Griffstücke seit kurzer Zeit mittels 3D Druck fertigen lassen kann, würde es sich hier anbieten, mittels Blaupause den individuell variierenden Kontaktbereich der Handfläche zu identifizieren und die notwendigen individuellen Auskerbungen für die Sensoren beim 3D Druck gleich zu berücksichtigen, so dass die Drucksensoren optimal für jeden Athleten in das instrumentierte Griffstück eingebracht werden können.

- › Sollten zukünftig Anpassungen der Softwareapplikation nötig sein, d. h. die Berücksichtigung neuer Leistungsparameter bzw. die Abbildung bestimmter Leistungsdiagnostiken durch automatisierte Auswertungsroutinen, ist dies mit der entwickelten Softwareapplikation problemlos möglich.
- › Wenn das System vervielfältigt würde und im Rahmen von Leistungsdiagnostiken eingesetzt wird, wären gemeinsam mit dem Bundestrainer auf der Schnittstelle von Leistungssport und Sportwissenschaft relevante Forschungsfragen im Bereich der Schusstechnik zu identifizieren und in zukünftigen Forschungsarbeiten einer Lösung zu zuführen.

## 6 Literatur

- Edelmann-Nusser, J., Gruber, M., Gollhofer, A. & Gros, H.-J. (1999). Komplexe Leistungsdiagnostik im Bogenschießen. *Leistungssport*, 29 (2), 47-54.
- Leroyer, P., Van Hoecke, J., & Helal, J. N. (1993). Biomechanical study of the final push-pull in archery. *Journal of Sports Science*, 11 (1), 63-69.
- Sportordnung des Deutschen Schützenbundes* (2018). Abgerufen von: [www.dsb.de/derverband/ueber-uns/statuten/sportordnung-national/](http://www.dsb.de/derverband/ueber-uns/statuten/sportordnung-national/)

# Service- Forschungsprojekte



# Analyse der Belastungs- und Anforderungsstruktur im olympischen BMX Rennsport

(AZ 072030/16-17)

Wilfried Alt (Projektleitung), Dieter Bubeck & Martin Brenner

Universität Stuttgart, Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft

## 1 Einleitung und Problemstellung

Die Erfassung der Belastungs- und Anforderungskennziffern durch die Analyse der äußeren und inneren Wettkampfbelastung sowie der dafür notwendigen konditionellen und koordinativen Anforderungen stellen die unabdingbar notwendige Basis für die Trainingssteuerung im langfristigen Leistungsaufbau von Spitzensportlern dar.

Die Kenntnis der spezifischen Anforderungen und Belastungen im BMX Supercross Rennsport ist bei der Trainingssteuerung als unabdingbare Bedingung für das Erreichen von Zielen und Erfolgen anzusehen.

Die Leistungsstruktur in dieser Sportart ist nur unzureichend aufgeklärt. Das Ziel dieses Projektes war es, die komplexe Anforderungs- und Belastungsstruktur im BMX Rennsport mittels der Erfassung von Kennziffern der inneren und äußeren Wettkampfbelastung sowie der dazu notwendigen konditionellen und koordinativen Anforderungen zu erfassen.

## 2 Methodik

Für dieses Projekt wurden sowohl Messungen am Olympiastützpunkt Stuttgart, im Folgenden als „Off Track“ als auch Messungen in der simulierten Rennsituation auf der BMX Supercrossstrecke in Zolder Belgien im Folgenden als „On Track“ Messungen bezeichnet, durchgeführt. Aus den Off Track Messungen der verschiedenen Leistungsklassen lässt sich ein Anforderungsprofil erarbeiten, das es ermöglicht, die Entwicklung der Leistungsvoraussetzungen gezielt zu steuern. Die Erfassung der On Track Daten ermöglicht eine detaillierte Analyse der

bei einem simulierten Wettkampf auftretenden Belastung. Die Rennsimulation bestand aus 6 maximalen Läufen mit 20 min Pause zwischen den Läufen.

### 2.1 Teilnehmende

12 männliche BMX Fahrer und eine weibliche BMX Fahrerinnen aus dem Bundeskader des Bund Deutscher Radfahrer (BDR) sowie aus dem Württembergischen Radsportverband (WRSV) in den Leistungsklassen U17, Junior und Elite nahmen freiwillig an dieser Studie teil. Alle Fahrer bestreiten regelmäßig nationale und internationale Wettbewerbe.

### 2.2 Off Track Messungen

Zur Bestimmung eines aktuellen Anforderungsprofils wurden unter Laborbedingungen die maximale Sauerstoffaufnahmekapazität, spezifische FES Ergometer Tests und die Kraftleistungsfähigkeit am ISOMED 2000 sowie bei allgemeinen Sprungkrafttests erfasst (Squat Jump, Counter Movement Jump und Drop Jump).

### 2.3 On Track Messungen

Das BMX-spezifische Belastungsprofil wurde in einer simulierten Rennsituation auf der Rennstrecke in Zolder (Belgien) erhoben. Hierzu wurden mittels einer spezifischen Zeitmessanlage die Zeiten einzelner Rennabschnitte erfasst. Die mechanische Vortriebsleistung der Athleten bzw. der Athletin wurde mit speziell hierfür konstruierten Kurbeln von FES analysiert. Die Erfassung der physiologischen Beanspruchung erfolgte durch die Analyse der VO<sub>2</sub> und VCO<sub>2</sub> während der Rennsimulation durch eine mobile Spiroergometrie der Firma Cosmed (K5) und wurde während der Pausen weitergeführt. Parallel dazu wurden Laktatmessungen 1, 3, 5,

10 min nach dem Lauf sowie direkt vor dem nachfolgenden Lauf durchgeführt.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Laufzeiten

Um den Rennverlauf in seiner zeitlichen Struktur zu analysieren, wurden die Gesamtzeit eines Laufes sowie acht Sektorenzeiten erhoben. Gesamtzeiten, die mit dem vollständigen Messsetup gefahren wurden, liegen im Mittel bei 35,33 sec mit einer Standardabweichung von 1,41. Damit befinden sich die Zeiten im Bereich und teilweise sogar unter den Zeiten der deutschen Teilnehmer des Weltcups in Zolder, der am 13. Mai (einen Monat nach Durchführung der Messungen) auf der gleichen Strecke stattfand. Abb. 1 zeigt die durchschnittliche Laufzeit aus den sechs Läufen mit der dazugehörigen Standardabweichung sowie die jeweils schnellste gefahrene Zeit pro Athlet.

#### 3.2 Mechanische Vortriebsleistung

Die maximal erbrachte Wattleistung der Athleten liegt zwischen 337 und 538 Watt. In Tab. 2 (Seite 3 oben) sind die maximalen Wattwerte pro Fahrer dargestellt. Aufgrund von Fehlfunktionen der Messkurbeln sowie von Verletzungen konnten nicht von allen Fahrern sechs Datensätze erhoben werden.

#### 3.3 Physiologische Beanspruchung

Mit einer mobilen Spirometrie wurde die durchschnittliche und maximale Sauerstoffaufnahme auf der Strecke erhoben. Während die durchschnittlichen VO<sub>2</sub> Werte, bis auf eine Ausnahme (1693 ml/min), zwischen 2453 ml/min und 3528 ml/min liegen, bewegen sich die maximalen Werte auf der Strecke zwischen 3445 ml/min und 4902 ml/min mit wiederum einer Ausnahme (2822 ml/min). Somit werden die mit einem Rampenprotokoll erhobenen Werte aus der stationären Spirometrie knapp erreicht und teilweise sogar übertroffen. Berechnet man die

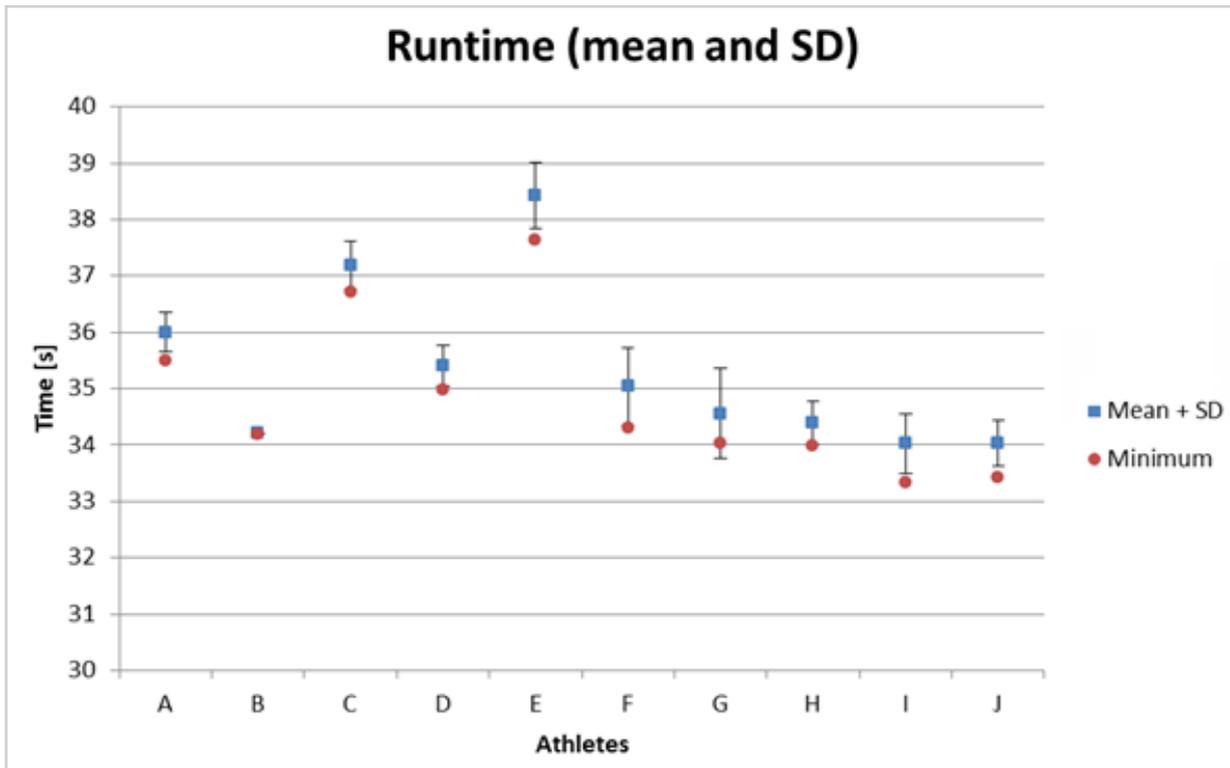


Abb. 1: Laufzeiten – Best- und Mittelwerte der teilnehmenden Athleten

Tab. 1: Maximale Wattwerte pro Fahrer und Lauf

Maximale Wattwerte in J/s pro Fahrer und Lauf									
Rider	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4	Run 5	Run 6	Max	Mean	SD
A	367	343	391	372	391	395	395	377	18,0
B	379	390					390	385	5,6
C	329	334	337	326	329	322	337	329	4,9
D		395		418	401		418	405	9,5
F	455	435	440	445	438	538	538	458	36,0
G	469		391	423		517	517	450	47,3
I	430	432	472	506	478	455	506	462	26,9
J	360	415	414	458	484	508	508	440	49,4

Werte in Bezug auf das Körpergewicht, befinden sich alle Fahrer zwischen 45,33 Vo2max/kg und 62,32 Vo2max/kg. Daraus resultiert über alle Fahrer hinweg eine durchschnittliche maximale Vo2max/kg von 54,32 ml/min/kg während des Rennens (Abb. 2).

Der maximal ermittelte Laktatwert bei einem Fahrer betrug 19,84 mmol/l. Der Durchschnitt

der Maximalwerte über alle Fahrer und Läufe hinweg lag bei 14,523 mmol/l mit einer Standardabweichung von 1,67. Der durchschnittliche Laktatwert vor den Läufen betrug 8,24 mmol/l mit einer Standardabweichung von 3,27. Die maximalen Laktatwerte pro Fahrer sind in Tab. 2 dargestellt.

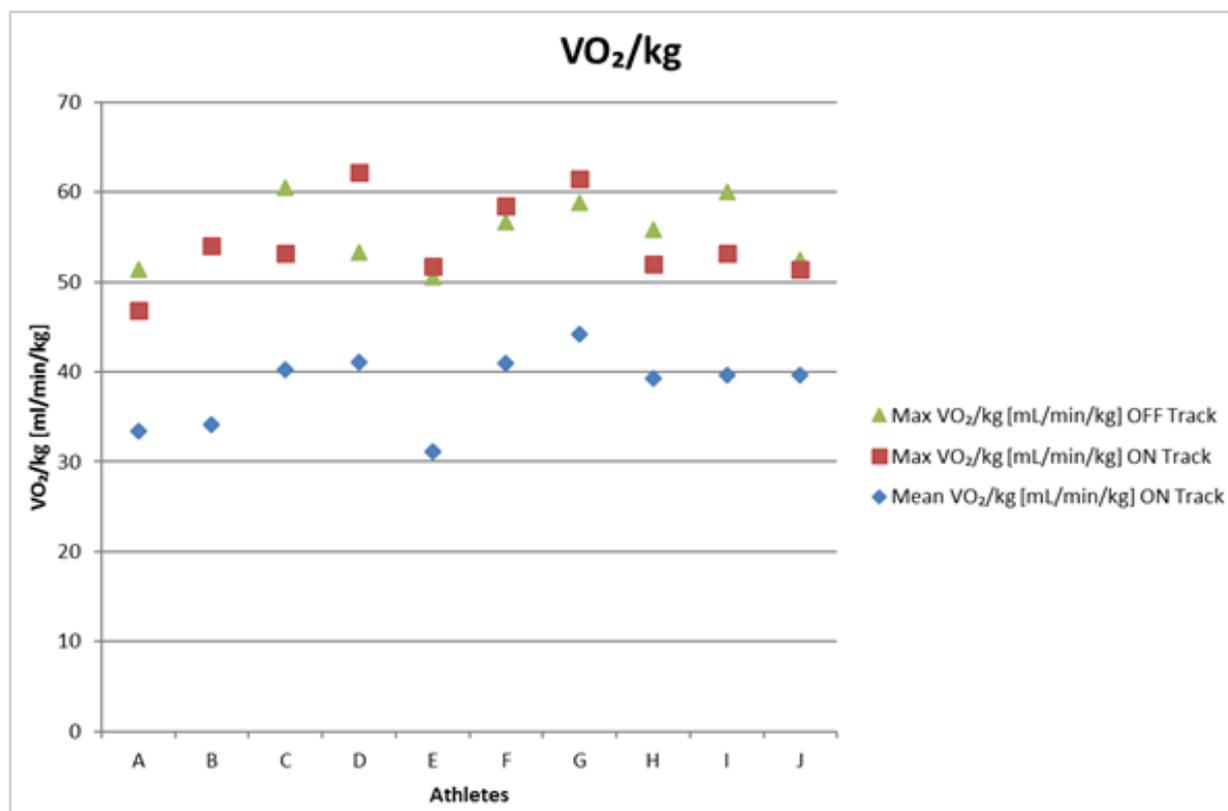


Abb. 2: Maximale VO2/kg On Track, Off Track und durchschnittliche VO2/kg ON Track

Tab. 2: Maximale Laktatwerte pro Fahrer

Maximale Laktatwerte						
Rider	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4	Run 5	Run 6
A	9,86	11,37	11,61	10,75	11,72	11,6
B	13,06	12,5				
C	11,2	12,86	13,04	13,57	14,54	14,63
D	14,13	15,57	15,74	16,85	16,9	17,68
E	12,99	15,44	15,88	16,33	16,04	14,15
F	10,62	12,41	14,27	15,68	15,62	15,64
G	10,4	13	15,09	15,24	15,86	15,43
H	12,78	14,62	16,66	19,67	19,66	19,84
I	12,06	15,14	16,03	16,41	18,09	14,51
J	12,05	14,29	15,56	16,7	18,54	18,38
Mittelwert	11,92	13,72	14,88	15,69	16,33	15,76
Stabw	1,37	1,47	1,63	2,46	2,36	2,50

Es wurden Maximalkrafttests in den Hauptübungen Kniebeugen und Kreuzheben, die in der Trainingspraxis sehr häufig eingesetzt werden, durchgeführt. Die Sprungkraft wurde über ein Testprotokoll, das Squatjumps, Countermovement Jumps ohne Armeinsatz, Drop Jumps aus 35 cm Höhe sowie Sprünge nach dem Bosco Protokoll mit 50 % und 100 % des Körpergewichts zusätzlich beinhaltet, erfasst. Auf dem FES Radergometer wurde ein Test zur Ermittlung der maximalen Umdrehungszahl (RPM max.), ein simulierter Starttest (Start Watt) sowie ein Test zur Aufrechterhaltung der Leistung über 5 sec mit vorgegebener Umdrehungszahl durchgeführt (180 RPM). Die Ergebnisse dieser Test sind in der folgenden Tabelle jeweils Gesamt und in den Leistungsklassen aufgeteilt zusammengefasst.

## 4 Schlussbetrachtung

Im Serviceforschungsprojekt Analyse der Anforderungs- und Belastungsstruktur im Olympischen BMX Rennsport wurden bei Fahrten auf der Wettkampfstrecke erfolgreich Belastungsdaten erhoben. Diese umfassenden Daten ergeben einen realistischen Einblick in das Belastungsprofil der Sportart. Durch die Simulation eines kompletten Wettkampftages konnten nicht nur Erkenntnisse über die akute Belastung bei einer Rennrunde gewonnen, sondern auch Rückschlüsse auf die Erholung zwischen den Läufen sowie die Gesamtbeanspruchung eines Wettkampftages gezogen werden. Durch den Test der athletischen Fähigkeiten am OSP Stuttgart konnten zudem die zugrundeliegenden konditionellen Fähigkeiten der Athleten erhoben

Tab. 3: Leistungsübersicht Off Track Messungen

		Gesamt	Elite Men	Junior	U 17	Elite Women
Maximalkraft	Kniebeuge	155 ± 39	179 ± 23	171 ± 20	128 ± 23	97
	Kreuzheben	155 ± 30	172 ± 24	157 ± 17	155 ±	111
Sprungleistung	SJ	46,28 ± 6,41	49,23 ± 4,1	49,74 ± 2,56	35,34 ± 0,43	37,7
	CMJ_ohne	52 ± 8,11	56,01 ± 3,95	55,24 ± 6,26	38,49 ± 0,88	41,94
	CMJ_50	28,68 ± 5,12	32,06 ± 3,14	31,16 ± 1,55	20,88 ± 0,35	23,28
	CMJ_100	16,92 ± 4,02	20,17 ± 2,84	17,66 ± 0,99	11,31 ± 1,25	12,88
	Bosco Index	0,33 ± 0,04	0,35 ± 0,04	0,31 ± 0,04	0,29 ± 0,04	0,31
	DJ35	2,55 ± 0,27	2,73 ± 0,19	2,3 ± 0,23	2,6 ± 0,09	2,39
FES Ergometer	RPM max.	228 ± 17	236 ± 5,7	236 ± 3,5	224 ± 4	190
	Start Watt/kg max.	22,57 ± 2,11	22,91 ± 1,54	24,59 ± 0,73	20,75 ± 0,8	19,35
	180 RPM Watt/kg max.	18,4 ± 3,78	19,71 ± 2,2	20,06 ± 1,8	19,24 ± 1,77	10,35
Spiroergometrie	VO <sub>2</sub> max/kg	54,95 ± 3,22	54,89 ± 2,44	55,99 ± 2,43	54,97 ± 5,32	51,11
	Belastungsgrenze [W]	381 ± 33	400 ± 27	382 ± 17	362 ± 7	305

werden. Durch die Einteilung in die UCI Leistungsklassen konnten Unterscheide zwischen den Nachwuchs- und Elite-Fahrern herausgearbeitet werden, welche sich für die Trainingsoptimierung einsetzen lassen. Da das komplette Messsetup mit Abschluss des Neubaus der BMX Strecke in Stuttgart dem Bundeskader für weitere Tests zur Verfügung steht, ist eine nachhaltige Nutzung der Erkenntnisse gewährleistet. Die geringe Probandenzahl in den einzelnen Leistungsgruppen ist sowohl dem Untersuchungsfeld Hochleistungssport geschuldet als auch verletzungsbedingten Ausfällen. Hier besteht mit dem aufgestellten Set Up jedoch die Möglichkeit, eine dauerhafte Diagnostik zu installieren, so dass die Leistungsentwicklung über mehrere Jahre beobachtet und Referenzwerte für die einzelnen Fahrerklassen gesammelt werden können. Die ersten Erkenntnisse des Projektes wurden direkt im Laufe der Untersuchung mit den Bundestrainern besprochen und somit unmittelbar in die Trainingspraxis transferiert.



# 3D-Bewegungsanalyse der Absprungbewegung an der Sprungschanze

(072031/16-17)

Jakob Ketterer<sup>1</sup>, Albert Gollhofer<sup>1</sup> (Projektleitung), Dominic Gehring<sup>1</sup>, Daniel Kulessa<sup>1</sup>, & Benedikt Lauber<sup>1,2</sup>

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

<sup>2</sup>Universität Fribourg, Department of Neurosciences and Movement Sciences

## 1 Problemstellung

Im Verlauf eines Skisprungs wird dem Absprung die höchste Relevanz für den sportlichen Erfolg der Athletinnen und Athleten zugeschrieben, da er die Anfangskonditionen für die Flugphase kreiert und damit eine Schlüsselrolle für die Sprungweite einnimmt (Schwameder, 2008). Den Springerinnen und Springern steht aufgrund der hohen Anfahrtsgeschwindigkeiten eine nur sehr kurze Zeitspanne zur Verfügung, in der die komplexen und dynamischen Bewegungsabläufe zum Absprung ausgeführt werden können. Folglich stellt der Absprung auch im Training eine Kernkomponente dar. Die Skispringerinnen und Skispringer können jedoch lediglich geringe Trainingsumfänge auf der Schanze absolvieren (Sandbakk et al., 2016), weshalb es in der Trainingsgestaltung zahlreicher Imitationssprünge bedarf, um den Springerinnen und Springern ein adäquates Training des Absprungs abseits der Schanze zu ermöglichen (Ettema et al., 2016). Die Komplexität der Absprungbewegung impliziert hierbei eine möglichst präzise Simulation des Sprunges im Training, damit die anspruchsvollen Bewegungsmuster verbessert und gefestigt werden können sowie ein getreuer Transfer auf die Schanze erfolgen kann (Lorenzetti et al., 2017). Imitationsformen, die in diesem Zusammenhang bereits thematisiert wurden, sind Imitationssprünge von festem Untergrund, Imitationssprünge von einem Rollwagen im Flachen und von Rampen mit verschiedenen Neigungen als auch Squat Jumps und Drop Jumps. Zudem liegen Studien vor, die den Einfluss verschiedener biomechanischer Parameter (z. B. Knieextensionsgeschwindigkeit) auf die erzielte Sprung-

weite zum Untersuchungsgegenstand hatten und bedeutende Korrelationen zwischen der Sprungweite und bestimmten, beim Absprung gezeigten, biomechanischen Parametern feststellen (Arndt et al., 1995; Pauli et al., 2016; Schwameder et al., 2005; Virmavirta et al., 2005, 2009; Vodičar & Jošt, 2011). Ein direkter Vergleich dieser Parameter während unterschiedlicher Imitationsformen wurde in keiner Untersuchung angeführt, obwohl Schwameder (2008) zu bedenken gibt, dass ein beträchtlicher Unterschied in den Rahmenbedingungen zwischen dem Absprung bei Imitationssprüngen und Sprüngen auf der Schanze vorliegt. Zu diesen Unterschieden zählen primär die horizontale Absprunggeschwindigkeit, der Luftwiderstand sowie die Reibung und die Scherkräfte zwischen Athletin bzw. Athlet und dem Untergrund (Ettema et al., 2016). Hieraus resultiert, dass auf der Schanze geringere vertikale Absprunggeschwindigkeiten erreicht werden (Vaverka et al., 1994) und die Dauer des Absprungs im Vergleich zu Imitationssprüngen geringer ausfällt (Virmavirta, Kivekäs, & Komi, 2001). Außerdem differieren die Druckverteilungen unter den Fußsohlen und die Aktivierungsmuster der Sprunggelenkextensoren/-flexoren sowie der Kniegelenkextensoren/-flexoren zwischen Schanze und Labor (Virmavirta & Komi, 2001).

Die Effektivität einer Imitationsübung ist primär an ihre Ähnlichkeit mit den kinematischen und kinetischen Strukturen von Sprüngen an der Schanze gekoppelt. Jedoch gibt es bisher keine vergleichende 3D-analytische und zeitlich hochauflösende Untersuchung, die Ausprägungen spezifischer, leistungslimitierender biomechanischer Parameter im Skisprung zwischen simulierten und realen Sprüngen feindifferen-

ziert erfasst, um so Imitationsformen zu finden, die der Situation an der Schanze hinsichtlich der gezeigten Kinematik möglichst gleichen, wodurch die (Weiter-)Entwicklung skisprungspezifischer Trainingsformen vorangetrieben werden kann. Folglich werden Imitations-sprünge mit und ohne Trainerunterstützung sowie mit und ohne Skisprungschuhe durchgeführt, kinematisch analysiert und hinsichtlich der leistungslimitierenden Parameter mit der Schanze verglichen. So soll die Frage geklärt werden, welche Imitationsform hinsichtlich der Ausprägung der Parameter mit den Sprüngen an der Schanze am meisten übereinstimmt. Dies liefert wertvolle Aufschlüsse für das Trainerteam und die Trainingsgestaltung. Zudem ist dies die erste Untersuchung, die zeitlich so hochauflösende 3D-Aufnahmen des Absprungs an der Schanze aufzeichnet, wodurch die Biomechanik des Absprungs tiefgreifend aufgearbeitet werden und mit der Sprungweite korrelativ analysiert werden kann.

## 2 Methode

### 2.1 Datenerhebung

Die Sprünge auf der Schanze wurden im Adler-Skistadion in Hinterzarten gemessen. Die Daten wurden im Rahmen der Deutschen Meisterschaft der Herren (N = 38) und dem tagesgleich stattfindenden DSV Jugendcup der Junioren (N = 17) erhoben. Beide Wettbewerbe umfassten zwei Sprünge pro Athlet. Neun der Springer führten an den beiden Tagen vor dem Wettkampf im Biomechanik-Labor des Institutes für Sport und Sportwissenschaft Freiburg Imitationssprünge in unterschiedlichen Ausführungen durch.

Die Imitationssprünge im Labor wurden sowohl barfuß als auch mit den persönlichen Skischuhen der Athleten durchgeführt. Beim Imitationssprung steht der Skispringer mit beiden Beinen auf dem Boden und nimmt hierbei seine individuelle Hockposition zum Absprung ein. Die Arme werden seitlich am Körper nach hinten gestreckt. Aus dieser Anfahrtshocke wird ein maximal hoher vertikaler Sprung ausgeführt.

Bei der Imitationsform Rollwagen fährt der Athlet eine abschüssige Rampe herunter. Auf dem Rollwagen wird ebenso wie beim Imitationssprung die skisprungtypische Anfahrtsposition eingenommen und aus dieser abgesprungen. Tab. 1 zeigt eine hierarchische Anordnung der unterschiedlichen Imitationsformen nach ihrer Komplexität. Die Komplexität orientiert sich an der Ähnlichkeit der Imitationsform zu einem Sprung an der Schanze. Die Reihenfolge

Tab. 1: Imitationssprünge im Labor mit Einstufung ihrer Komplexität

 Komplexität	-	1	Imitation ohne Schuhe und ohne Trainer	Imi
	2	Imitation mit Schuhen	Imi_S	
	3	Rollwagen ohne Schuhe und ohne Trainer	SL	
	4	Rollwagen ohne Schuhe und mit Trainer	SL_T	
	5	Rollwagen mit Schuhen und ohne Trainer	SL_S	
	6	Rollwagen mit Schuhen und mit Trainer	SL_T_S	
	+	7	Sprünge an der Schanze	Hill

der durchgeführten Imitationssprünge wurde randomisiert.

### 2.2 Messmethodik

Um die Kinematik der Absprungbewegung zu erfassen, wurde ein videobasiertes Bewegungsanalysesystem verwendet (Simi Reality Motion Systems GmbH, Unterschleißheim, Deutschland). Dieses System kam sowohl an der Schanze als auch im Labor zum Einsatz. Der Absprung des Skispringers wurde von sechs synchronisierten Kameras erfasst. Die Aufnahmen wurden sowohl im Labor als auch auf der Schanze durch eine Lichtschranke ausgelöst. Die so aufgenommenen Videos wurden zunächst in dem Programm Simi Shape bearbeitet, wo ein virtuelles 3D-Modell hinterlegt ist, das Proportionen entsprechend der Silhouette des Skispringers annimmt (Abb. 1). Das Modell passt sich über jeden aufgenommenen Bildframe an die Position und Haltung der Segmente des Skispringers an. So wird die Absprungbewegung des Springers erfasst und dynamisch nachverfolgt (getrackt), wodurch die Bewegung des Skispringers aus den Videoaufnahmen dreidimensional rekonstruiert werden kann.

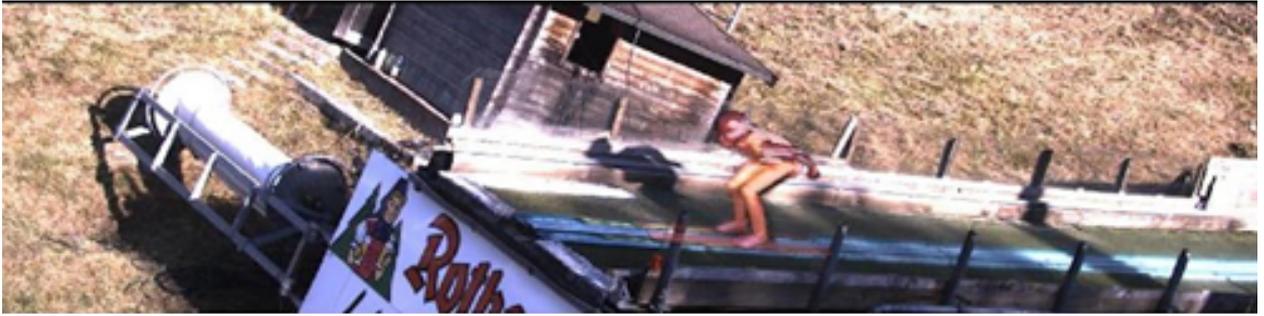


Abb. 1: Virtuelles 3D-Modell

Über eine inverse Kinematik wurde aus dem Modell in Simi Shape die Lage und die Ausrichtung jedes Segments des Athleten in ein weiteres Programm – Simi Motion – exportiert. Hier können anschließend die zu untersuchenden Parameter berechnet werden.

### 2.3 Untersuchte Parameter

Das Ziel dieser 3D-Bewegungsanalyse war vor allem das Bestimmen von Winkelverläufen im Knie- und Hüftgelenk. Ferner können aus dem hinterlegten Modell der Körperschwerpunkt (KSP) berechnet und sein räumlicher Verlauf oder Geschwindigkeit betrachtet werden. Es wurden folgende biomechanische Parameter während des Absprungs berechnet:

- › Anlaufgeschwindigkeit [km/h]
- › Maximale vertikale Absprunggeschwindigkeit ( $v_{TO}$ ) [m/s]
- › Maximale Knieextensionsgeschwindigkeit ( $v_{knee}$ ) und Hüftextensionsgeschwindigkeit ( $v_{hip}$ ) [ $^{\circ}$ /s]
- › Knie-Hüft-Synchronität (KH-Sync): gibt Aufschluss über das Timing der Öffnung im Knie- und Hüftgelenk beim Absprung. Je höher dieser Wert ist, desto größer ist die Differenz der normierten Winkelverläufe des Knie- und Hüftgelenks, was eine asynchrone Knie- und Hüftextension impliziert.
- › Vorlage [cm]: beschreibt den Abstand des KSP zum Mittelpunkt zwischen Fußgelenkszentren des Springers in Bewegungsrichtung

- › Vorwärtsgerichteter Drehimpuls [Nms]
- › Valgus Index (VI): gibt Aufschluss über die Stellung der Beinachsen des Skispringers bei dessen Absprung (Pauli et al., 2016). Ein  $VI < 0$  bedeutet einen Knievalgus, ein  $VI > 0$  einen Knievarus.

### 2.4 Statistik

Die Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mittels der Statistiksoftware SPSS Statistics 22 (IBM, Armonk, NY, USA). Bei allen statistischen Analysen ist jeweils die Wahrscheinlichkeit  $p$  für Gleichheit der Mittelwerte angegeben. Hierbei wurde die Signifikanzgrenze  $\alpha$  auf 5 % festgelegt ( $p < .05$ ). Über eine Korrelationsanalyse nach Bravais-Pearson wird der Zusammenhang der erhobenen biomechanischen Parameter mit der Sprungweite untersucht. Um Unterschiede zwischen den Ausprägungen der biomechanischen Parameter zwischen der Schanze und den Imitationssprüngen zu untersuchen, wird ein mixed-effects model verwendet. Zeigt der F-Test einen Haupteffekt, wird über einen Bonferroni-Post-hoc Test geklärt, zwischen welchen Faktorstufen (Imitationssprüngen) Unterschiede bestehen.

## 3 Ergebnisse

In Tab. 2 sind die Ergebnisse der Korrelationsanalyse aufgezeigt. Es zeigt sich, dass ein statistisch bedeutender Zusammenhang zwischen der Sprungweite des Skispringers und seiner bei dem entsprechenden Sprung auftretenden Absprunggeschwindigkeit vorliegt ( $r = .31$ ;  $p < .05$ ). Der Zusammenhang ist in Abb. 2 dargestellt.

Tab. 2: Ergebnisse der Korrelationsanalyse

	r	p	n
Anlaufgeschwindigkeit	.11	.188	62
$v_{TO}$	.31*	.006	66
$v_{knee}$	.03	.403	63
$v_{hip}$	-.14	.147	59
KH-Sync	.08	.262	62
Vorlage	.01	.457	63
Drehimpuls	.05	.377	45
VI	.01	.457	64

\*  $p < .05$

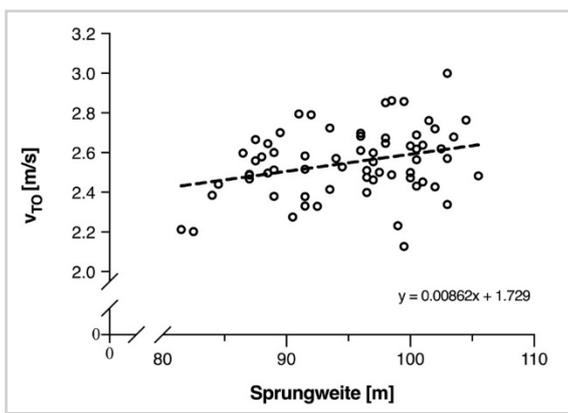


Abb. 2: Darstellung des Zusammenhangs zwischen Sprungweite und Absprunggeschwindigkeit

Durch den Vergleich hinsichtlich der biomechanischen Parameter zwischen den Imitations-sprüngen und den Sprüngen auf der Schanze kann der Einfluss der Imitationsform auf den Parameter beleuchtet werden. Sogleich ergibt der Vergleich zur Schanze Aufschluss darüber, welche Imitationsformen sich in Bezug auf den entsprechenden Parameter nicht von der Schanze unterscheiden. Der Vergleich umfasst nur diejenigen Skispringer, die sowohl an der Schanze als auch im Labor gemessen wurden.

Es zeigt sich, dass die Imitationsbedingung einen Einfluss auf die  $v_{TO}$  hat ( $F[2.714, 17.19] = 36.10, p < .001$ ). Die post-hoc Analyse zeigt, dass sich die  $v_{TO}$  auf der Schanze von der bei Imitations-sprüngen ohne Schuhe (Imi) ( $p = .003$ ), Imitations-sprüngen mit Schuhen (Imi\_S) ( $p < .001$ ), Imitations-sprüngen vom Rollwagen ohne Schuhe und ohne Trainer (SL) ( $p = .003$ ), Imitati-

onssprüngen vom Rollwagen ohne Schuhe und mit Trainer (SL\_T) ( $p = .004$ ), Imitations-sprüngen vom Rollwagen mit Schuhen und ohne Trainer (SL\_S) ( $p < .001$ ) als auch Imitations-sprüngen vom Rollwagen mit Schuhen und mit Trainer (SL\_T\_S) ( $p = .008$ ) unterscheidet (Abb. 3).

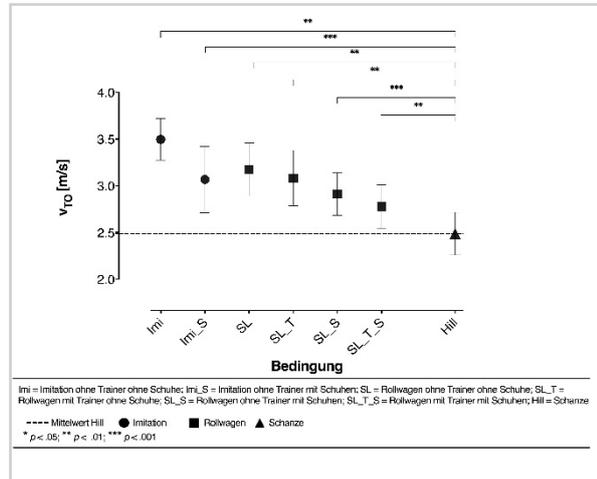


Abb. 3: Einfluss der Imitationsbedingung auf die  $v_{TO}$

Einen Haupteffekt zeigt die Imitationsform u. a. auch auf den vom Springer im Verlauf des Absprungs generierten Drehimpuls ( $F[2.897, 18.35] = 18.26, p < .001$ ). Der post-hoc Test zeigt, dass sich der vom Springer auf der Schanze erzeugte Drehimpuls von dem bei Imi ( $p = .017$ ), Imi\_S ( $p < .001$ ) und SL\_S ( $p = .01$ ) unterscheidet (Abb. 4).

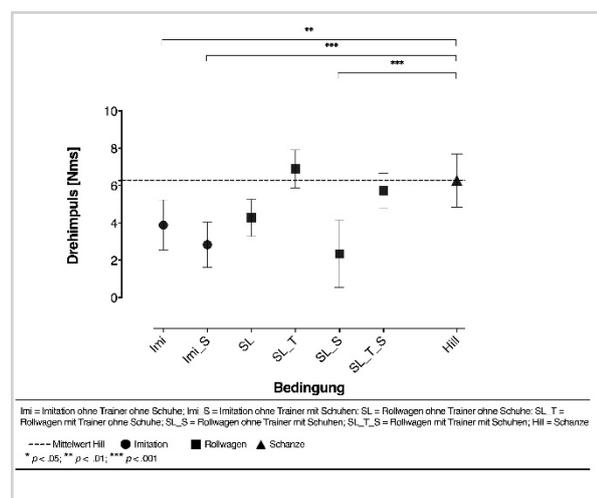


Abb. 4: Zusammenhang zwischen Imitationsform und Drehimpuls

## 4 Diskussion

In diese Untersuchung wurde ein Großteil der Parameter aufgenommen, die in früheren Studien in Zusammenhang mit der Sprungweite gebracht wurden, um erstmals über eine detaillierte 3D-Analyse auf der Schanze deren Relevanz für die Sprungweite zu verifizieren. Lediglich die  $v_{TO}$  steht in Zusammenhang mit der Sprungweite, was die in vorherigen Studien beschriebene hohe Relevanz dieses Parameters bestärkt (Pauli et al., 2016; Rasdal et al., 2017; Schwameder & Müller, 1995; Schwameder et al., 2005; Virnavirta et al., 2005; Vodičar & Jošt, 2010). Darüber hinaus kann dieses Ergebnis für die Trainingsgestaltung der Athleten eine wichtige Erkenntnis sein, da es die Explosivkraft des Springers als Kernkomponente identifiziert, die entsprechend trainiert werden kann. Gestützt wird das durch die Tatsache, dass eine Korrelation zwischen der  $v_{TO}$  und  $v_{knee}$  besteht ( $r = .5$ ;  $p > .001$ ). Die Knieextensoren beschleunigen den Körperschwerpunkt vertikal, um so die hohe  $v_{TO}$  realisieren zu können.

Die  $v_{TO}$  und das Erreichen eines vorwärtsgerichteten Drehimpulses können als Hauptaufgabe des Absprungs gesehen werden (Schwameder, 2008), weshalb diesen beiden Parametern im Training eine besondere Relevanz zukommt. Es kann ein kontinuierlicher Abfall der  $v_{TO}$  mit zunehmender Komplexität der Imitationsform beobachtet werden, wobei sich die  $v_{TO}$  der Schanze immer weiter annähert. Es bleiben jedoch stets statistisch signifikante Unterschiede bestehen. Dass die  $v_{TO}$  auf der Schanze unter der  $v_{TO}$  bei Imitationssprüngen im Labor liegt steht im Einklang mit bisherigen Untersuchungen in der Literatur (Vaverka et al., 1994). Es zeigt sich, dass die  $v_{TO}$  speziell mit dem Tragen von Skischuhen abnimmt, was unter anderem an der Limitation der Plantarflexion liegt (Komi & Virnavirta, 1996; Virnavirta & Komi, 2001). Da die  $v_{TO}$  der einzige Parameter ist, der in dieser Untersuchung eine Korrelation mit der Sprungweite aufwies, sollte ein primäres Augenmerk darauf liegen, diesen Parameter möglichst getreu der Schanze simulieren zu können, was nachweislich mit der komplexesten Imitationsform möglich wird.

Um einen vorwärtsgerichteten Drehimpuls zu erzeugen, muss der Körperschwerpunkt nach anterior verschoben werden, damit der Vektor der Bodenreaktionskraft dahinter ansetzen kann (Ettema, Bråten, & Bobbert, 2005). Der bei den Imitationssprüngen generierte Drehimpuls hat lediglich dann eine mit dem Absprung auf der Schanze übereinstimmende Ausprägung, wenn die Auffangunterstützung des Trainers in die Simulation miteinbezogen wird. Nur so kann der KSP ausreichend transferiert werden, um ähnlich hohe Drehimpulse zu erzeugen.

Grundsätzlich zeigt sich, dass die Imitationsform – mit Ausnahme der  $v_{hip}$  und des VI – auf alle Parameter einen Haupteffekt hat. Weiter kann mit Ausnahme der  $v_{TO}$  für alle Parameter eine Imitationsform identifiziert werden, die sich hinsichtlich der Ausprägung des Parameters nicht von der Schanze unterscheidet und damit adäquat trainiert werden kann. Weiter muss festgehalten werden, dass sechs der sieben untersuchten Parameter am besten über eine Imitationsform mit Skischuhen simuliert werden können. Dies unterstreicht die Notwendigkeit, Skischuhe zunehmend in die Trainingsroutine zu implementieren.

## 5 Literatur

- Arndt, A., Bruggemann, G. P., Virnavirta, M., & Komi, P. (1995). Techniques used by Olympic ski jumpers in the transition from takeoff to early flight. *Journal of applied biomechanics*, 11 (2), 224-237.
- Ettema, G. J., Bråten, S., & Bobbert, M. F. (2005). Dynamics of the in-run in ski jumping: A simulation study. *Journal of applied biomechanics*, 21 (3), 247-259. <https://doi.org/10.1123/jab.21.3.247>
- Ettema, G. J., Hooiveld, J., Braaten, S., & Bobbert, M. F. (2016). How do elite ski jumpers handle the dynamic conditions in imitation jumps? *Journal of sports sciences*, 34 (11), 1081-1087.
- Komi, P. V., & Virnavirta, M. (1996). Ski-jumping take-off performance: Determining factors and methodological advances. In E. Müller, H. Schwameder, E. Kornexl, & C. Raschner (Eds.), *Science and Skiing* (pp. 3-26). London: E & FN SPON.

- Lorenzetti, S., Ammann, F., Windmüller, S., Häberle, R., Müller, S., Gross, M., ... & Hübner, K. (2017). Conditioning exercises in ski jumping: biomechanical relationship of squat jumps, imitation jumps, and hill jumps. *Sports biomechanics*, 3141, 1-12. <https://doi.org/10.1080/14763141.2017.1383506>
- Pauli, C. A., Keller, M., Ammann, F., Hübner, K., Lindorfer, J., Taylor, W. R., & Lorenzetti, S. (2016). Kinematics and kinetics of squats, drop jumps and imitation jumps of ski jumpers. *Journal of strength and conditioning research*, 30 (3), 643-652.
- Rasdal, V., Fudel, R., Kocbach, J., Moen, F., Ettema, G., & Sandbakk, Ø. (2017). Association between laboratory capacities and world-cup performance in Nordic combined. *PLoS ONE*, 12 (6).
- Sandbakk, Ø., Rasdal, V., Bråten, S., Moen, F., & Ettema, G. (2016). How do world-class nordic combined athletes differ from specialized cross-country skiers and ski jumpers in sport-specific capacity and training characteristics? *International journal of sports physiology and performance*, 11 (7), 899-906.
- Schwameder, H. (2008). Biomechanics research in ski jumping - 1991-2006. *Sports biomechanics*, 7 (1), 114-136.
- Schwameder, H. & Müller, E. (1995). Biomechanische Beschreibung und Analyse der V- Technik im Skispringen. *Spectrum der Sportwissenschaften*, 1 (Mai 1995), 5-36.
- Schwameder, H., Müller, E., Lindenhofer, E., De Monte, G., Potthast, W., Brüggemann, G., ... & Komi, P. V. (2005). Kinematic characteristics of the early flight phase in ski-jumping. *Science and skiing III*, 381-391.
- Vaverka, F., Janura, M., Salinger, J., & Brichta, J. (1994). A comparison of the take-off measured under laboratory and jumping-hill conditions. *Journal of biomechanics*, 27 (6), 694.
- Virmavirta, M., & Komi, P. V. (2001). Ski jumping boots limit effective take-off in ski jumping. *Journal of sports sciences*, 19 (12), 961-968. <https://doi.org/10.1080/026404101317108462>
- Virmavirta, M., Isolehto, J., Komi, P., Brüggemann, G. P., Müller, E., & Schwameder, H. (2005). Characteristics of the early flight phase in the Olympic ski jumping competition. *Journal of biomechanics*, 38 (11), 2157-2163. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.10.004>
- Virmavirta, M., Isolehto, J., Komi, P., Schwameder, H., Pigozzi, F., & Massazza, G. (2009). Take-off analysis of the Olympic ski jumping competition (HS-106 m). *Journal of biomechanics*, 42 (8), 1095-1101.
- Virmavirta, M., Kivekäs, J., & Komi, P. V. (2001). Take-off aerodynamics in ski jumping. *Journal of biomechanics*, 34 (4), 465-470. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(00\)00218-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0021-9290(00)00218-9)
- Virmavirta, M., & Komi, P. V. (2001). Plantar pressure and EMG activity of simulated and actual ski jumping take-off. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*, 11 (5), 310-314.
- Vodičar, J., & Jošt, B. (2010). The factor structure of chosen kinematic characteristics of take-off in ski jumping. *Journal of human kinetics*, 23 (1), 37-45. <https://doi.org/10.2478/v10078-010-0005-6>
- Vodičar, J., & Jošt, B. (2011). The Relationship Between Selected Kinematic Parameters and Length of Jumps of the Ski-Flying Competition. *Kinesiology*, 43 (1), 74-81.

# Vergleichbarkeitsanalyse der technischen Bewegungsabläufe im Langlauf auf dem Laufband mit der Lauftechnik auf Skirollern im Gelände

(AZ 072034/16-17)

Ansgar Schwirtz

Technische Universität München

## 1 Einleitung

Großraumlaufbänder sind ein fester Bestandteil in der Betreuung von Skilanglauf- oder Biathlon-Spitzensportlern bzw. -sportlerinnen. Neben dem Einsatz in der physiologischen Leistungsdiagnostik, werden auch zunehmend technikspezifische Maßnahmen auf Basis von subjektiven sowie videobasierten Analysen durchgeführt. Eine Frage, die sich durch den steigenden Einsatz von Großraumlaufbändern ergibt, ist, ob erworbene technische Fertigkeiten vom Laufband direkt auf das Laufen im Feld übertragbar sind.

Mechanisch lässt sich der Unterschied sehr leicht daran festmachen, dass bei einer Bewegung auf dem Laufband der Boden nicht fixiert ist, sondern unter den Füßen weggezogen wird. Demgegenüber ist bei einer natürlichen Fortbewegung der Boden fixiert und es muss ein aktiver Vortrieb erzeugt werden. Daraus abgeleitet lassen sich Fragen und Problemstellungen zum direkten Übertrag von Bewegungsparametern und Lauftechnikbewertung hinterfragen.

In der wissenschaftlichen Literatur, welche sich mit Biathlon oder Skilanglauf beschäftigt, überwiegen Messungen auf dem Großlaufband (Sandbakk, Leirdal, & Ettema, 2015; Stöggli & Holmberg, 2015). Dies ist hauptsächlich damit zu begründen, dass Indoor-Messungen ein hohes Maß an Standardisierung mit sich bringen. Durch eine Evaluierung zwischen der Lauftechnik auf dem Laufband und einer Feldmessung, soll ein Wissenstransfer auf Trainer und Athleten als finales Ziel erfolgen.

## 2 Methoden

### 2.1 Athleteninnen und Athleten

Von den ursprünglich anvisierten 15 Probanden bestehend aus Damen und Herren aus den Sportarten Biathlon sowie Langlauf nahmen schlussendlich 36 Athleten (♂19, ♀17) an den Indoor-Messungen teil. Das Teilnehmerfeld bestand aus Hochleistungssportlern (u. a. Olympiasieger) und reichte bis hin zu hoffnungsvollen Nachwuchstalenten.

An den Outdoormessungen (Abb.2) konnte trotz erheblicher zeitlicher Präsenz von insgesamt drei Wochen (KW 22, KW 26, KW 31) nur ein Athlet vermessen werden. Der Grund hierfür lag in der Unbeständigkeit des Wetters und der empfindlichen Messtechnik. Auf Grund von Lehrgangsplanung und Trainingsschwerpunkten, war es zudem nicht möglich, weitere Termine für Messungen zu finden.

### 2.2 Protokoll

Vor der Indoor- sowie Outdoormessung wurden die Athleten und Athletinnen mit dem verwendeten Messequipment ausgestattet und führten ein kurzes Aufwärmen auf dem Laufband oder der Rollerstrecke durch. Insgesamt wurden zwei verschiedene Technikvarianten der Skatingtechnik gelaufen und in diesem Bericht auf die 1:1 Technik (ein Stockeinsatz auf jeden Beinabstoß) reduziert.

**Indoor:** Bei der 1:1 Technik hatte das Laufband eine Steigung von 6 %. Die Geschwindigkeit bei den weiblichen Teilnehmern betrug 5 m/s, währenddessen die Männer mit 6 m/s liefen. Die Teiltechnik wurde etwa 5 Minuten am Stück

gelaufen, wobei in diesem Zeitraum 2 Messungen mit mind. 10 vollständigen Zyklen aufgezeichnet wurden.

**Outdoor:** Für die Outdoormessung wurde ein 15 x 3m großes Teilstück auf der Rollerbahn mit 22 Infrarotkameras + 1 High-Speed Kamera (Vicon Motion Systems, UK) umstellt.

Parameter wurden auf das Körpergewicht normalisiert und werden als Mittelwert aus 10 aufeinander folgenden Zyklen dargestellt. Pearson Korrelationen dienen der Identifikation von Beziehungen zwischen den kinetischen und kinematischen Variablen ( $\alpha < 0.05$ ).



Abb. 1: Indoor (links) und Outdoor (rechts) Messung mit Überlagerung von Videobild und biomechanischer Modellierung auf Basis von 3d-Bewegungsanalyse (rote Kreise).

### 2.3 Messmethoden

Die Druckverteilung im Schuh wurden mittels Druckmesssohlen gemessen (100 Hz, Pedar, Novel GmbH, GER), welche die Ergebnisse direkt kabellos an den Computer sendeten (Indoor) oder auf einem Daten-Logger speicherten (Outdoor). Stockkräfte wurden auf einem Daten-Logger gespeichert (1600 Hz), welchen der Athlet in einer Hüfttasche trug. Zur Messung der 3D Kinematik wurden insgesamt 24 Infrarot-Kameras (Vicon Motion Systems, UK) eingesetzt (200 Hz), um auf Basis eines modifizierten Plugin Gait Marker models, die Bewegungen der Athleten und Athletinnen zu analysieren. Zusätzlich wurden jeweils 3 Marker auf den Skierollern sowie den Stöcken angebracht.

### 2.4 Messparameter und Statistik

Im Bereich der kinetischen Parameter für den Unter- und Oberkörper wurden der Impuls, die maximale Kraft und Kontaktzeit berechnet. Die Teilkomponente der vertikalen Stockkraft und vortriebswirksame Kraft wurde aus der Kombination des Skistockwinkels relativ zur Ebene des Laufbandes unter Zuhilfenahme der kinematischen Daten berechnet. Alle kinetischen

## 3 Kinematische und kinetische Ergebnisse: Indoor 1:1 Technik

Der vortriebswirksame Anteil des Stocksches lag bei den Männern bei 53 % und bei den Frauen bei 50 %, und korrelierte negativ mit dem Einstechwinkel des Stocks (Frauen  $r = -0.62$ , Männer  $r = -0.82$ ,  $p < 0.05$ ). Die Zyklusdauer korrelierte in beiden Gruppen mit der Fußkontaktzeit (Männer  $r = 0.75$ , Frauen  $r = 0.79$ ,  $p < 0.05$ ) sowie der Stockkontaktzeit (Männer  $r = 0.80$ , Frauen  $r = 0.90$ ,  $p < 0.05$ ) auf. Bei den Frauen korrelierte zusätzlich der Bewegungsumfang von Sprunggelenk, Knie und Hüfte mit dem Impuls der vortriebswirksamen Kraft ( $F_{prop}$ ) ( $r = -0.60$ ,  $r = -0.64$ ,  $r = -0.62$ ,  $p < 0.05$ ) und dem  $F_{prop}$  Maximalwert ( $r = -0.60$ ,  $r = -0.74$ ,  $r = -0.66$ ,  $p < 0.05$ ). Die Gleitzeit korrelierte mit dem vortriebswirksamen Impuls bei beiden Geschlechtern (Frauen  $r = 0.61$ , Männer  $r = 0.55$ ,  $p < 0.05$ ). Es fanden sich keine Korrelationen zwischen den kinetischen Parametern von Ober- und Unterkörper, mit der Ausnahme des Abdruckimpulses und dem Maximalwert von  $F_{prop}$  bei den Männern ( $r = 0.62$ ,  $p < 0.05$ ).

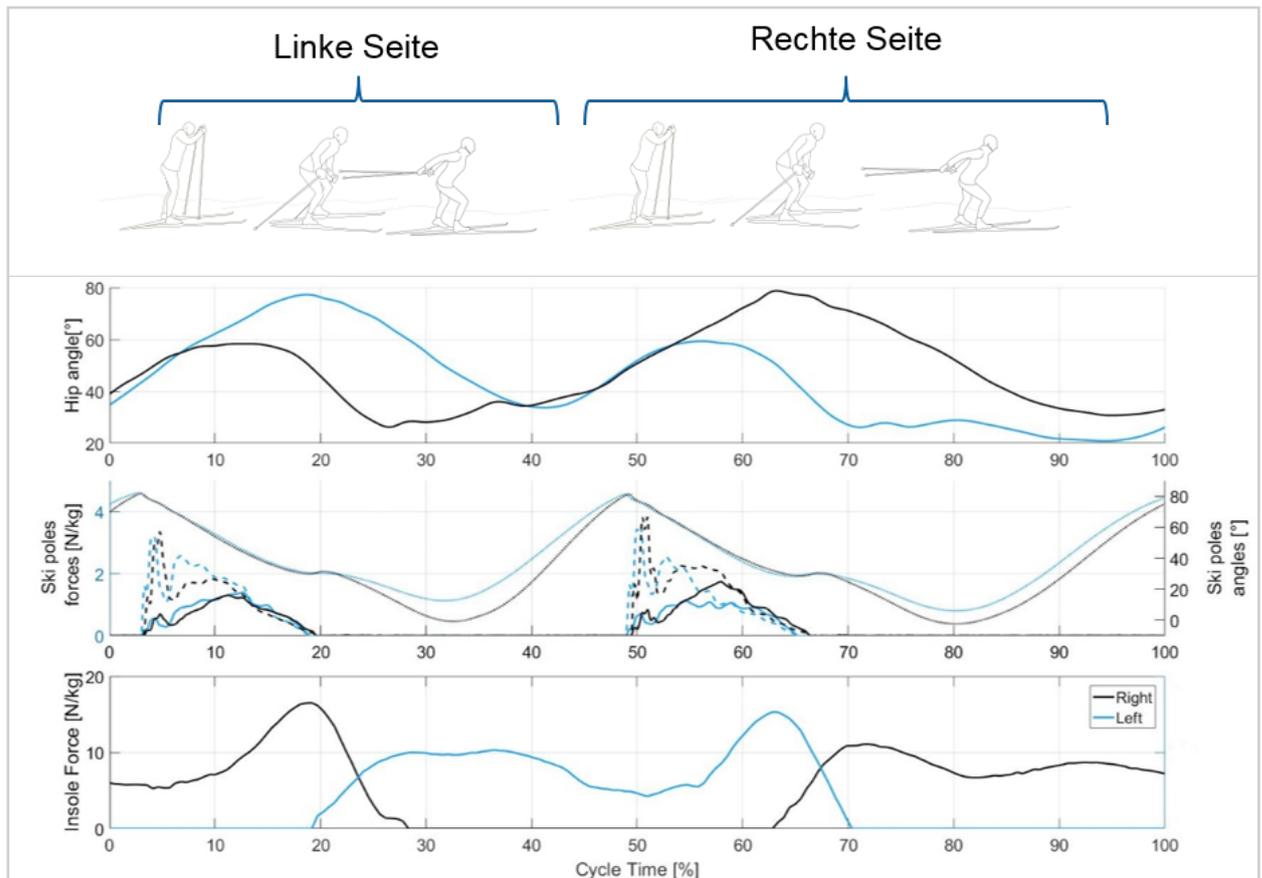


Abb. 2: Skating-Zyklus in der 1:1 Technik. Schwarz: Rechte Körperseite. Blau: Linke Körperseite. Oben: Hüftwinkel (Flexion–Extension). Mitte: Vertikale (gepunktete Linie) und vortriebswirksame Skistockkraft (durchgezogene Linie); Skistockwinkel in Sagittalebene (durchgezogene Linie, rechte Y-Achse). Unten: Kraft-Verlauf der aus Druckmesssohlen.

## 4 Diskussion

Indoormessungen wurden genutzt, um besser zu verstehen, wie kinematische und kinetische Parameter zusammenhängen und beispielsweise die Effektivität des Stockeinsatzes hinsichtlich der vortriebswirksamen Kräfte bei der 1:1 Technik beeinflussen. Die Ergebnisse zeigten bei einer Laufbandsteigung von 6 % eine Effektivität des Skistockeinsatzes von 52 % bei den Männern und 50 % bei den Frauen. Die Effektivität des Skistockeinsatzes korrelierte am höchsten mit dem dazugehörigen Winkel und der maximalen Stockkraft unabhängig vom Geschlecht. Folglich kann der vortriebswirksame Anteil der Stockkräfte durch die Verringerung des Winkels in der Sagittalebene gesteigert werden (Pellegrini, Bortolan, & Schena, 2011).

Stöggel und Holmberg (2015) konnten zeigen, dass eine Reduktion von Fuß und Stockkontakt-

zeit zu einer Erhöhung der vortriebswirksamen Kraft und Frequenz in der Technik 2:1 führt. Dies könnte auch bei der 1:1 Technik der Fall sein, da der Impuls der vortriebswirksamen Kraft sowie die Fuß- als auch Stockkontaktzeit mit Zyklusparametern wie z. B. der Gleitzeit korrelieren. Zusammenfassend konnte in dieser Studie gezeigt werden, dass eine der Haupteinflusskomponenten für die Effektivität des Skistockeinsatzes der Winkel zwischen dem Skistock und dem Untergrund ist. Eine gesteigerte Effektivität korreliert zusätzlich positiv mit der Gleitzeit der beteiligten Athleten und kann somit einen Beitrag für eine gesteigerte Laufökonomie leisten.

Auf Grund der Wetterbedingungen konnte nur ein Athlet Indoor sowie Outdoor vermessen werden. Daraus resultierend erfolgte eine deskriptive Gegenüberstellung der beiden Bedingungen anhand von ausgewählten Parametern in der 1:1 Technik. Dabei zeigten sich

hinsichtlich der kinematischen Ergebnisse nur marginale Unterschiede. Einzig der Bewegungsumfang der rechten Hüfte zeigte mit  $13,5^\circ$  Differenz eine größere Abweichung. Im Bereich des Sprunggelenks zeigten sich sowohl im minimalen als auch maximalen Winkel Differenzen von bis zu  $4,5^\circ$ . Folglich war die Plantarflexion (rechts) des Athleten größer im Vergleich von Indoor zu Outdoor, woraus sich schließlich auch die Unterschiede im Bewegungsumfang des Sprunggelenks (rechts) erklären. Im Bereich des Kniegelenks zeigte sich in der maximalen Kniestreckung rechts ein Unterschied von  $5^\circ$ . In Kombination mit einer reduzierten Abstoßzeit weist dies möglicherweise auf einen leicht dynamischeren Laufstil Outdoor hin. Im Bereich des Beinabstoßimpulses (Gleitbein-Aufsatz bis Ende Beinabdruck) zeigte sich ein Unterschied von  $133,9 \text{ N*s}$  (rechts). Eine mögliche Erklärung hierfür bietet die geringere Kontaktzeit von  $0,2 \text{ s}$  im Vergleich von Outdoor zu Indoor. Der alleinige Beinabdruckimpuls hingegen war Indoor und Outdoor ähnlich. Das Gleiche gilt für die Beinabdruckzeit.

Im Bereich des Skistocks war der aufgebrachte Impuls von der linken und rechten Seite nahezu identisch. Das gleiche gilt für die Kontaktzeit und Erholungszeit, sowie die Zyklusdauer und Frequenz. Somit herrscht eine große Vergleichbarkeit zwischen Indoor und Outdoor Stocktechnik. Lediglich die Maximalkraft war auf Rollern im Feld um bis zu  $83 \text{ N}$  höher als Indoor. Dies könnte zum einen an dem veränderteren Untergrund liegen (Teer vs. dämpfendem Laufbandbelag), aber auch das Resultat einer durch Training hervorgerufenen Verbesserung im Bereich der Stockkraft sein.

Aufgrund der Einzelfallanalyse lassen sich diese Ergebnisse der kinematischen und kinetischen Untersuchung jedoch nicht weiter interpretieren noch verallgemeinern.

## 5 Literatur

- Pellegrini, B., Bortolan, L., & Schena, F. (2011). Poling force analysis in diagonal stride at different grades in cross country skiers. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 21 (4), 589–597. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.01071.x>
- Sandbakk, Ø., Leirdal, S., & Ettema, G. (2015). The physiological and biomechanical differences between double poling and G3 skating in world class cross-country skiers. *European journal of applied physiology*, 115 (3), 483–487. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-3039-y>
- Stöggl, T., & Holmberg, H.-C. (2015). Three-dimensional Force and Kinematic Interactions in V1 Skating at High Speeds. *Medicine and science in sports and exercise*, 47 (6), 1232–1242. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000510>

# Durchführung und Evaluation eines isokinetischen Krafttrainings der Rumpfmotoren bei Spitzensportlern im Kanurensport

(AZ 072021/17-18)

*Olaf Prieske, Fridolin Zinke, Martijn Gäbler & Urs Granacher (Projektleitung)*

Universität Potsdam, Forschungsschwerpunkt Kognitionswissenschaften,  
Professur für Trainings- und Bewegungswissenschaft

## 1 Problem

Der Kanurensport ist eine Sportart, die u. a. durch Anforderungen an Ausdauer und Muskelkraft der Athleten charakterisiert wird (Fry & Morton, 1991). Bezüglich der Muskelkraft bedingt der sportartspezifische Bewegungsvollzug im Kanurensport (d. h. sitzende Position, gleichzeitige Rotation und Stabilisation des Rumpfes), dass die vortriebswirksamen Impulse primär aus den Muskelgruppen der oberen Extremitäten und des Rumpfes generiert werden (Fry & Morton, 1991). Insbesondere scheinen die beiden primären Funktionen der Rumpfmuskulatur (Stabilität und Krafttransfer) für den Leistungsvollzug im Kanurensport relevant zu sein (Kibler, Press, & Sciascia, 2006; Mann & Kearney, 1980). Somit wird im Kanurensport das Krafttraining im Allgemeinen und ein Rumpfkrafttraining im Speziellen als wichtige Trainingsmaßnahme zur Erschließung weiterer Leistungsreserven empfohlen (Fekete, 1998). Gemäß dem Prinzip der Trainingspezifität fallen Trainingsreize (z. B. im Krafttraining) besonders effektiv aus, wenn sich die Charakteristik des Trainings möglichst nahe an der eigentlichen Zielbewegung orientiert (Behm, 1995). In diesem Zusammenhang könnten Athleten aus dem Kanurensport im besonderen Maße von einem isokinetischen (Rumpf-)Krafttraining profitieren, da Widerstandsverläufe von Bewegungen im Wasser und von isokinetischen Übungen gewisse Ähnlichkeiten aufweisen. Vor diesem Hintergrund bestand das primäre Ziel

des vorliegenden Service-Forschungsprojekts in der Überprüfung der Wirksamkeit eines zusätzlichen isokinetischen Krafttrainings der Rumpfmuskulatur (additiv zum sportartspezifischen/athletischen Training) auf die maximale isokinetische Rumpfkraft, auf die Rumpfkraftausdauer, auf Parameter der Körperzusammensetzung und auf Parameter der sportartspezifischen Leistung von Spitzenathleten im Kanurensport. Mit Bezug zur Literatur wurde angenommen (Kibler, Press, & Sciascia, 2006; Mann & Kearney, 1980), dass das isokinetische Rumpfkrafttraining zusätzlich zum regulären Training zu Steigerungen der maximalen isokinetischen Rumpfkraft und der fettfreien Körpermasse führt.

## 2 Methode

### 2.1 Untersuchungsablauf

Für das vorliegende Service-Forschungsprojekt wurde eine Längsschnittstudie im nicht-kontrollierten Messwiederholungsdesign (d. h. eine Interventionsgruppe mit Ein- und Ausgangstest) durchgeführt. Die Interventionsgruppe führte ein achtwöchiges, isokinetisches Rumpfkrafttraining durch. Ein- und Ausgangstests (Oktober bzw. Dezember 2017) beinhalteten die Erfassung der Anthropometrie, Körperzusammensetzung, der maximalen Rumpfkraft und Rumpfkraftausdauer umfasste. Zusätzlich absolvierte eine Subgruppe (N = 7) zum Zeitpunkt des Eingangstests einen Stufentest in der Gegenströmanlage.

## 2.2 Probanden

An der Untersuchung nahmen insgesamt neun Nachwuchs- und Spitzenathleten (Olympiakader: N = 2; Perspektivkader: N = 5; Nachwuchskader: N = 2) der Sportart Kanurennsport der Standorte Potsdam (Olympiastützpunkt [OSP] Brandenburg) und Leipzig (Institut für Angewandte Trainingswissenschaft [IAT] Leipzig) teil (3 weiblich/6 männlich; Alter:  $25,6 \pm 3,3$  Jahre; Körperhöhe:  $187,5 \pm 8,1$  cm; Masse:  $82,9 \pm 9,3$  kg). Die Athleten starteten bei internationalen Wettkämpfen und Olympischen Spielen (4 x Weltmeister, 3 x Olympiasieger).

## 2.3 Isokinetisches Rumpfkrafttraining

Das isokinetische Training fand in der Vorbereitungsperiode (Oktober 2017 bis Dezember 2017) des Deutschen Kanuverbandes (DKV) statt und erweiterte den Block des allgemeinen Krafttrainings. Das Training erfolgte mit Hilfe eines isokinetischen Mess- und Trainingssystems (Isomed 2000, D&R Ferstl GmbH, Hemau). Für das Training und die Erfassung der maximalen Rumpfkraft kam ein spezielles Rumpffrotationsmodul des Isokineten zum Einsatz. Das isokinetische Training wurde in dem achtwöchigen Interventionszeitraum progressiv und periodisiert (6 Wochen Hypertrophie, 2 Wochen Schnellkraft [Sportartspezifik]) mit 2-3 Trainingseinheiten pro Woche (insgesamt 22 Trainingseinheiten) und einer Dauer von 20-30 Minuten pro Einheit durchgeführt (siehe Tab. 1).

In Rahmen des Trainingsmonitorings wurden sowohl die externale (Muskelspannungsdauer [Belastung]) als auch die interne Trainingslast (Anstrengungsempfinden am Ende einer Trainingseinheit mittels OMNI-Skala [Beanspruchung]) aufgezeichnet. Zur Ermittlung der Gesamttrainingslast wurde das Produkt aus externaler und interner Trainingslast berücksichtigt (McFarland & Bird, 2014) und für die Steuerung des Krafttrainings herangezogen.

## 2.4 Erfassung der Anthropometrie und Körperzusammensetzung

Die Körperhöhe wurde mittels Stadiometer (Seca, Hamburg, Deutschland) erfasst. Die Bestimmung der Körperzusammensetzung erfolgte mittel bioelektrischer Impedanzanalyse (Inbody 720; Biospace, Urbandale, Iowa, USA). Die resultierenden Parameter geben Auskunft über das Ausmaß und die Verteilung der Muskel-, Mager- und Fettmasse für den gesamten Körper und getrennt für die Extremitäten und den Rumpf (segmentale Analyse). Die Messungen wurden unter Berücksichtigung aktueller Standards (z. B. früh morgens, nüchtern, keine Zufuhr von Koffein unmittelbar vor der Messung/von Alkohol am Tag vor der Messung, etc.) absolviert. Aus organisatorischen Gründen konnte der Test der Körperzusammensetzung lediglich mit den Athleten in Potsdam durchgeführt werden (N = 6).

Tab. 1: Übersicht über die Trainingsparameter während der achtwöchigen Interventionsphase.

	Hypertrophie						Schnellkraft	
	1	2	3	4	5	6	7	8
Woche	1	2	3	4	5	6	7	8
Einheiten/Woche	2	2	3	3	3	3	3	3
Muskelaktionsform	konzentrisch-exzentrisch						konzentrisch	
Sätze	3	4	4	3	4	5	7	7
Wiederholungen	8	8	8	8	12	10	15	19
Satzpause [s]	60	60	60	60	60	60	90	90
Spannungsdauer [s/Woche]	474	568	710	523	682	740	404	488
Bewegungsgeschwindigkeit [°/s]	30	40	40	40	60	60	100	140

## 2.5 Erfassung der maximalen Rumpfkraft und Rumpfkraftausdauer

Die maximale Rumpfkraft wurde mit Hilfe des Isokineten erfasst. Hierbei wurden die physikalische Arbeit und das maximale Drehmoment der Rumpfmotoren im links-rechts Vergleich analysiert. Für die Kraftdiagnostik wurden in beiden Bewegungsrichtungen (links und rechts) sowohl langsame als auch schnelle Bewegungsgeschwindigkeiten (konzentrisch: 30 bzw. 140°/s; exzentrisch: 30 bzw. 90°/s) getestet. Für jede Geschwindigkeit, Bewegungsrichtung und Muskelaktionsform wurde der Versuch mit dem größten maximalen Drehmoment aus 3 Wiederholungen herangezogen.

Zur Bestimmung der Rumpfkraftausdauer wurde ein Rumpfkraftausdauerstest für die ventrale Muskelkette durchgeführt (Bourban, Hübner, Tschopp, & Marti, 2001). Die Athleten befanden sich hierbei im gestreckten Unterarmstütz mit den Oberarmen vertikal und den Unterarmen parallel. Der Scheitel und die hinteren, oberen Darmbeinstachel hielten Kontakt zu einem Polster bzw. der Querstange eines speziellen Standardisierungsgeräts. Die Testaufgabe bestand in dem wechselseitigen Anheben der gestreckten Beine (ca. 2-5 cm) im Ein-Sekunden-Rhythmus. Ging der Kontakt zu dem Polster oder Standardisierungsgerät verloren, wurden Verwarnungen ausgesprochen. Bei der dritten Verwarnung wurde der Test abgebrochen und die Zeit als finaler Messwert vermerkt.

## 2.6 Erfassung der sportartspezifischen Leistung

Im Rahmen der komplexen Leistungsdiagnostik des DKV wurde ein Stufentest in der Kanu-Gegenstromanlage am OSP Brandenburg (Standort Potsdam) durchgeführt. Die Athleten absolvierten über mehrere Geschwindigkeitsstufen 1.000-m-Wasserfahrten unter Laborbedingungen (Stufe 1: 3,2 m/s; Steigerung: 0,2 m/s; Pause: 6 min). Es wurden kinematische (z. B. Zykluszeit), kinetische (z. B. Schlagvortrieb, Paddelkraftniveau, Paddelzugkraftmaximum) und physiologische Messparameter (Laktatkonzentration, Herzfrequenz) erhoben. Analysiert wurde lediglich das maximale Paddelkraftniveau bei der Stufe 2.

## 2.7 Statistische Verfahren

Alle Ergebnisse wurden als Mittelwerte und Standardabweichungen (SD) angegeben. Die Testdaten wurden mittels Shapiro-Wilk Test auf Normalverteilung geprüft und in Verbindung mit einer visuellen Inspektion der Histogramme hinsichtlich einer unimodalen Verteilung als normalverteilt befunden. Für die Überprüfung von Mittelwertunterschieden wurde eine Varianzanalyse mit Messwiederholung auf den Faktor Zeit gerechnet. Darüber hinaus wurden Effektgrößen (Cohen's d) berechnet und wie folgt interpretiert: klein ( $d < 0,5$ ), mittel ( $0,5 \leq d < 0,8$ ), groß ( $0,8 \leq d$ ) (Cohen, 1988). Die statistische Analyse erfolgte mit dem Programmpaket Statistical Package for Social Sciences (Version 25.0). Der Zusammenhang zwischen sportartspezifischer Leistung und maximaler Rumpfkraft zum Eingangstest erfolgte mittels bivariater Korrelationsanalyse nach Pearson. Korrelationskoeffizienten wurden in klein ( $0 \leq r \leq 0,69$ ), mittel ( $0,7 \leq r \leq 0,89$ ) und hoch ( $r \leq 0,9$ ) eingeteilt (Vincent & Weir, 2012).

## 3 Ergebnisse

Das maximale Paddelkraftniveau in der Kanu-Gegenstromanlage zeigte zum Eingangstest eine signifikante und hohe Korrelation mit der isokinetischen Rumpfkraft bei 30°/s und 140°/s ( $0,886 \leq r \leq 0,920$ ;  $p \leq 0,008$ ). Die maximale isokinetische Rumpfkraft (konzentrisch) bei 30°/s und 140°/s erhöhte sich im Untersuchungszeitraum signifikant bei Links- und/oder Rechtsrotation ( $\Delta 7-13$  %;  $p \leq 0,047$ ;  $0,4 \leq d \leq 0,7$ ; Abb. 1).

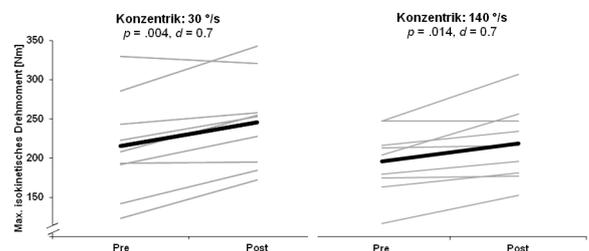


Abb. 1: Veränderungen vom Eingangs- zum Ausgangstest für die konzentrische, maximale isokinetische Rumpfmotivation nach links bei 30 und 140 °/s. Individuelle Werte sind in grau gekennzeichnet. Die schwarze Linie repräsentiert den Gruppenmittelwert.

Die Körperzusammensetzungsanalyse, die exzentrische, maximale isokinetische Rumpfkraft und der Rumpfkraftausdauerstest zeigten keine signifikanten Veränderungen vom Ein- zum Ausgangstest ( $d \leq 0,5$ ).

## 4 Diskussion

Im Rahmen des vorliegenden Service-Forschungsprojekts konnte gezeigt werden, dass sich die konzentrische, maximale isokinetische Rumpfkraft unabhängig von der Winkelgeschwindigkeit durch ein achtwöchiges, progressives und periodisiertes isokinetisches Rumpfkrafttraining zusätzlich zum regulären Training bei Spitzensportlern im Kanurennsport erhöhen lässt. Aufgrund des Fehlens einer (aktiven) Kontrollgruppe kann die isolierte Wirkung des isokinetischen Trainings jedoch nicht eindeutig abgeleitet werden. Trainingspraktische Empfehlungen auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse sind deshalb mit Vorsicht zu treffen. Im Gegensatz zu den konzentrischen Rumpfkrafttests haben sich die exzentrischen, isokinetischen Maximalkraftwerte nicht über die Zeit verändert. Dieses Ergebnis könnte auf die Spezifik des Trainings zurückgeführt werden. Tatsächlich wurde lediglich in der Hypertrophiephase mit exzentrischen Muskelaktionsformen trainiert. Während der Schnellkraftphase sowie im eigenständig durchgeführten Krafttraining (z. B. Langhantelrudern, Bankdrücken) lag der Fokus auf den konzentrischen Muskelaktionsformen.

Als ein weiteres Ergebnis zeigte sich ein hoher Zusammenhang zwischen dem (sportartspezifischen) maximalen Paddelkraftniveau in der Kanu-Gegenstromanlage und den (sport-

artunspezifischen) maximalen isokinetischen Rumpfkraften (konzentrisch) feststellen. Diese Ergebnisse gehen mit den bereits belegten mittleren Zusammenhängen von maximalen isokinetischen Drehmomenten während simulierter Paddelschläge mit Rumpfrotation (30-120°/s) und den Rennzeiten über die Strecken von 500 m bis 42 km einher ( $,46 \leq r \leq ,69$ ) (Fry & Morton, 1991). Darüber hinaus diskriminierten die maximalen isokinetischen Drehmomente während der Paddelschläge mit Rumpfrotation signifikant zwischen Kanuten mit höherem im Vergleich zu Kanuten mit geringerem Leistungsniveau (Kader- vs. Nicht-Kaderathleten) bei australischen Leistungskanuten (Fry & Morton, 1991). Auch in der vorliegenden Untersuchung wurden hohe Zusammenhänge zwischen der isokinetischen Rumpfkraft und Paddelschlägen bei 3,4 m/s bei Wasserfahrten in der Kanu-Gegenstromanlage gefunden. Im Vergleich zu Fry und Morton (1991) waren die Paddelschläge in dieser Untersuchung allerdings nicht simuliert.

Vor dem Hintergrund der Bedeutung der Rumpfkraft für den Leistungsvollzug im Kanurennsport (Fry & Morton, 1991; Kibler, Press, & Sciascia, 2006; Mann & Kearney, 1980) kann ein progressives und periodisiertes isokinetisches Rumpfkrafttraining in Verbindung mit dem sportartspezifischen Training eine wichtige Maßnahme zur Ausschöpfung von Leistungsreserven von Spitzenkanuten darstellen. In weiteren, methodisch-kontrollierten Untersuchungen gilt es, den Transfer der vorliegenden Ergebnisse auf die sportartspezifische Leistung zu bestätigen und zugrundeliegende Mechanismen zu eruieren.

## 5 Literatur

- Behm, D. G. (1995). Neuromuscular implications and applications of resistance training. *Journal of strength and conditioning research*, 9 (4), 264-274.
- Bourban, P., Hübner, K., Tschopp, M., & Marti, B. (2001). Grundkraftanforderungen im Spitzensport: Ergebnisse eines 3-teiligen Rumpfkrafttests. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 49 (2), 73-78.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale: Erlbaum.
- Fekete, M. (1998). Periodized strength training for sprint kayaking/canoeing. *Strength and conditioning journal*, 20 (6), 8-12.
- Fry, R. W., & Morton, A. R. (1991). Physiological and kinanthropometric attributes of elite flatwater kayakists. *Medicine and science in sports and exercise*, 23 (11), 1297-1301.
- Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports medicine*, 36 (3), 189-198.
- Mann, R. V., & Kearney, J. T. (1980). A biomechanical analysis of the Olympic-style flatwater kayak stroke. *Medicine and science in sports and exercise*, 12 (3), 183-188.
- McFarland, M., & Bird, S. P. (2014). A wellness monitoring tool for youth athletes. *Journal of Australian strength and conditioning*, 22 (6), 22-26.
- Vincent, W. J., & Weir, J. P. (2012). *Statistics in kinesiology* (4th ed). Champaign, IL: Human Kinetics.

### **Projektbezogene Veröffentlichung:**

- Zinke, F., Warnke, T., Gäbler, M. & Granacher, U. (2019). Effects of isokinetic training on trunk muscle fitness and body composition in world-class canoe sprinters. *Frontiers in physiology*, 10, 21.



# Kinematische Analyse des Sprintschrittes der Schwung-Zug-Technik und korrelative Beziehungen von Sprintleistung und vertikalen Sprüngen in verschiedenen Leistungsklassen

(AZ 072001/18)

Klaus Mattes (Projektleitung), Stefanie Wolff & Martin Reischmann

Universität Hamburg, Arbeitsbereich Bewegungs- und Trainingswissenschaft

## 1 Problem

Die maximale Sprintgeschwindigkeit und deren kinematischen Schrittmerkmale wurden im Serviceprojekt 2017 auf der Grundlage eines eigens entwickelten Technikmodells zum ziehenden Sprinten in verschiedenen Stichproben von weiblichen und männlichen Nachwuchs- und Topsprintern untersucht (Mattes, Manzer & Buckwitz, 2016). Für Sprinter konnten Ergebnisse zum Zusammenhang zwischen der Sprintgeschwindigkeit im Bereich von  $>10,0$  bis  $11,3$  m/s und den kinematischen Merkmalen der Sprinttechnik ermittelt werden (Mattes & Manzer, 2017). Auf diesem Leistungsniveau stellten sich eine große Schrittlänge und kurze Bodenkontaktzeit ( $< 100$  ms) als sprintentscheidende Faktoren heraus und bestätigten frühere Befunde (Cunha, Alves & Veloso, 2002; Mackala, 2007). Beide Einflussgrößen und damit auch die maximale Sprintgeschwindigkeit können durch verschiedene kinematische Merkmale der Schwung-Zug-Technik angesteuert werden.

Die vertikale Stiffness und die Reaktivkraft im kurzen und langen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ, Counter Movement Jump (CMJ) und Drop Jump (DJ)) beeinflussen die maxi-

male Sprintgeschwindigkeit und deren kinematischen Schrittmerkmale. Jedoch liegen inkonsistente Befunde zum Zusammenhang von vertikaler Stiffness, CMJ und DJ sowie der Sprintgeschwindigkeit vor (Loturco et al., 2015; Markström & Olsson, 2013; Bissas & Havenetidis, 2008; Mero 1985; Bret et al., 2002).

Im Serviceprojekt 2018 wurden die kinematischen Analysen zur Sprinttechnik weitergeführt (Mattes & Wolff, 2018). Dabei lag ein Schwerpunkt in der Untersuchung des Zusammenhangs zwischen den kinematischen Schrittmerkmalen und den verschiedenen Merkmalen der vertikalen Sprünge.

## 2 Methode

Die Felduntersuchungen erfolgten mit Sprinterinnen und Sprintern des DLV und des Hamburger Leichtathletik Verbandes (D-Kaderathleten) in der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung im Sommer (Juli 2018) sowie in der Vorbereitungsperiode im Frühjahr und Herbst/Winter. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden durch die verantwortlichen Bundestrainer bzw. Landestrainer benannt (Tab. 1).

Tab. 1 Untersuchungsstichproben 2018

Kaderstatus	Messtermin	Anzahl	Alter [Jahre]	Körpermasse [kg]	Körperhöhe [m]
Hamburger D-Kader männlich	Jan. 2018	13	16,3 ± 1,3	70,7 ± 6,3	1,82 ± 0,07
Hamburger D-Kader weiblich	Jan. 2018	13	16,2 ± 1,6	57,1 ± 7,4	1,7 ± 0,07
Hamburger D-Kader männlich	April 2018	6	17,4 ± 1,6	71,6 ± 8,8	1,84 ± 0,06
Hamburger D-Kader weiblich	April 2018	6	16,0 ± 0,8	58,5 ± 4,6	1,69 ± 0,06
C Kader Junioren Kurz-/Langsprint	Juli 2018	12	18,5 ± 0,8	75,7 ± 9,1	1,87 ± 0,05
C Kader Junioren Kurz-/Langsprint	Jan. 2018	13	17,5 ± 1,1	72,8 ± 8,7	1,84 ± 0,08

Nach Erhebung der anthropometrischen Daten (Körperhöhe, -masse, Beinlänge) und einer allgemeinen Erwärmung mit Laufschuhen erfolgten die spezifische Sprinterwärmung mit Spikes und der Sprinttest als fliegender Sprint über die Distanz von 30 m.

Die Hamburger D-Kaderathletinnen und -athleten absolvierten ebenfalls einen fliegenden Sprint über die Distanz von 30 m innerhalb einer fest installierten 50-m-OptojumpNext-Anlage in der Hamburger Leichtathletikhalle (Abb. 1).



Abb. 1. OptojumpNext Messgerät mit einer Länge von 50 m

Nach dem Sprinttest absolvierten die Athleten einen Hopping-Test zur Bestimmung der vertikalen Stiffness. Im Test führten die Probanden vertikale Rebound Sprünge über 12 s mit einer Sprungfrequenz von 2,2 Hz (Metronom) durch. Bei Einhaltung der Sprungfrequenz mussten eine minimale Bodenkontaktzeit und eine maximale Sprunghöhe ohne Durchschlagen der Ferse aus dem Sprunggelenk heraus realisiert werden. Die Hände befanden sich an der Hüfte, um eine Schwungbewegung der Arme zu verhindern. Die Sprünge wurden barfuß auf

Tartanbelag absolviert, um den dämpfenden Einfluss des Schuhwerks und der Oberfläche zu kontrollieren. Zur Gewöhnung führten alle Athleten ein bis zwei Probeversuche aus. Zwischen dem ersten und zweiten Test lag eine Pause von mindestens 5 min. In die Auswertung gingen jeweils 20 Sprünge ein. Der Test war gültig, wenn der Mittelwert der Hoppingfrequenz im Bereich von  $2,2 \pm 0,044$  Hz (2,156 bis 2,244 Hz) lag.

Im Anschluss erfolgten jeweils drei CMJs und drei DJs mit einer Pause von jeweils 1 min. Die Arme durften bei der Durchführung des CMJ als Schwungelement eingesetzt werden. Das Ziel des CMJ war eine maximale Sprunghöhe. Aus den drei Sprüngen wurde der Beste anhand der Sprunghöhe ausgewählt. Der DJ wurde aus einer Höhe von 30 cm mit den Händen in der Hüfte durchgeführt. Dabei sollte eine möglichst kurze Bodenkontaktzeit und eine große Sprunghöhe erzielt werden. In die Auswertung ging wiederum der beste Sprung ein. Die Auswahl erfolgte anhand eines großen Reactive Strength Index ( $RSI = h/tk$ ).

Eine Videokamera (Photonfocus AG, Schweiz) zeichnete die Sprints mit 200 Hz und einer Bildauflösung von 1760 x 448 Pixel auf. Aus dem Video wurden die kinematischen Schrittmerkmale (Schrittfrequenz, Schrittlänge, Bodenkontaktzeit, Flugzeit) ermittelt. Eine Dreifach-Lichtschranke (Wilhelm Köster, Ditzingen) registrierte die Zeit für das 30-m-Sprintintervall. Die kinematische Auswertung erfolgte mit Vicon motus (10.1, Vicon Motion Systems, UK/USA).

Die Erfassung und Auswertung der kinematischen Kennwerte der Hamburger D-Kaderathletinnen und -athleten erfolgten mit OptojumpNext (Microgate, Italien). Die Infrarotlichtschranken befanden sich ca. 5 mm über dem Boden. Die räumliche Auflösung des Messgerät-

tes betrug 1 cm und die Messfrequenz 1000 Hz. Die Sprunghöhe der vertikalen Sprünge wurde aus der Flugzeit berechnet (Tab. 2). Für den Hopping-Test wurden nach dem Feder-Masse-Modell (Taylor, 2012) aus den Messwerten (Flugzeit und Kontaktzeit) sowie der individuellen Körpermasse die vertikale Stiffness und weitere Kennwerte berechnet. Die Zusammenhangsanalyse erfolgte mittels Pearson-Korrelation, wobei ein Korrelationskoeffizient von  $> 0,39$  als signifikant eingestuft wurde.

### 3 Ergebnisse

Die Korrelationsanalyse inkludierte die Daten der männlichen Stichproben (JKB und HHDm,  $N = 26$ , Januar 2018) (Tab. 2).

Tab. 3 (siehe Seite 4) zeigt die Korrelationskoeffizienten der Beziehungen zwischen den kinematischen Daten und den Ergebnissen der vertikalen Sprungtests.

### 4 Diskussion

Mittels Korrelationsanalyse wurden die Beziehungen zwischen den kinematischen Schrittmerkmalen (Schrittfrequenz, Schrittlänge, Bodenkontaktzeit, Flugzeit), der Schwung-Zug-Technik und den Kennwerten der Sprungtests

bestimmt. Die Analyse umfasste eine Stichprobe von Juniorenkaderathleten (Junioren Bundeskaderathleten und Hamburger D-Kaderathleten,  $N = 26$ ), um einerseits eine homogene Stichprobe und andererseits ein hohes Leistungsniveau abzudecken. Die Sprintgeschwindigkeit über die fliegenden 30 m der Stichprobe variierte von 8,49 bis 10,50 m/s. Zudem ist für die Interpretation der Korrelationsergebnisse zu berücksichtigen, dass die Testdaten zum gleichen Messzeitpunkt im Trainingsjahr (Januar 2018) erhoben wurden. Die Analyseergebnisse gelten zunächst nur für diesen Zeitraum in Trainingsjahr. Die Ergebnisse bestätigen drei Kernaussagen:

- Sprinter mit hohem Reaktivkraft-Index aus dem DJ erreichen eine höhere maximale Sprintgeschwindigkeit und eine kürzere Bodenkontaktzeit.
- Sprinter mit hoher vertikalen Stiffness erzielen bei maximaler Sprintgeschwindigkeit eine kürzere Bodenkontaktzeit.
- Sprinter mit großer Sprunghöhe im CMJ realisieren bei maximaler Sprintgeschwindigkeit eine größere Schrittlänge (Mattes et al., 2018).

Tab. 2. Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung, Minimum und Maximum der Kennwerte der Sprung- und Sprinttests,  $N = 26$

Test	Kennwert	MW $\pm$ SD	Minimum	Maximum
Sprint	Sprintgeschwindigkeit [m/s]	9,76 $\pm$ 0,5	8,49	10,50
	Bodenkontaktzeit [ms]	107 $\pm$ 12	85	128
	Flugzeit [ms]	124 $\pm$ 8	108	143
	Schrittlänge [m]	2,25 $\pm$ 0,09	2,12	2,42
	Schrittfrequenz [Hz]	4,36 $\pm$ 0,26	3,95	4,88
Hopping	vertikale Stiffness [kN/m]	19,56 $\pm$ 6,01	7,36	30,81
	Bodenkontaktzeit [ms]	174 $\pm$ 31	137	253
	Flugzeit [ms]	281 $\pm$ 30	201	312
	Sprunghöhe [cm]	9,8 $\pm$ 1,9	5	12
	Reactive Strength Index [m/s]	0,6 $\pm$ 0,19	0,20	0,87
DJ	Reactive Strength Index [m/s]	2,3 $\pm$ 0,7	1,1	3,9
	Bodenkontaktzeit [ms]	160 $\pm$ 14	132	179
	Sprunghöhe [cm]	36,3 $\pm$ 9,9	18,3	53,6
CMJ	Sprunghöhe [cm]	53,2 $\pm$ 7,2	39,5	70,1

Tab. 3: Korrelationskoeffizienten ( $r$ ) zwischen der Sprintgeschwindigkeit ( $v$ ), den kinematischen Schrittmertkmalen Schrittlänge ( $s_L$ ), Schrittfrquenz ( $f$ ), Bodenkontaktzeit ( $t_K$ ), Flugzeit ( $t_F$ ) sowie der vertikalen Stiffness ( $K_{\text{vert}}$ ) aus dem Hopping-Test, dem Reactive Strength Index (RSI) und der Sprunghöhe ( $h$ ) aus dem DJ und CMJ,  $N = 26$

N = 26		Sprint					Hopping			DJ		
		$v$	$s_L$	$f$	$t_K$	$t_F$	$K_{\text{vert}}$	RSI	$t_K$	RSI	$t_K$	$h$
Sprint	$v$	1,00										
	$s_L$	0,28	1,00									
	$f$	0,61	-0,26	1,00								
	$t_K$	-0,79	0,10	-0,81	1,00							
	$t_F$	0,11	0,31	-0,51	-0,09	1,00						
Hopping	$K_{\text{vert}}$	0,63	-0,03	0,56	-0,72	0,09	1,00					
	RSI	0,53	-0,15	0,49	-0,66	0,13	0,93	1,00				
	$t_K$	-0,49	0,14	-0,47	0,62	-0,09	-0,93	-0,98	1,00			
DJ	RSI	0,68	0,19	0,51	-0,60	0,01	0,63	0,63	-0,61	1,00		
	$t_K$	-0,30	-0,05	-0,22	0,27	0,00	-0,47	-0,51	0,52	-0,60	1,00	
	$h$	0,72	0,20	0,54	-0,65	0,03	0,60	0,58	-0,57	0,95	-0,35	1,00
CMJ	$h$	0,73	0,43	0,46	-0,46	-0,13	0,41	0,37	-0,36	0,75	-0,40	0,72

Die korrelativen Beziehungen der Sprungdaten zur maximalen Sprintgeschwindigkeit und zur kurzen Bodenkontaktzeit beim Sprinten unterstreichen die Leistungsbedeutsamkeit der konditionellen Leistungsvoraussetzungen (vertikale Stiffness, Reaktivkraft im kurzen und langen DVZ). Da jedoch die Sprungdaten auch untereinander korrelierten, wird die Frage nach der Unabhängigkeit der einzelnen Tests und der geprüften konditionellen Fähigkeit akut. Dabei muss zunächst festgestellt werden, dass die sprintschnellen Athleten sowohl über eine hohe Reaktivkraft im langen und kurzen DVZ als auch eine hohe vertikale Stiffness als sprintspezifische konditionelle Leistungsvoraussetzungen

verfügen sollten. Um auf eine hohe maximale Sprintgeschwindigkeit zu schließen, können die Sprunghöhe aus dem DJ oder CMJ fungieren. Zur Prognose einer kurzen Bodenkontaktzeit im Sprinttest sollte demgegenüber die vertikale Stiffness aus dem Hopping-Test verwendet werden. Nur die Sprunghöhe aus dem CMJ stand in signifikanter Beziehung mit der Schrittlänge. Für eine detaillierte Analyse der Reaktivkraft von Sprintern scheinen beim gegenwärtigen Kenntnisstand alle drei Sprungtests unverzichtbar und sollten regelmäßig durchgeführt werden. Im Training müssen diese Leistungsvoraussetzungen angesteuert werden.

## 5 Literatur

- Bissas, A. I. & Havenetidis, K. (2008). The use of various strength-power tests as predictors of sprint running performance. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 48 (1), 49-54.
- Bret, C. R. A., Dufour, A., Messonnier, L. & Lacour, J. (2002). Leg strength and stiffness as ability factors in 100m sprint running. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 42 (3), 274-281.
- Cunha, L., Alves, F. & Veloso, A. (2002). The touch-down and take-off angles in different phases of 100 m sprint run. In *ISBS-Conference proceedings archive* (Vol. 1, No. 1 S. 527-530).
- Loturco, I., Pereira, L. A., Abad, C. C. C., D'angelo, R. A., Fernandes, V., Kitamura, K., ... & Nakamura, F. Y. (2015). Vertical and horizontal jump tests are strongly associated with competitive performance in 100-m dash events. *The journal of strength & conditioning research*, 29 (7), 1966-1971.
- Mackala, K. (2007). Optimisation of performance through kinematic analysis of the different phases of the 100 metres. *New studies in athletics*, 22 (2), 7-16.
- Markström, J. L. & Olsson, C. J. (2013). Counter-movement jump peak force relative to body weight and jump height as predictors for sprint running performances: (in) homogeneity of track and field athletes? *The journal of strength & conditioning research*, 27 (4), 944-953.
- Mattes, K. & Manzer, S. (2017). Was zeichnet schnelle Sprinter aus? *Leichtathletiktraining*, 12 (28), 18-24.
- Mattes, K. & Wolff, S. (2018). Vergleich der Sprinttechnik von schnellen Sprinterinnen? *Leichtathletiktraining*, 9 (18), 20-25.
- Mattes, K., Manzer, S. & Buckwitz, R. (2018). Überprüfung eines Modells zur „Schwung-Zug-Technik“ mit maximaler Sprintgeschwindigkeit. In K. Isermann, & P. Wastl (Hrsg.) *Leichtathletik in Training, Wettkampf und Ausbildung*, 12. Tagung der dvs-Kommission Leichtathletik (17.-18.06.16, Kassel, Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft), Czwalina.
- Mattes, K., Manzer, S., Ritthaler, V., Reischmann, M. & Buckwitz, R. (2018). Vertical stiffness jumps and sprint kinematic of well-trained youth female and male sprinters. *Biology of exercise*, 14 (2), 1-13.
- Mero, A. (1985). Relationships between the muscle fiber characteristics, sprinting and jumping of sprinters. *Biology of sport*, 2 (3), 155-162.
- Taylor, M. J. D. (2012). Spring Mass Characteristics of the Fastest Men on Earth. *International journal of sports medicine*, 33 (8), 667-670.



# Selbst-Coaching durch Performance Monitoring

## Entwicklung eines Tools zur Online-Evaluierung und Weiterentwicklung der mentalen Leistungserbringung

(AZ 072002/18)

Jürgen Beckmann (Projektleitung), Kai Engbert & Thomas Ritthaler

Technische Universität München

### 1 Problem

In den Jahren 2016 und 2017 wurde im Deutschen Skiverband (DSV) in den Disziplinen Ski Alpin und Biathlon gemeinsam das Service-Forschungsprojekt „Erfassung von Talentfaktoren im Nachwuchsleistungssport sowie die Evaluierung realisierter mentaler Leistung in der jeweiligen Wettkampfsituation“ (BISp-Förderkennzeichen: ZMV14-072001/16-17) realisiert.

Als Ergebnis dieses Projekts stand ein online auszufüllender Fragebogen, der „Performance Monitor“ (PM), mit dem Sportlerinnen und Sportler nach der Leistungserbringung bewerten können, wie gut sie mentale Prozesse wie Selbst-Vertrauen, Fokus, oder Emotionskontrolle im Wettkampf umgesetzt haben. Ausgehend von den positiven Erfahrungen mit dem Performance Monitor im Top-Bereich wurde im hier dargestellten Projekt der PM von einem prozessbegleitenden Evaluationsinstrument zu einem allgemeinen und flexiblen Online-Instrument mit integrierten Trainingsempfehlungen erweitert. Durch technische Anpassungen und inhaltliche Veränderungen kann der Performance Monitor nun auch unabhängig vom Sportpsychologen als Selbst-Coaching Instrument eigenständig eingesetzt werden.

### 2 Methode

Im vorliegenden Projekt wurde die bestehende Version des Performance Monitors angepasst und verändert, sodass der Performance Monitor von Sportlerinnen und Sportlern auch unabhängig vom Sportpsychologen eigenständig zum Selbst-Coaching eingesetzt werden kann.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurden (**Step 1**) die technischen Möglichkeiten zur Auswertung und

deren Rückmeldung so weiterentwickelt, dass eine online-Nutzung und automatische direkte Rückmeldung der Ergebnisse möglich ist. Darüber hinaus wurde der Performance Monitor inhaltlich wie strukturell so weiterentwickelt, dass er ohne Sportpsychologen für Sportler und Trainer unterschiedlicher Sportarten eigenständig einzusetzen ist (**Step 2**). Dies betraf insbesondere sprachliche Aspekte, die in eine allgemeine Form überführt wurden, strukturelle Anpassungen, um fachlich-inhaltliche Bereiche zu vereinfachen sowie die Ausgabe der Ergebnisse in prägnanter Form, um einfach und schnell die relevanten Informationen zur Verfügung stellen zu können.

Im dritten Schritt (**Step 3**) wurde der Performance Monitor um eine Interventions-Ebene erweitert. Neben einer Rückmeldung ihrer Ergebnisse können die Athletinnen und Athleten nun Tipps und Übungsideen nachlesen, mit denen sie sich in den jeweiligen mentalen Leistungsbereichen selbstständig verbessern können. Um zusätzlich Trainer stärker in das Thema der mentalen Leistungserbringung mit einzubeziehen, wurde im vierten Schritt (**Step 4**) die Möglichkeit eines Selbst-Fremd Vergleichs geschaffen: Durch diese zusätzliche Option der Fremdbewertung können Trainer ihre Außen-sicht auf die mentale Leistungserbringung mit der Innensicht des Sportlers vergleichen, um Unterschiede und blinde Flecken aufzudecken.

Nach Abschluss der Entwicklungsarbeit erfolgte eine Erprobung des Selbst-Coaching Tools in Teilen der Nationalmannschaften Ski Alpin und Biathlon (**Step 5**). Diese Phase war in die sportpsychologische Betreuung dieser Sportler so integriert, dass ein Feedback schnell und unkompliziert erfolgen konnte. Zum Abschluss

des Projekts wurde die Selbst-Coaching Version des Performance Monitors auf der Jahrestagung 2018 der asp in Köln vorgestellt und über eine Online-Plattform öffentlich zugänglich gemacht (**Step 6**). Diese öffentliche Online-Testphase beinhaltete einen kurzen Feedbackbogen, der an die Rückmeldung der Ergebnisse gekoppelt war und abfragte, wie hilfreich der Nutzer dieses Tool einschätzt.

### 3 Ergebnisse

Der aktuelle PM ist online sowohl über eine öffentlich zur Verfügung stehende Plattform (siehe unten) als auch direkt (<http://www.my-performance-monitor.de/pm/>) für jeden interessierten Sportler oder Trainer zu erreichen.

Die öffentlich zugängliche Plattform (<http://my-performance-monitor.de/>) vereint einen Zugang zum PM, die Interventionsebene sowie die Möglichkeit zur Evaluation des PM an einem Ort.

Die vorliegende aktuelle Version des PM mit seinem gesicherten Nutzer-Zugang ermöglicht nun jedem Sportler den individuellen Zugriff mit eigenen Rechten und gewährleistet so Datenschutz. Zusätzlich zum auch weiterhin bestehenden unmittelbaren Feedback nach Beendigung des Ausfüllens werden jetzt die aktuell eingegeben Werte in den 5 Bereichen Commitment, Fokus, Emotionen & Gefühle, Anspannung, Energie & Körpergefühl sowie Evaluation jeweils als Mittelwerte gruppiert zusammengefasst und mit allen bisherigen Vergleichswerten des Sportlers in Relation gesetzt. Aktuelle und bisherige Werte werden zum einen tabellarisch dargestellt und zum anderen so grafisch aufbereitet, dass ein schneller Überblick über die einzelnen Bereiche möglich wird.

### 4 Diskussion

Im hier beschriebenen Projekt wurde eine öffentlich zugängliche Online-Plattform geschaffen, die alle wichtigen geplanten Elemente für das Selbst-Coaching durch Performance Monitoring umsetzt. Diese Plattform ist der Ausgangspunkt für das Performance Monitoring, für die daraus abgeleiteten Interventionen sowie für die weiterführende Evaluierung des PM selbst. Bezüglich der Weiterentwicklung

des PM in Richtung einer App wurden die technischen Bedingungen dafür bereits verankert. Eine erste Testversion ist angedacht.

Mit dem PM liegt nun insgesamt ein potentes Tool vor, das v. a. durch die Einbeziehung der Sportlerinnen und Sportler in die Entwicklung eine starke Praxisorientierung vorweisen kann. Im Zielbereich der allgemeinen Evaluation konnten leider weniger Feedbacks als erhofft generiert werden, sodass die Aussagekraft der Ergebnisse reduziert ist. Insgesamt lässt sich aufgrund der Feedbacks und des Einsatzes des PM in der Erprobungsphase festhalten, dass die Möglichkeit zur Selbst-Evaluation seiner eigenen mentalen Leistung sinnvoll und beim Sportler akzeptiert ist.

### 5 Literatur

- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman.
- Hanin, Yuri L. (1997). Emotions and athletic performance: Individual zones of optimal functioning model. *European yearbook of sport psychology*, 1, 29-72.
- Hogg, J., & Kellmann, M. (2002). Debriefing im Leistungssport [Debriefing in Elite Sports]. *Psychologie und Sport*, 9, 90-96.
- Maddux, J. E. (1995). Self-efficacy theory: An introduction. In J. E. Maddux (Ed.), *Self-efficacy, adaptation, and adjustment: Theory, research, and application* (pp. 3-33). New York: Plenum Press.
- Nideffer, R. & Sagal, M. (2006). Concentration and attention control training. In J. M. Williams (Ed.), *Applied sport psychology: Personal growth to peak performance* (pp. 382 - 403). New York, NY: McGraw-Hill.
- Ritthaler, T. & Engbert, K. (2018). *Performance Monitor: Pilotprojekt eines Tools zur online-Evaluierung der mentalen Leistungserbringung*. Poster präsentiert auf der 50. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie, Köln. Abstractband verfügbar unter [https://www.dshs-koeln.de/fileadmin/redaktion/Institute/Psychologisches\\_Institut/ASP\\_2018/Abstractband-asp2018.pdf](https://www.dshs-koeln.de/fileadmin/redaktion/Institute/Psychologisches_Institut/ASP_2018/Abstractband-asp2018.pdf)

# Untersuchung der Häufigkeit von Hüftgelenks-pathologien, speziell des femoroazetabulären Impingements, im leistungssportlich betriebenen Badminton- und Fußballsport

(AZ 072003/18)

Karen aus der Fünten<sup>1</sup> (Projektleitung), Jana Kunz<sup>1</sup>, Hannes Käsbauer<sup>2</sup> & Tim Meyer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität des Saarlandes, Institut für Sport- und Präventivmedizin, Saarbrücken

<sup>2</sup>Deutscher Badminton-Verband e. V.

## Vorbemerkung

Das Projekt sollte ursprünglich 2 Sportarten, Badminton und Fußball, untersuchen. Die Sportart Fußball konnte am Ende nicht berücksichtigt werden v. a. aufgrund von datenschutzrechtlichen Hindernissen nach Inkrafttreten der Änderung des Datenschutzgesetzes am 25.5.18.

## 1 Problem

Seit etwa 2015 fiel im Bereich der männlichen Bundeskader-Badmintonspieler am Bundesstützpunkt Saarbrücken eine Häufung des sog. „femoroazetabulären Impingements“ (FAI) auf. Durch eine überschießende und im zeitlichen Verlauf persistierende Knochenbildung entsteht ein mechanischer Konflikt zwischen Hüftkopf und -pfanne. Mechanische Schäden am Gelenkknorpel und Labrum sowie ein frühzeitiger Hüftgelenksverschleiß können die Folge sein. Betroffene fallen durch eine Bewegungseinschränkung, v. a. der Innendrehung, und/oder bewegungsabhängige Schmerzen auf. Die klinische Untersuchung bietet erste Hinweise, bildgebende Verfahren sichern die Diagnose (Agricola et al., 2012; Nepple et al., 2013). Epidemiologische Daten aus dem Badmintonsport fehlen bis dato, aus anderen Sportarten werden 63-89 % betroffene Sportler (Fußball, Basketball, Eishockey) berichtet (Agricola et al., 2012), (Siebenrock et al., 2011) aus der Allgemeinbevölkerung 9-25 % mit röntgenologischen Auffälligkeiten im Sinne eines FAIs. Der Startpunkt für das sportassoziierte FAI wird in der Pubertät vermu-

tet (Philippon et al., 2013). Mehr Kenntnisse über diese Erkrankung könnten in der Zukunft ein präventives Handeln ermöglichen, z. B. durch Modifikationen von (sportartspezifischen) Bewegungsabläufen, von Trainingsumfängen und/oder -inhalten mit dem Ziel, eine Progression aufzuhalten oder – im günstigsten Fall – die Entstehung eines FAIs zu verhindern. Um Auffälligkeiten zu entdecken, bieten sich flächendeckend angebotene Untersuchungen, wie z. B. Sporttauglichkeitsuntersuchungen (STUs), an. Informationen zum Umfang bzw. verpflichtenden Charakter einer derartigen Untersuchung sind gerade auf Landesebene nicht gebündelt vorhanden. Darüber hinaus sind die Vorgaben nicht einheitlich. In diesem Pilotprojekt werden bundesweit Vorgaben sowie Qualität und Quantität von STUs untersucht. Das besondere Augenmerk gilt auffälligen Hüftgelenksbefunden. Die Studie beschränkt sich auf Untersuchungen ab 2008, da die Diagnose FAI davor kaum bekannt war.

## 2 Methode

**Ziel:** Erfassung der Prävalenz klinischer Auffälligkeiten des Hüftgelenkes und speziell der Erkrankung „femoroazetabuläres Impingement“ über verfügbare ärztliche Untersuchungen, insbesondere STUs; bundesweite Evaluierung zu Vorgaben, Qualität und Quantität von STUs in der Sportart Badminton.

**Probanden:** Alle Landes- und Bundeskaderathleten der Sportart Badminton in der Bundesrepublik Deutschland, die zu einer Sporttaug-

lichkeitsuntersuchung in den letzten 10 Jahren berechtigt bzw. verpflichtet waren. Bei der Auswertung der Untersuchungsbefunde wurden folgende Aspekte berücksichtigt: Ort der Durchführung der Untersuchung, Qualifikation des involvierten ärztlichen Personals, Art der Dokumentation, Umfang der Untersuchung, klinische Auffälligkeiten in der Untersuchung mit Bezug zum Hüftgelenk.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Vorgaben Sporttauglichkeitsuntersuchungen

#### 3.1.1 Landeskader (LK)

In sechs der 16 Landesverbänden ist eine jährliche STU für Landeskaderathleten verpflichtend. Vier Verbände machten dazu keine Angaben, drei keine Vorgaben, und drei Verbände bieten die Untersuchung als Serviceleistung an. In der Regel enthalten die Untersuchungen einen internistisch-orthopädischen Teil, ein Ruhe- und Belastungs-EKG, eine Blut- und Urinuntersuchung sowie eine Fahrrad- oder Laufbandergometrie (Details siehe Kap. 3.2).

#### 3.1.2 Bundeskader (BK)

Eine STU ist für BK-Athleten jährlich verpflichtend. Die Bestandteile sind vom Deutschen Olympischen Sportbund (DOSB) vorgegeben und müssen mindestens umfassen: Eine sportmedizinische Gesundheitsuntersuchung inklusive Ruhe- und Belastungs-EKG sowie Blut- und Urinstatus, eine „große“ Orthopädie (Facharztstatus erforderlich), alle 2 Jahre (bei unauffälligem Befund) eine Herzultraschalluntersuchung (Echokardiographie) und einen jährlichen Sehtest (seit dem 1.1.2014). Eine leistungsphysiologische Untersuchung ist fakultativ.

### 3.2 Auswertung Sporttauglichkeitsuntersuchungen (N = 421)

#### 3.2.1 Anzahl und Inhalt

Insgesamt standen 421 Untersuchungsberichte zur Verfügung, 283 von BK- (67 %) und 138 (33 %) von LK-Athleten. Die Sportler waren zum Zeitpunkt der Untersuchung durchschnittlich 19 Jahre alt (Median 18 Jahre, Min 10, Max 35), wogen 66 kg (Min 31, Max 97) bei einer Körper-

größe von 175 cm (Min 142, Max 200) und hatten einen BMI von 21,5 kg/m<sup>2</sup> (Min 14,2, Max 27,2). 65 % (272/421) der STUs erfolgten bei männlichen Sportlern. Die Berichte verteilten sich auf 160 Sportler (71 BK, 65 LK, 24 Athleten, die im Laufe der Karriere beiden Kadern angehörten). Die Nachverfolgungsquote von BK-Sportlern lag bei 39 % (283 bei 721 Nominierungen) und bei 5,5 % (138 bei 2489 gemeldeten Nominierungen) für LK-Sportler. In 93 % (390/421) erfolgte die Untersuchung sowohl internistisch als auch orthopädisch (BK 95 %, LK 88 %), in 4 % rein internistisch (BK 4 %, LK 5 %). Bei den BK-Athleten wurde in 99 % (280/283) auch ein Ruhe- und Belastungs-EKG, eine Urin- und Blutuntersuchung und eine Ergometrie durchgeführt. Die LK-Athleten erhielten in 91 % (126/138) ein Ruhe- und Belastungs-EKG und eine Ergometrie und in 84 % (116/138) Blut- und Urinuntersuchungen. Beim internistischen Teil waren in 52 % Fachärzte beteiligt, beim orthopädischen in 60 % (BK 70 %).

#### 3.2.2 Kaderzugehörigkeit bei BK-Athleten (N = 283)

Vier Untersuchungen erfolgten aufgrund des A-Kader-/Olympiakaderstatus, 96 wegen der Zugehörigkeit zum B- bzw. Ergänzungs-, 114 zum C- bzw. Perspektiv-/bzw. Nachwuchs-(NK)-1 und 71 zum D-/C bzw. NK-2 kader.

#### 3.2.3 Ort der Durchführung

87 % der STUs (368/421; 90 % der BK-STUs) wurden in einem DOSB-lizenzierten Untersuchungszentrum (55 % am Bundesstützpunkt Saarbrücken) durchgeführt, 9 % in Praxen und 4 % in Kliniken. 55 % der STUs stammen vom Bundesstützpunkt Saarbrücken (211/421).

#### 3.2.4 Hüftbeschwerden, bekannte Hüft-erkrankungen

Bei 5 % der Untersuchungen (N = 21/421) wurden im Anamneseteil Hüftbeschwerden angegeben, die in 71 % (N = 15/21) mit einem Hüftimpingement(-syndrom) assoziiert waren (BK N = 12/15, LK N = 3/15): In 60 % (9/15) war die Diagnose Hüftimpingementsyndrom (FAI) zum Untersuchungszeitpunkt bekannt, in 40 % (N = 6/15) wurde der Verdacht auf das Bestehen dieser Erkrankung geäußert.

### 3.2.5 Untersuchung - "Hüftauffälligkeiten"

Bei 89 % der Untersuchungen (378/421) wurden die Hüftgelenke mit untersucht, bei 43 % (N = 183/421) ein auffälliger Befund bezüglich der Hüftgelenke dokumentiert, davon in 94 % (172/183) eine Rotationseinschränkung. Das genaue Ausmaß der Rotationseinschränkung war bei 91 % (156/172) angegeben. Eine Hüftinnenrotation  $\leq 20^\circ$  fiel bei 79 % (124/156; 29 % bezogen auf alle 421 STUs) der Sportler auf, davon 88mal (71 %) beidseitig, 29mal (23 %) nur links und siebenmal (6 %) nur rechts. Eine Innenrotation  $\leq 15^\circ$  wiesen davon 72 % (89/124; 21 % bezogen auf alle 421 STUs), davon 39mal (44 %) beidseitig, 34mal links (38 %), 16mal (18 %) rechts).

In 21 % (88/421) wurde die Durchführung spezieller Hüfttests erwähnt. 8 % der rotationseingeschränkten Hüftgelenke (13/172) wiesen positive Hüftimpingementtests auf. Bei 6 % der Sportler (9/160 Sportlern, respektive bei 4 % (15/421) aller STUs), alle männlich, wurde anhand der STU die Verdachtsdiagnose FAI gestellt (mit einer Ausnahme am Bundesstützpunkt Saarbrücken) und im Nachgang bildgebend gesichert. Sie gehörten siebenmal zum BK und zweimal zum LK, (einer davon Sportinternatsschüler). Drei Sportler waren beidseitig betroffen.

### 3.2.6 Empfehlungen/Therapie

Abschließende Empfehlungen wurden nach 55 % (233/421) der STUs ausgesprochen. Ein (unmittelbarer) Arztbesuch wegen einer Hüftpathologie wurde in 8 % (35/421) eingefordert. Für 22 % der Sportler (92/421) galt es, die Hüftbeweglichkeit, in 74 % (68/92) die Drehbeweglichkeit, zu verbessern. In 15 % (35/233) sollte explizit eine Kontrolle der Drehbeweglichkeit der Hüftgelenke erfolgen. Die Karrieren der vom FAI-betroffenen Sportler setzten sich wie folgt fort: Abraten vom Fortsetzen und konsekutive Beendigung einer (Hoch-)Leistungskarriere als Jugendlicher (zweimal), als Erwachsener (einmal), frühzeitiges Karriereende als Erwachsener (einmal), Fortsetzung der Karriere „unter Auflagen“ (regelmäßige Physiotherapie, spezielles Athletiktraining, regelmäßige Kontrolluntersuchungen (fünfmal), davon (einmal) verbunden mit einer wochenlangen Pause des badminton-spezifischen Trainings).

### 3.2.7. Erteilung der Sporttauglichkeit

92 % (388/421) der Sportler wurden nach der Untersuchung als sporttauglich eingeschätzt.

Alle 17 Einschränkungen bezüglich der Sporttauglichkeit betrafen orthopädische Aspekte.

Nach 15 Untersuchungen (4 %) erfolgte keine Freigabe zur VOLLEN Sporttauglichkeit, was in vier Fällen (27 %, 4/15) auf das Vorliegen eines FAIs zurückzuführen war.

## 4 Diskussion

### 4.1 Vorgaben, Qualität und Quantität von STUs

Es konnten insgesamt nur 421 STUs ausgewertet werden. Die Rücklaufquote war mit 39 % (283/712) bei den BK-Athleten gerade akzeptabel, bei den LK-Athleten mit  $<5,5\%$  (138/2489) kaum. Somit sind die LK-Daten mit Blick auf die externe Validität nur sehr vorsichtig interpretierbar. Die Vorgaben für eine STU auf Landesebene sind nur zum Teil bekannt und uneinheitlich. Bei BK-Athleten sollen STUs anhand der DOSB-Richtlinien erfolgen, was in 99 % umgesetzt wurde. In Einklang mit den DOSB-Richtlinien wurden auf Landesebene 91 % internistisch untersucht, gekoppelt mit einem Ruhe- und Belastungs-EKG und einer Ergometrie, 87 % orthopädisch. Blut- und Urinalysen erfolgten in 84 %. Eine 100 % Untersuchungsquote auf internistischem Gebiet inkl. (Belastungs-) EKG und Ergometrie ist mit Blick auf mögliche lebensbedrohliche Konsequenzen aufgrund internistischer, insbesondere kardiovaskulärer, Erkrankungen sehr wünschenswert. Bei orthopädischen Erkrankungen geht es v. a. darum, negative Konsequenzen für die sportliche Karriere wie für das Alltags- und Berufsleben, v. a. unter Berücksichtigung der Lebensqualität, zu verhindern. Deswegen ist auch dieser Bestandteil für eine STU zu fordern. Eine STU sollte auch auf Landesebene verpflichtend eingeführt werden, idealerweise gekoppelt mit einer „Sportler-fernen“ Kostenübernahme. Darüber hinaus sollten einheitliche Richtlinien für die Durchführung sportartspezifischer STUs erarbeitet werden.

## 4.2 Auffälligkeiten in der STU bezüglich der Hüftgelenke

Die Hüftuntersuchungsquote lag 89 % erfreulich hoch. Allerdings wurde das Bewegungsausmaß nur in 54 % explizit erwähnt, spezielle Hüfttests sogar nur in 21 %. Die Durchsicht der Befunde lässt erahnen, dass für den ganzen orthopädischen Teil zum Teil ein pauschales „o. B.“ (ohne Befund) angekreuzt wurde. Diese Umstände erklären aber nicht, warum insgesamt nur bei 6 % der Sportler (9/160) ein Hüftimpingement-syndrom (FAI) diagnostiziert wurde. Alle fielen im Rahmen von STUs erstmalig auf. Mögliche Erklärungen sind, dass die Erkrankung nur die „absoluten“ männlichen Topathleten trifft, die bereits seit der Jugend intensiv und hoch umfänglich trainiert haben. Möglicherweise beenden talentierte Sportler auch mit Auftreten von Beschwerden ihre Karriere. Auch könnte das Bewusstsein für diese Erkrankung nicht weit genug geschärft sein. Bei 21 % aller STUs fand sich eine schmerzfreie, aber mit  $\leq 15^\circ$  deutlich eingeschränkte Innenrotation, was auf ein asymptomatisches FAI hinweisen könnte und sich bei Fortführung der Belastung in ein symptomatisches umwandeln könnte. Dieser Befund ließ sich ausschließlich bei Männern, bei insgesamt 32 % der „männlichen“ STUs, nachweisen. Betroffene sollten regelmäßig nachuntersucht werden. Bei verpflichtenden STUs wäre zumindest eine jährliche Kontrolle gewährleistet, insofern lautet die Empfehlung, diese auch auf Landeskaderebene einzuführen – verbunden mit der Forderung, dabei explizit eine Hüftuntersuchung durchzuführen. Eine unmittelbar einsetzende Therapie zur Verbesserung der (Innendreh-)Beweglichkeit, gekoppelt mit einem Kräftigungsprogramm für die Lenden-Becken-Hüftregion, ist das derzeit auf Expertenbasis bei dieser Konstellation empfohlene Vorgehen. Bei Auftreten von Symptomen ist eine kurzfristige weitere bildgebende Abklärung der OP-Indikation zu empfehlen. Ein letzter Punkt mit Blick auf eine mögliche Unterschätzung der Anzahl FAI-betroffener Sportler könnte sein, dass Sportler eine STU, solange sie nicht obligat ist, bei Vorliegen von Beschwerden meiden, weil sie Probleme mit Blick auf die Erteilung der (vollen) Sporttauglichkeit befürchten, wobei dies ein grundsätzliches und nicht ein FAI-spezifisches Problem darstellt.

## 5 Literatur

- Agricola, R., Bessems, J. H., Ginai, A. Z., Heijboer, M. P., van der Heijden, R. A., Verhaar, J. A., ... & Waarsing, J. H. (2012). The development of Cam-type deformity in adolescent and young male soccer players. *American journal of sports medicine*, 40 (5), 1099-1106. doi:10.1177/0363546512438381
- Nepple, J. J., Prather, H., Trousdale, R. T., Clohisy, J. C., Beaulé, P. E., Glyn-Jones, S., ... & Kim, Y. J. (2013). Diagnostic imaging of femoroacetabular impingement. *Journal of the American academy of Orthopaedic Surgeons*, 21 (1), S20-26. doi:10.5435/JAAOS-21-07-S20
- Philippon, M. J., Ho, C. P., Briggs, K. K., Stull, J., & LaPrade, R. F. (2013). Prevalence of increased alpha angles as a measure of cam-type femoroacetabular impingement in youth ice hockey players. *American journal of sports medicine*, 41 (6), 1357-1362. doi:10.1177/0363546513483448
- Siebenrock, K. A., Ferner, F., Noble, P. C., Santore, R. F., Werlen, S., & Mamisch, T. C. (2011). The cam-type deformity of the proximal femur arises in childhood in response to vigorous sporting activity. *Clinical orthopaedics and related research*, 469 (11), 3229-3240. doi:10.1007/s11999-011-1945-4
- <http://archiv.badminton.de/Bundeskader-DBV.53.0.html>
- [https://cdn.dosb.de/user\\_upload/Leistungssport/Dokumente/UZ-Katalog\\_alphabet\\_2017\\_30.03.2017.pdf](https://cdn.dosb.de/user_upload/Leistungssport/Dokumente/UZ-Katalog_alphabet_2017_30.03.2017.pdf)

# Trainingsbegleiteter Einsatz eines modernen Feedbacksystems (IPA-14) als Hilfsmittel zur Wendedurchführung im paralympischen Schwimmen

(AZ 072005/18)

Alexandra Wippich & Ulrich Hartmann (Projektleitung)

Universität Leipzig, Institut für Bewegungs- und Trainingswissenschaft der Sportarten II

## 1 Einleitung und Problemstellung

Ziel im Schwimmen ist es u. a., die Schwimmwende so schnell wie möglich und mit einem Minimum an Zeitverlust zu absolvieren. Für sehbeeinträchtigte und blinde Leistungsschwimmerinnen bzw. -schwimmer ist dies jedoch mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Da das Bahnende bzw. die Wand nicht visuell abgeschätzt werden können, kann es zu einer reflexartigen Reduzierung der Schwimmgeschwindigkeit beim Anschwimmen zur Wende kommen (Hausmann, 2013). Damit verändern sich einhergehende quantitative Parameter wie Anschwimmzeit, Adaptionzeit und Drehzeit. Die Schwimmwende wird insgesamt nicht optimal ausgeführt und kann damit einen negativen Einfluss auf das Leistungsergebnis der Wettkampfstrecke haben.

Zudem ist beim derzeitigen Stand der Technik nicht zeitgemäß, dass Schwimmerinnen und Schwimmer mit visuellen Beeinträchtigungen im Training sowie im Wettkampf immer noch mittels einer Begleitperson mechanisch mit einem Schaumstoffball durch einen Schlag auf den Kopf („Tapping“<sup>1</sup>) auf die bevorstehende Wende hingewiesen werden müssen.

1 Die „Tapping-Technik“ bezieht sich auf einen Helfer, welcher während des Schwimmens dem sehbeeinträchtigten Athleten mit einem langen festen Stab, an dessen Ende sich ein weicher Ball befindet, die näherkommende Wand, durch einen Tapp auf den Kopf taktil signalisiert“ (Deutscher Behindertensportverband, 2016).

Aktuell bestehen aber kaum andere Möglichkeiten und Hilfen, die die eingeschränkte Orientierungsfähigkeit für Schwimmer mit starker Sehbehinderung im Training und Wettkampf erweitern. Die Entwicklung eines zeitgemäßen Feedbacksystems ist daher eine dringend notwendige Aufgabe. Das „Induktiv Persönliche Abstandswarnsystem“ (IPA-14)<sup>2</sup> hat zum Ziel, die raumzeitliche Orientierung für diese Gruppe von betroffenen Menschen im Training und Wettkampf des Sportschwimmens zu erweitern und letztlich ihnen auch weitere Möglichkeiten im Schwimmsport zu erschließen, Leistungen entsprechend ihren motorischen und körperlichen Möglichkeiten im Wasser besser umzusetzen und nachhaltig zu steigern.

## 2 Zielstellung

Hauptgegenstand des Projektes war der trainingsbegleitende Transfer der theoretisch-praktischen Konzeption des neu entwickelten Gerätes in die gängige Sportpraxis des paralympischen Leistungsschwimmens. Ziel war die Einbindung des Feedbacksystems in das Training und den Wettkampf von blinden und sehingeschränkten Leistungsschwimmern bzw. -schwimmerinnen. Dabei sollten die potentiellen Nutzer und die damit verbunden verschiedenen Voraussetzungen (Leistungsniveau, Startklasse bzw. Art und Grad der Behinderung, Wettkampfstrecke u. a.) evaluiert und berücksichtigt werden.

2 Wandwarnsystem, bestehend aus einem stationären Sender an jedem Bahnende und einem mobilen Empfänger am Kopf des Sportlers, welcher ca. 5 m vor der Wand ein Vibrationssignal erzeugt.

### 3 Methodik

Im Rahmen einer ersten Projektphase wurden blinde Schwimmer mit dem IPA-14 als Trainingsgerät über einen festgelegten Zeitraum ausgestattet und Trainingsfortschritte in Bezug auf Schwimmwenden untersucht.

Mittels Pre- und Posttests wurde das jeweilige Ausgangs- bzw. Endniveau der ausgewählten Probanden erhoben. Dabei kamen standardisierte Verfahren zur Anwendung, um vergleichbare Ergebnisse für sichere und zuverlässige Aussagen zu erhalten. Im Nachgang der Tests wurden einzelne Phasen beim Absolvieren einer Kipp- und Rollwende in Abhängigkeit der gewählten Wettkampfschwimmart untersucht.

Zur Erhebung der quantitativen Parameter der Wendenphasen wurde ein am 50-m-Becken installiertes Kamerasystem genutzt. Das System umfasst sieben über und unter Wasser installierte und simultan geschaltete Kamerapaare, mit deren Hilfe quantitative Parameter der Bewegung beim Ausführen der Wende erhoben und elektronisch für die Auswertung gespeichert werden können. Die Auswertung der quantitativen Parameter erfolgte durch die Analyse der Videoaufzeichnung durch das Kamerasystem.

Im Rahmen der zweiten Projektphase wurde das IPA-14 als Trainingsmittel einzelnen Schwimmteams zur Verfügung gestellt. Die sehbeeinträchtigten Schwimmer verschiedener Leistungsniveaus trainierten unter Anleitung ihrer

Trainer mit dem IPA-14 und dokumentierten ihre Erfahrungen und Anmerkungen während der Verwendung des Feedbacksystems.

### 4 Ergebnisse

In der ersten Projektphase wurden die Wenden einmal mit dem elektromagnetischen Feedbacksystem IPA-14 und einmal mittels traditionellem Tapper ausgeführt. Die Wendenaufnahmen fanden unter annähernd gleichen äußeren Bedingungen statt. Exemplarisch werden die Ergebnisse der Anschwimmzeiten (10 m-5 m Anschwimmen vor der Wand; vgl. Abb. 1) und die Gesamtzeit (10 m Anschwimmen – Wende – 10 m Abschwimmen; vgl. Abb. 2, Seite 3) aller durchgeführten Wenden, sortiert nach Schwimmart, dargestellt.

Die Ergebnisse des ersten Teilprojektes zeigen, dass im Erhebungszeitraum die benötigten Zeiten bei den ausgeführten Wenden in den dargestellten Schwimmarten mit dem IPA-14 im Vergleich zur Durchführung mit dem Tapper geringer sind bzw. höhere Geschwindigkeiten bei den ausgeführten Wenden in den Schwimmarten erreicht werden. Auch im direkten Vergleich der Ergebnisse der Gesamtzeiten benötigt der Proband für jede durchgeführte Wende mit dem IPA-14 eine geringere Gesamtzeit als mit Tapperunterstützung (vgl. Abb. 2, Seite 3).

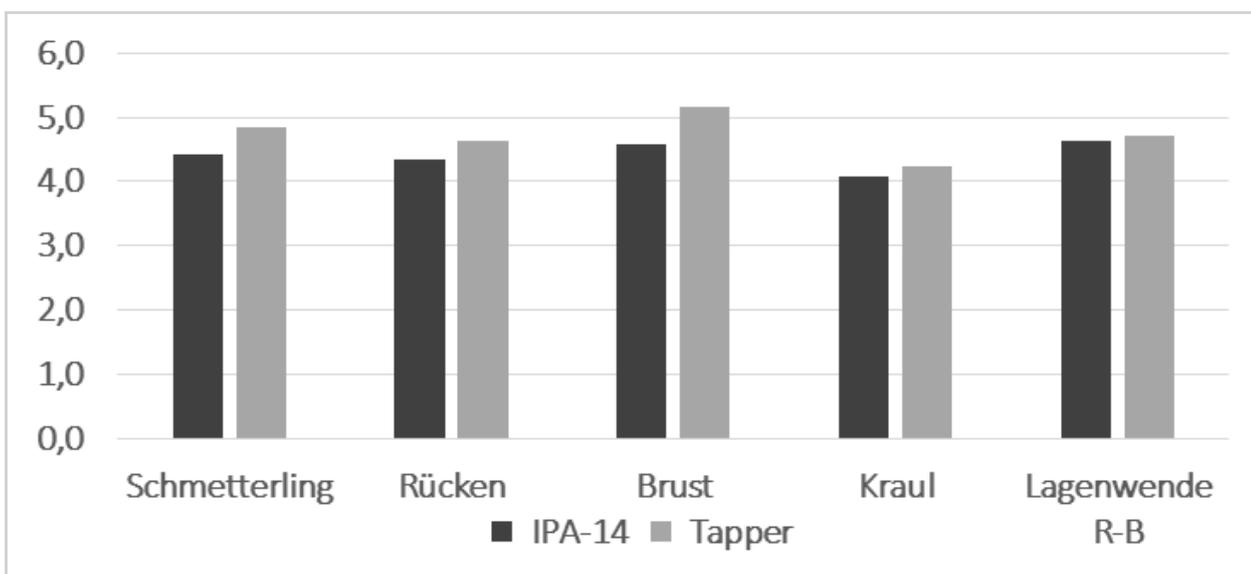


Abb. 1: IPA-14-Tapper, Vergleich der Anschwimmzeiten

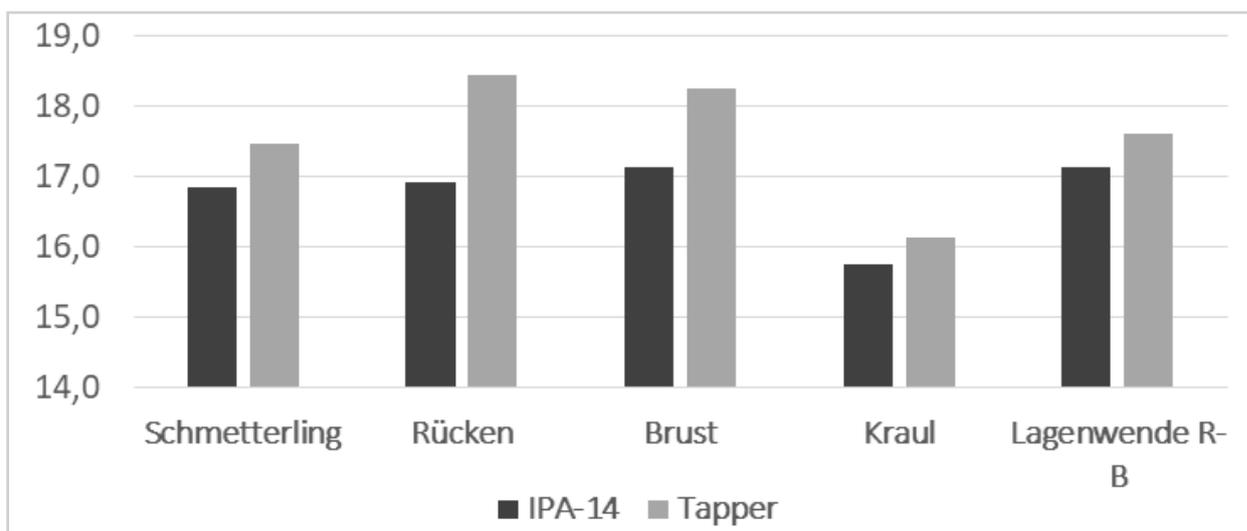


Abb. 2: IPA-14-Tapper, Vergleich der Gesamtzeiten

Die Verwendung des IPA-14 ermöglichte also im Mittel aller ausgeführten Wenden in den geforderten Schwimmarten eine geringere Wenden Gesamtzeit (16,8 s) als mit Tapperunterstützung (17,6 s). Beim Vergleich der Mittelwerte benötigt der Sportler mit dem IPA-14 nahezu eine Sekunde weniger Zeit als für die Ausführung der Wenden mit einem Tapper.

Tab. 1 zeigt auszugsweise und exemplarisch die Eindrücke der Athleten eines Schwimmteams im Rahmen der durchgeführten Trainingseinheiten mit dem IPA-14 im Rahmen der zweiten Projektphase. Dabei wurden Sportler und

Trainer gebeten, ihre subjektive Einschätzung hinsichtlich der Funktionstüchtigkeit des Feedbacksystems zu protokollieren sowie ihre persönlichen Anmerkungen zu dokumentieren.

Weiter wurden im Zuge der praktischen Ergebnisauswertung Trainer und Sportler gebeten, die Erfahrungen hinsichtlich verschiedener Gesichtspunkte einzuschätzen. So wurde die Handhabung als gut und einfach eingeschätzt, die Installation als schnell und robust und die Zuverlässigkeit unter speziellen Einsatzgegebenheiten als z. T. verbesserungswürdig angesehen.

Tab. 1: Exemplarisches Protokoll zu durchgeführten Trainingseinheiten mit dem IPA-14

Trainingseinheit Datum/Uhrzeit	30.11.2018 14:30 Uhr	31.11.2018 10:00 Uhr	05.12.2018 8:00 Uhr	06.12.2018 7:45 Uhr
Trainingsprogramm	Technik und Sprint	Belastungszone 3	Technik und Sprint	Belastungszone 2, Beine
Serie mit IPA-14	2 x 8 x 100 m Technikübung	3 x 10 x 100 m Kraul	8 x 200 m Technikübung	2 x 4 x 50 m BLZ 3, Beine 2 x 400 m BLZ 4, Beine 3 x 400 m F
Funktionstüchtigkeit	Vibration nicht immer zuverlässig an derselben Stelle	Zwischen 3-4 m, bei hohen Geschwindigkeiten eher 2-4 m	1 Sender zwischen 2 Bahnen geht super, relativ konstant bei 3-4 m	Vibration bei 2,3-3,5 m, leider manchmal bei 5-6 m
Persönliches Empfinden	gut	Einrichtung und Handhabung easy	Allgemein sehr zuverlässig, auch bei Rücken	Angenehmes Vibrieren

## 5 Zusammenfassung und Fazit

Insgesamt konnte das durchgeführte Projekt aufschlussreiche und wichtige Konsequenzen für die Weiter- und Fortentwicklung des Wand-Warnsystems erbringen. Vor allem die persönlichen Einschätzungen sowie die protokollierten Probleme erbrachten positive Hinweise bzgl. des Designs und der Konstruktion des zukünftigen Prototyps des IPA-14. Insgesamt hat der trainingsbegleitende Einsatz wertvolle Erfahrungen und Ratschläge zur Beseitigung der noch in geringer Anzahl existierenden Mängel geliefert. Es konnte belegt werden, dass sich die Wenden-durchführung durch die regelmäßige Verwendung des IPA-14 im Training nachweislich positiv ausgewirkt.

Die insgesamt äußerst positive Zusammenarbeit mit Trainern und Sportlern aus dem paralympischen Schwimmen ist hervorzuheben.

*„Es war eine tolle Erfahrung und das Gerät ist auf jeden Fall bereits jetzt eine Bereicherung fürs Training.“*

(Trainerin eines seheingeschränkten Schwimmers)

## 6 Literatur

Hausmann, A. (2013). Persönliche Mitteilung. Leipzig, 15.10.2013.

Deutscher Behindertensportverband e. V. (2016). Wettkampfbestimmungen Schwimmen. Zugriff am 01. Juni 2017 unter [http://www.abteilungschwimmen.de/pages/Wettkampfbestimmungen/DBS-WB\\_Schwimmen.pdf](http://www.abteilungschwimmen.de/pages/Wettkampfbestimmungen/DBS-WB_Schwimmen.pdf)

# Individualisiertes Training im Blindenfußball – Technik, Taktik und konditionelle Voraussetzungen

(AZ 072007/18)

*Renate M. Leithäuser, Martin Mania, Max Niemeyer, Sebastian Schleich  
& Ralph Beneke (Projektleitung)*

Philipps-Universität Marburg, Institut für Sportwissenschaft und Motologie,  
Bereich Medizin, Training und Gesundheit

## 1 Problem/Hintergrund

Blindenfußball, eine Form des 5-a-side Kleinfeldfußballs, bei dem ausschließlich die Torwarte volle Sehfähigkeit besitzen, ist eine der komplexesten Sportarten für blinde und sehbehinderte Sportler. Für blinde Athleten (Klassifizierung: B1) wird es auf internationalem Niveau gespielt und wurde nach den Demowettkämpfen 2004 paralympische Sportart (IBSA Blind Football Rulebook 2017-2021). Im internationalen Vergleich hat der deutsche Blindenfußball eine sehr junge Tradition.

Sucht man in der internationalen Literatur nach wissenschaftlichen Arbeiten zum Blindenfußball, so ist es schwierig bzw. nahezu unmöglich, etwas zu finden. Eine wissenschaftliche Betreuung der Athleten, Vereine bzw. Mannschaften oder eine wissenschaftliche Sachanalyse, was die Sportart Blindenfußball eigentlich ist, wie trainiert wird bzw. was erfolgreiche Blindenfußballer auszeichnet, hat bisher nicht stattgefunden. Es besteht somit ein erhebliches Erkenntnis-, Forschungs- und Entwicklungs- sowie Betreuungsdefizit für diese Sportart. International gilt speziell Blindenfußball als eine der paralympischen Sportarten, die den größten Forschungsbedarf im Rahmen der Vorbereitung der paralympischen Spiele in Tokyo 2020 aufweist (Magnes, 2017).

Nach ausführlicher Bedarfsanalyse und Priorisierung in Kooperation mit dem Bundestrainer, Betreuerstab und Team-Manager verfolgte dieses Serviceforschungsprojekt daher das Ziel der Optimierung eines individualisierten Trainings für Spieler der Blindenfußballnationalmannschaft als Element der langfristigen Vor-

bereitung auf die paralympischen Spiele 2020 in den Bereichen Technik, Taktik und konditionelle Fähigkeiten. Es beinhaltete die Identifikation von individuellen Stärken und Schwächen auf Grundlage von Spilleistungen und Lehrgangleistungen, die Entwicklung individueller Ergänzungstrainingsprogramme für das Heimtraining zur Optimierung technischer Fertigkeiten und konditioneller Fähigkeiten, die Unterstützung mannschaftstaktischer Maßnahmen bei Lehrgängen und Spielen sowie die Unterstützung von Rehabilitationsmaßnahmen und Anschlussstraining nach Verletzung und Spielpausen durch die Entwicklung individualisierter Aufbaumaßnahmen im Heimtraining und bei Lehrgängen.

## 2 Methode

Die Zielgruppe des Gesamtprojektes war der erweiterte Kader der Blindenfußball-Nationalmannschaft (Männer). Das Projekt gliederte sich in zwei Hauptphasen.

**Phase 1** konzentrierte sich zunächst, und damit in Ergänzung zum ursprünglichen Projektantrag, auf die Entwicklung und Implementierung eines barrierefreien Fragebogens zur Erfassung der Selbstwahrnehmung und Empfindungen der einzelnen Spieler hinsichtlich konditioneller, technischer und taktischer Stärken und Schwächen von Einzelspieler und Mannschaft. Weiterhin erfolgte eine subjektive Beurteilung der konditionellen Anforderungen, individualtaktischer und technischer Spilleistungen basierend auf der Analyse von Videodokumentation von Spielen der Blindenfußballbundesliga, Vorbereitungsspielen der Nationalmannschaft

sowie Spielen der Europameisterschaft 2017 der deutschen Blindenfußballnationalmannschaft sowie weiterer europäischer Spitzenmannschaften. Zusammen bildeten die Selbst- und Außenwahrnehmung die Grundlage zur Optimierung eines individualisierten Trainings.

Parallel zu den Videoanalysen wurde eine Testbatterie zur Objektivierung konditioneller Fähigkeiten und ausgewählter koordinativ-technischer Fertigkeiten für Blindenfußballer entwickelt. Diese Testbatterie beinhaltete neben Tests zur Überprüfung des Gleichgewichts, der aktiven Dehnfähigkeit, dynamischer Kraftausdauer, Beschleunigungskraft und -leistung sowie allgemeiner Ausdauer auch einen speziellen Test zur Ballführung mit Richtungswechsel und Wechsel des ballführenden Fußes. Neben der Entwicklung der Testbatterie erfolgte in dieser Projektphase auch eine Überprüfung der tatsächlichen Nutzbarkeit der Tests bei B1-klassifizierten Athleten anhand von erfahrenen Blindenfußball-Spielern des lokalen Bundesligavereins SF Blau-Gelb Blista Marburg. Zu der Testbatterie gehörten auch die Messung der Schussgeschwindigkeit beim Strafstoß sowie die Erfassung eines Punkte-Scores beim Schießen (10 Versuche) von der Strafstoßmarke aufs freie Tor, welches in Zonen mit unterschiedlichen zugeordneten Punkten eingeteilt war.

**Phase 2** fokussierte auf die Entwicklung und Implementierung individueller Ergänzungstrainingsprogramme für das Heimtraining zur Optimierung konditioneller Fähigkeiten und taktischer Fertigkeiten sowie die Unterstützung mannschaftstaktischer Maßnahmen bei Lehrgängen und Spielen. Ergänzt wurde dies durch die Unterstützung von Rehabilitationsmaßnahmen und Anschlussstraining nach Verletzungen und Spielpausen einzelner Spieler durch die Gestaltung individualisierter Aufbaumaßnahmen im Heimtraining und bei Lehrgängen. Phase 2 des Projekts beinhaltete ferner die Anwendung der in der ersten Projektphase entwickelten Testbatterie im Rahmen von Eingangs- und Folgeuntersuchungen zur Überprüfung konditioneller Fähigkeiten. In dieser Projektphase lagen fünf Lehrgänge der Nationalmannschaft, die von der Projektgruppe mitgestaltet wurden. Die Lehrgänge dienten auch dazu, die zuvor mittels Fragebogen und Videoanalyse identifizierten

individuellen Stärken und Schwächen im 1-zu-1-Training bzw. in Kleingruppen zu adressieren. Ein thematischer Schwerpunkt lag hierbei auf der Ballannahme.

## 3 Ergebnisse

In enger Zusammenarbeit mit den betreuenden Trainern wurde zu Projektbeginn die Erfassung der Selbstwahrnehmung der Athleten als ein wichtiger zusätzlicher Baustein zur Umsetzung der Projektziele erkannt.

### 3.1 Phase 1

Zentrale Themen, denen im Fragebogen mehrheitlich von den Spielern große Bedeutung beigemessen wurde, waren eine gesteigerte körperliche Fitness und optimierte Ressourceneinteilung im Spielverlauf, eine verbesserte Ballannahme und Ballkontrolle speziell bei Richtungswechsel und/oder unter Gegnerdruck, der Kurz sprint sowie die Schusskraft und Schusspräzision.

Bei der subjektiven Auswertung des Videomaterials imponierte Blindenfußball als ein sehr körperbetontes Ballspiel, bei dem auf Bundesliganiveau die allgemeine körperliche Fitness, u. U. jedoch auch lediglich die Körpermasse, bei zahlreichen Aktionen mit direktem Körperkontakt und überwiegend langsamen Spielgeschehen dominiert. Auf internationalem Niveau erschienen Spieleröffnung, Aufbau und Abschlussvorbereitungen deutlich schneller und laufintensiver. Zusammenfassend imponierten auf Grundlage des Videomaterials international erfolgreiche Blindenfußballer konditionell durch eine hohe allgemeine Fitness, um in Situationen mit Körperkontakt Dominanz zu gewinnen. Im Vergleich zur Bundesliga schien die allgemeine Ausdauer sehr hohe Bedeutung für die Realisation mannschaftstaktischer Konzepte (defensiv und offensiv) zu gewinnen. Zusätzlich erwiesen sich im Blindenfußball auf internationalem Niveau explosive Antritte als Vorteil in spezifischen Abwehrsituationen aber besonders bei der Lösung vom Gegner und weiterer Vermeidung von Gegnerkontakten in Angriffssituationen.

Tab. 1: Ergebnisse der sportmotorischen Tests vor und nach Implementierung des individualisierten Trainings

N = 9	pre	post	Signifikanz
Kraftausdauer (Rumpf) Anzahl	45,3 ± 12,0	55,3 ± 13,0	0,002
Kraftausdauer (Arme) Anzahl	27,2 ± 5,8	37,4 ± 9,3	0,005
aktive Dehnfähigkeit (cm)	3,0 ± 10,0	9,8 ± 7,1	0,001
Yo-Yo-Intermittent Recovery-Test (m) (n=8)	940 ± 214	1350 ± 464	0,029
<b>Kurz sprint (N = 8)</b>			
Horizontale Startkraft (N/kg)	6.13 ± 0.57	6.26 ± 0.73	0.336
Maximale Vortriebsleistung (W/kg)	10.95 ± 0.92	11.54 ± 1.28	0.004
Geschwindigkeit bei maximaler Vortriebsleistung (m/s)	3.58 ± 0.17	3.70 ± 0.14	0.001
Geschwindigkeit nach 5 m (m/s)	5.21 ± 0.23	5.30 ± 0.24	0.054
Geschwindigkeit nach 10 m (m/s)	6.21 ± 0.19	6.35 ± 0.19	0.001
Geschwindigkeit nach 15 m (m/s)	6.66 ± 0.22	6.83 ± 0.19	0.001
Zeit der maximalen Vortriebsleistung (s)	0.82 ± 0.09	0.83 ± 0.11	0.466
Zeit nach 5 m (s)	1.56 ± 0.05	1.54 ± 0.07	0.071
Zeit nach 10 m (s)	2.43 ± 0.07	2.39 ± 0.09	0.006
Zeit nach 15 m (s)	3.20 ± 0.10	3.14 ± 0.11	0.001
<b>Schussgeschwindigkeit (m/s) (N = 8)</b>			
Zielschiessen (Punkte)	14,3 ± 4,7	18,3 ± 6,6	0,054
Trefferzahl (von 10 Versuchen)	5,6 ± 1,2	8,1 ± 1,9	0,014

### 3.2 Phase 2

Die Ergebnisse der im Rahmen von Eingangs- und Folgeuntersuchungen zur Überprüfung konditioneller Fähigkeiten eingesetzten Testbatterie sind in Tab. 1 aufgeführt. Da die Anzahl der getesteten Athleten bei Eingangs- und Verlaufsmessung berufs-, krankheits- bzw. verletzungsbedingt nicht gleich war (bei insgesamt geringer Athletenzahl), ist die statistische Auswertung problematisch und somit nur für Teilaspekte des Gesamtprojekts sinnvoll und möglich. Ins-

gesamt zeigen die Befunde zu Kraftausdauer, Dehnfähigkeit und aerober Ausdauer signifikante Verbesserungen. Im Kurz sprint wurden signifikante Verbesserungen der Laufzeiten und Geschwindigkeiten ab 10 m und der Geschwindigkeit bei maximaler Vortriebsleistung sowie tendenzielle Steigerungen auf der 5-m-Distanz jedoch ohne Steigerung der horizontalen Startkraft beobachtet.

Auch wenn im Mittel die Schussgeschwindigkeit nicht signifikant gesteigert werden konnte, gab es in Einzelfällen deutliche Verbesserungen. So

konnte z. B. in einem Fall die maximale Schussgeschwindigkeit von 15,4 auf 20,6 m/s gesteigert werden. Die im Zielschiessen erreichten Punkte zeigten im Mittel lediglich einen Trend zur Verbesserung. Am Ende der Projektlaufzeit war jedoch die Trefferquote signifikant gesteigert.

Die Videoanalyse mit Schwerpunkt Ballannahme ermöglichte, individuelle Merkmale der Annahme zu erfassen, Schwächen zu erkennen und diesen durch individualisierte Trainingsmaßnahmen zu begegnen. Dieser individualisierte Ansatz wurde durch funktionell, sportmedizinisch-klinische Befunde und Trainingsberatung unterstützt.

Weiterhin wurde in der Videoanalyse von Spielen der letzten Europameisterschaft (August 2017, Berlin) die Ballannahme der deutschen Mannschaft mit der von europäischen Spitzenmannschaften verglichen. Hierbei konnte auf Grundlage von ca. 1300 Annahmesituationen gezeigt werden, dass sich Spitzenteams bei gleicher Annahmehäufigkeit in vergleichbaren Situationen durch eine höhere Kontrollquote verbunden mit einer um nahezu 50 % kürzeren Zeitspanne zwischen Ballkontakt und Ballkontrolle auszeichnen. Aufgefallen sind weiterhin deutlich abweichende Annahmetechniken.

## 4 Diskussion

Das Serviceforschungsprojekt ist im Rahmen seiner Möglichkeiten unter Berücksichtigung der Kürze der Projektlaufzeit seinen Zielen gerecht geworden.

Das vorrangige Ziel, individuelle Stärken und Schwächen zu identifizieren und dieses zu nutzen, um individualisierte Ergänzungstrainingsprogramme fürs Heimtraining zu entwickeln und zu implementieren, wurde erreicht. Hierbei wurde kurzfristig der originäre Ansatz der Außenwahrnehmung basierend auf Analysen vorhandener Videodokumentationen um den Faktor der Selbstwahrnehmung mittels Fragebogen ergänzt. Zum einen führte dies zu einem zusätzlichen Erkenntnisgewinn, und zum anderen ermöglichte es einen noch stärker auf das jeweilige Individuum zugeschnittenen Ergänzungstrainingsplan. Hinsichtlich der Machbarkeit bzw. Umsetzbarkeit konnte so auch gezielt auf das persönliche und berufliche Umfeld eines

jeden Spielers sowie die jeweiligen Trainingsbedingungen am Heimatort (speziell hinsichtlich der Zugangsmöglichkeiten zu Sportstätten, Verfügbarkeit von Trainingspartnern z. B. für Lauf- oder Krafttraining etc.) eingegangen werden. Ergänzt wurde dies durch die Unterstützung von Rehabilitationsmaßnahmen und Anschlusstraining nach Verletzung und Spielpausen durch die Entwicklung individualisierter Aufbaumaßnahmen im Heimtraining und auch bei Lehrgängen. Im Mittel kam es bei den sportmotorischen Tests zu signifikanten Verbesserungen, lediglich bei der maximalen Schussgeschwindigkeit sowie dem Punkte-Score beim Zielschiessen konnten, wie unter Punkt 3 bereits ausgeführt, keine Verbesserungen nachgewiesen werden. Hierzu ist jedoch anzumerken, dass in die Analyse der Schussgeschwindigkeit ein Spieler eingegangen ist, der aufgrund einer Zeh-/Fußverletzung seines Schussbeins kurzfristig diese Messung (post) mit seinem „falschen“ Fuß durchgeführt hat, was zu einem schwächeren Ergebnis von 15,2 m/s (vs. 16,3 m/s pre) geführt hat. Auch die Laufgeschwindigkeit im Kurzsprint konnte im Mittel trotz einzelner Verletzungen gesteigert werden. Allerdings konnten die Startkraft und der Zeitpunkt der maximalen horizontalen Laufleistung jedoch nicht wie angestrebt und damit die Geschwindigkeit auf den ersten 5 m im Mittel nur tendenziell verbessert werden. Aufgrund des individualisierten Ansatzes sind jedoch bei allen durchgeführten Tests die Einzelfallbetrachtungen interessanter als die mittleren Verbesserungen. So konnte z. B. ein Spieler durch die Verfügbarkeit eines Laufpartners im Training seine allgemeine Ausdauer von 880 m auf 1760 m im modifizierten Yo-Yo-Intermittent Recovery-Test verdoppeln. Ein anderer Athlet konnte durch gezielte individualisierte Aufbaumaßnahmen trotz Zustand nach langwieriger Außenbandverletzungen im Sprunggelenk seine vorige Leistungsfähigkeit mit 1240 vs. 1120 m nahezu halten.

Die Ergänzungstrainingsprogramme für das Heimtraining zur Optimierung technischer Fertigkeiten und konditioneller Fähigkeiten wurden komplementiert durch die Unterstützung mannschaftstaktischer Maßnahmen bei Lehrgängen und Spielen. Hierbei wurden wissenschaftlich begründete, aufeinander aufbau-

ende Lehrgangsschwerpunkte gelegt, bei denen sowohl die Stärken und Schwächen der individuellen Spieler als auch das Mannschaftsgefüge im Fokus standen. So führten beispielsweise die gewonnenen Erkenntnisse zur Ballannahme dazu, dass in den Lehrgängen der Nationalmannschaft ab 02/2018 effektivere Annahmetechniken eingeführt und für den deutschen Blindenfußball neue, individualisierte Übungsformen entwickelt, stabilisiert und variiert wurden. Hierbei wurde unter Berücksichtigung der jeweiligen Eigenwahrnehmungen der Athleten auch auf individuelle Stärken/Schwächen eingegangen und möglicherweise präventive Maßnahmen zur Vermeidung von Verletzungsgefahren bzw. geeignete Rehabilitationsmaßnahmen thematisiert.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Ein Schwerpunkt der Ergebnisverwertung dieses Service-Forschungsprojektes lag bzw. liegt im Transfer in die Sportpraxis mittels direkter Kommunikation mit und Umsetzung durch Bundestrainer, Trainerteam und Teammanager im Rahmen von Lehrgängen und Testspielen der Blindenfußballnationalmannschaft sowie durch Optimierung eines individualisierten Ergänzungs-Trainingsprogramms für das Heimtraining. So hat ein Transfer in die Sportpraxis bereits kontinuierlich projektbegleitend stattgefunden unter Berücksichtigung von Analysen der individuellen und mannschaftlichen Stärken/Schwächen basierend auf Selbstwahrnehmung der Spieler sowie Außenwahrnehmung mittels Analysen der Videodokumentation von Spielen sowohl der deutschen Blindenfußballnationalmannschaft als auch europäischer Spitzenmannschaften.

Es erfolgte regelmäßig vor und nach einem Lehrgang eine Lehrgangsplanung bzw. -reflexion mit Diskussion spezieller konditioneller Konzepte verbunden mit sportartspezifischer Technik und taktischer Maßgaben. Auch zum Projektende wurde die Spielersichtweise noch einmal explizit mittels einer abschließenden Fragebogenaktion erfragt. Hierbei zeigte sich, dass das Projekt von den Athleten gut angenommen und sehr geschätzt wurde. Exemplarisch hier

die Rückmeldung eines Spielers: „Gut getan hat die individuelle Förderung gezielt der Stärken und das Aufzeigen von Perspektiven zur Verbesserung der Schwächen, insbesondere Schüsse gegen die Laufrichtung, sowie die Einordnung in das Mannschaftstaktische Gefüge. Für uns als Mannschaft gut gelaufen ist die Entwicklung und Umsetzung eines gesamtmannschaftlichen taktischen Konzeptes, Schaffung einer gemeinsamen Fußballphilosophie und auch eines gemeinsamenFußballverständnisses.“

Im Sinne der Nachhaltigkeit und Weiterentwicklung der noch sehr jungen Sportart wäre eine längerfristige Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis im Blindenfußball wünschens- und erstrebenswert.

## 6 Literatur

- IBSA Blind Football Rulebook 2017-2021 (B1-Category) revised 3-1-2017. <http://www.ibsasport.org/sports/football/rules/>
- Magnes, S. (2017). *Rio 2016: Olympic and Paralympic Sports Medicine Strategies and Lessons Learned for Tokyo 2020*. ACSM 64th Annual Meeting, Denver, 01.06.2017



# Zeitkontinuierliche Schätzung der Absprung- und Flugparameter von Skispringern in Videoaufnahmen anhand automatischer zeitkontinuierlicher Erkennung von Körper- und Skiposen

(AZ 072009/18)

Rainer Lienhart<sup>1</sup> (Projektleitung), Ina Fichtner<sup>3</sup>, Dan Zecha<sup>1</sup>, Sören Müller<sup>2</sup> & Sascha Kreibich<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universität Augsburg, Institut für angewandte Informatik,  
Lehrstuhl für Multimedia und maschinelles Sehen

<sup>2</sup> Institut für Angewandte Trainingswissenschaft, Leipzig  
Fachgruppe Skispringen/Nordische Kombination

<sup>3</sup> Institut für Angewandte Trainingswissenschaft, Leipzig, Fachbereich MINT

## 1 Problemstellung

Händisch ausgewertete Videoaufzeichnungen von Skispringerinnen und Skispringern bilden aktuell eine wesentliche Grundlage für deren Leistungsdiagnose, Leistungsverbesserung und Trainingssteuerung. Leider limitiert der damit verbundene hohe personelle Aufwand, wie häufig diese so gewinnbringende Auswertung durchgeführt werden kann. Eine automatisierte Videobildauswertung bietet daher eine enorme Erleichterung. Durch sie beschleunigt sich der Prozess der Bestimmung kinematischer Flugparameter, sodass die Messergebnisse Trainern und Sportlern deutlich schneller zur Verfügung gestellt werden könnten. Die freigegebenen Kapazitäten könnten einerseits für eine intensivere Ergebnisinterpretation und umfangreichere Trainergespräche genutzt und andererseits für die Erhebung und Bearbeitung umfangreicherer Datensätze eingesetzt werden. Ziel dieses Service-Forschungsprojekts war es deshalb, vollautomatisch – d. h. mittels Verfahren des maschinellen Sehens ohne mühsame und arbeitsintensive manuelle Auswertung – von einem Skispringer auf der Schanze mittels softwarebasierter Auswertung der Videoaufnahmen zeitkontinuierlich Informationen über charakteristische Gelenkpunkte (Körperpunkte für Fuß-, Knie-, Hüft- und Schulter-, Ellenbogen-, Handgelenke) und damit über die Pose der Athleten zu ermitteln. Zusätzlich wird ein

Sportgerätemodell vorgeschlagen, welches die Detektion der Skier des Sportlers (Skispitze und Skiende) ermöglicht. Die automatische, zeitkontinuierliche Detektion der Körperpunkte ermöglicht unter Zuhilfenahme eines anthropometrischen Modells die Ermittlung des Körperschwerpunktes, dessen Flugbahn ein wichtiges Hilfsmittel zur qualitativen Bewertung der Absprung- und Flugtechnik bietet. Zusätzlich werden diverse Flug- und Anstellwinkel aus Körper- und Skipunkten berechnet. Abschließend wurde untersucht, ob aus den bestimmten Körperpunkten die normalerweise mit zusätzlichen Kraftsensoren im Sprungtisch abgeleiteten physikalischen Absprungräfte mit Verfahren des maschinellen Lernens geschätzt werden können.

## 2 Methode

Im Rahmen des Serviceforschungsprojekts wurde das System DeepSkiJumpPose entworfen und implementiert, welches den Skispringer detektiert, kontinuierliche und robust dessen Pose schätzt sowie Winkel- und Flugparameter ableitet und ausgibt. Alle gefragten Parameter werden aus Videodaten bestimmt, die verschiedene Phasen eines Skisprungs von der Seite zeigen (Beispielansicht siehe Abb. 1). Bis dato werden diese Videoaufnahmen von Trainingswissenschaftlern bzw. -wissenschaftlerinnen manuell ausgewertet. Diese markieren händisch

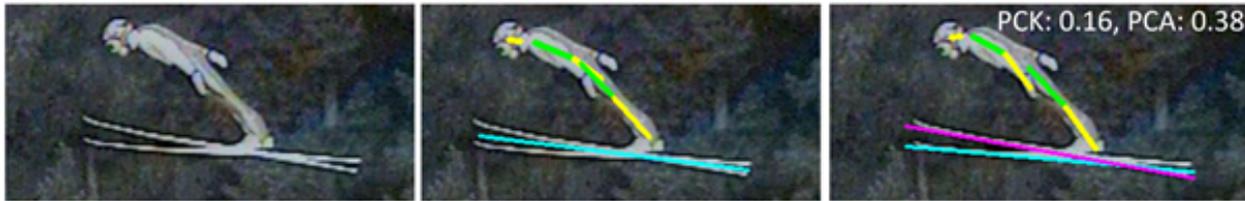


Abb. 1: Ein qualitativer Vergleich zwischen Expertenannotationen und automatischen Schätzungen  
 Links: Ausschnitt aus einem Kamerabild; Mitte: Annotation eines Experten; Rechts: Schätzung des DeepSkiJumpPose Systems

disch die Position einzelner Gelenke sowie der Skier in mehreren Einzelbildern unterschiedlicher Kameras. Anhand der Körperpunktannotationen können die gewünschten Winkel- und Flugparameter anschließend bestimmt werden. Diese Art der quantitativen Auswertung ist sehr zeitintensiv, da die Experten den Großteil der Einzelbilder eines Videos bewerten müssen.

Die im Folgenden vorgeschlagene Alternative zur vollautomatischen Bestimmung von Posen löst das Problem mittels Algorithmen aus dem Gebiet des maschinellen Sehens und Lernens. Dazu wird die Problemstellung auf folgende Betrachtungen reduziert: Aus einem konstanten Strom von Einzelbildern werden die Athleten mittels eines neuronalen Netzes zuerst in jedem Bild detektiert. Hierzu wird angelehnt an (Howard, 2017) ein tiefes neuronales Netz zur Detektion des Sportlers bzw. der Sportlerin im Absprungbereich und in der Flugphase trainiert. Die Anwendung eines solchen Modells<sup>1</sup> auf jedes Bild eines Skisprungvideos ergibt eine Schätzung für die Position des Sportlers. Damit wird die Aufmerksamkeit des Posenschätzers auf relevante Bereiche des Bildes fokussiert und Bereiche ausgeschlossen, die zu potentiellen Falschdetektionen führen können. Zur Detektion der Gelenkpunkte basierend auf (Wei, 2016) wurde ein tiefes neuronales Netz zur Schätzung der Körperpose trainiert. Dieser Ansatz funktioniert rein datengetrieben: Aus Trainingsbildern werden Ausschnitte extrahiert, die Gelenke in verschiedenen Teilen der Sprungphase zeigen. Zusammen mit der Information, welches Gelenk auf welchem Bildausschnitt zu sehen ist,

dienen die Ausschnitte als Eingabe für ein neuronales Netz. Mittels eines maschinellen Lernverfahrens werden die Parameter des Netzes angepasst, sodass der Vorhersagefehler für einen Bildausschnitt minimiert wird. Die Ausgabe des Netzes ist dann eine Wahrscheinlichkeit für die Anwesenheit jedes Gelenks in jedem Pixel des Bildes. In einem weiteren neuronalen Netz wird ein Modell zur Verifikation von Gelenkpositionen entwickelt, welches aus einer Sammlung von möglichen Gelenkdetektionen die wahrscheinlichste Konfiguration berechnet und, falls nötig, Gelenkpositionen korrigiert.

Beide Modelle zur Detektion der Skispringer und zur anschließenden Posenschätzung werden auf alle Einzelbilder eines Videos angewendet. Um eine möglichst konsistente Schätzung der Körperposen über die Zeit zu gewährleisten, wird eine robuste temporale Filterung auf den einzelnen Gelenken angewendet. Die entstehende Sequenz aus Posenschätzungen über ein Video hinweg wird verwendet, um die von Experten bestimmten Winkel und Flugparameter direkt zu berechnen.

Im Rahmen eines innovativen Arbeitspakets wurde ein temporales neuronales Netz zur Vorhersage der Absprungkräfte von Skispringern neu entwickelt und trainiert. Auch hier wurde datengetrieben gearbeitet: Die Trainingsdaten bestehen aus den geschätzten Körperposen und parallel durch Kraftmessplatten erfasste Absprungkräfte. Das neuronale Netz soll mittels der Abbildung von Posenkoordinatensequenzen auf Kraftmesssequenzen die Zusammenhänge zwischen beiden Modalitäten lernen und nach dem Training in der Lage sein, aus neuen Posensequenzen den entsprechenden Kraftverlauf vorherzusagen.

<sup>1</sup> Die Begriffe „Modell“ und „tiefes neuronales Netz“ werden im Folgenden synonym verwendet. Tatsächlich definiert die Struktur eines neuronalen Netzes das Modell mit dessen Modellparametern.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Serviceforschungsprojekts qualitativ und quantitativ bewertet. Die Springer werden mit einer Sensitivität und einer Genauigkeit von jeweils > 99 % in den Videos detektiert. Innerhalb einer Testmenge von 500 Bildern wurden lediglich zwei Bildbereiche fälschlicherweise als Athlet identifiziert. Die Erkennungsrate des verwendeten Sportlerdetektors ist damit mit der eines menschlichen Experten vergleichbar.

Ein qualitativer Vergleich zwischen Expertenannotation und Posenschätzung ist in Abb. 1 (Mitte und rechts) visualisiert. Da sich Fehler in der Detektion von einzelnen Gelenken bei der Berechnung von Winkelparametern fortpflanzen, ist in Abb. 2 der Fehler über die berechneten Winkel im Vergleich zu einem erfahrenen Experten visualisiert.

und orange) verglichen. Alle Experten erzeugen eine Abweichung von maximal einem Grad zwischen ihren Skiannotationen. Die automatische Schätzung schneidet hier etwas schlechter ab: Innerhalb von 2 Grad werden 90 % der Ski richtig detektiert. Dieser etwas schlechtere Wert lässt sich durch zwei Beobachtungen erklären. Zum einen muss zur Bestimmung der Abweichung aus beiden Skidetektionen der „mittlere“ Ski bestimmt werden (größerer Fehler durch Fortpflanzung), zum anderen kann es auch zu Fehldetektionen der Ski kommen.

Zur automatischen Bestimmung der Kraftverläufe aus wiederum automatisch geschätzten Posensequenzen des Absprungs lässt sich festhalten, dass die Vorhersageergebnisse von Kraftmessdaten aus Posensequenzen mittels neuronaler Netze äußerst vielversprechend sind. Allerdings konnte im Rahmen eines relativ kurzen Serviceforschungsprodukts keine konsis-

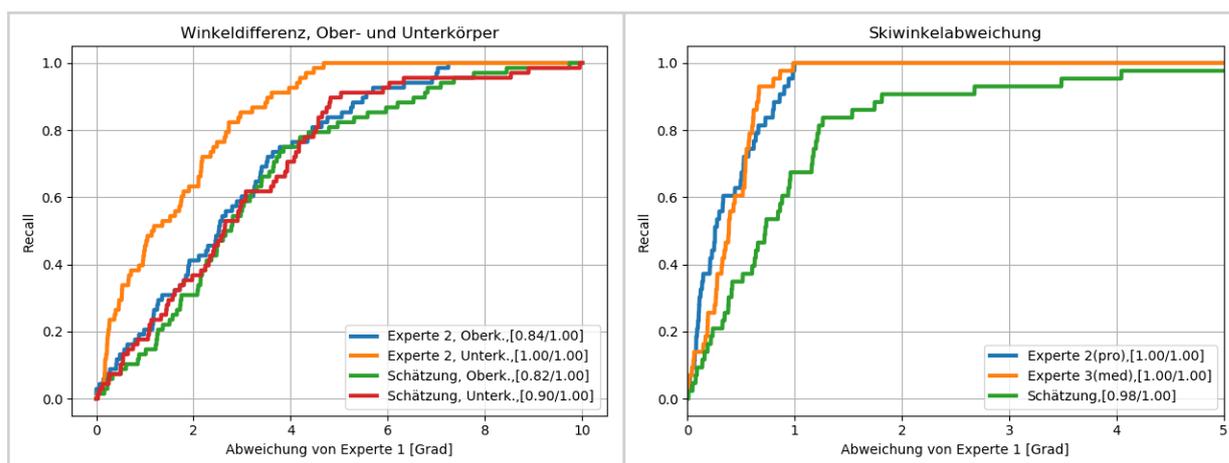


Abb. 2: Abweichung für Winkelparameter für Ober- und Unterkörper (links) und den Ski (rechts)

Auf der linken Seite der Abbildung werden die Schätzungen für Unterkörperwinkel (Fuß zu Hüfte) und Oberkörperwinkel (Hüfte zu Schulter) verglichen. Abgebildet ist jeweils die Abweichung zwischen Experten 1 und Experten 2 sowie Experten 1 und der Schätzung des Deep-SkiJumpPose Systems. Während die Lage des Oberkörpers sehr gut vom System reproduziert werden kann, wird die Lage des Unterkörpers vom Experten etwas besser geschätzt.

Die gleiche Auswertung kann auch für die Lage der Ski durchgeführt werden (Abb. 2, rechts). Hier wird die Lage der Ski von einem Referenzexperten vorgegeben und gegen die Leistung des Systems (grün) sowie zwei weitere Experten (blau

tent perfekte Kraftvorhersage erreicht werden: Während für einige Springer sehr gute Kraftverläufe reproduziert werden konnten, wurde in Experimenten auch deutlich, dass Vorhersagen für andere Skispringer nur unzureichend waren. Ein Grund hierfür ist die geringe Trainingsdatenmenge von 200 Videos. Des Weiteren müsste eine größere Datenmenge gewissenhaft von Experten annotiert werden, um eine noch bessere Posenschätzung im Absprungbereich zu ermöglichen und fehlerfortpflanzenden Effekte in der Vorhersage zu minimieren. Abb. 3 vergleicht die Ausgabe verschiedener neuronaler Netzstrukturen (spaltenweise) auf unterschiedlichen Kraftverläufen (zeilenweise).

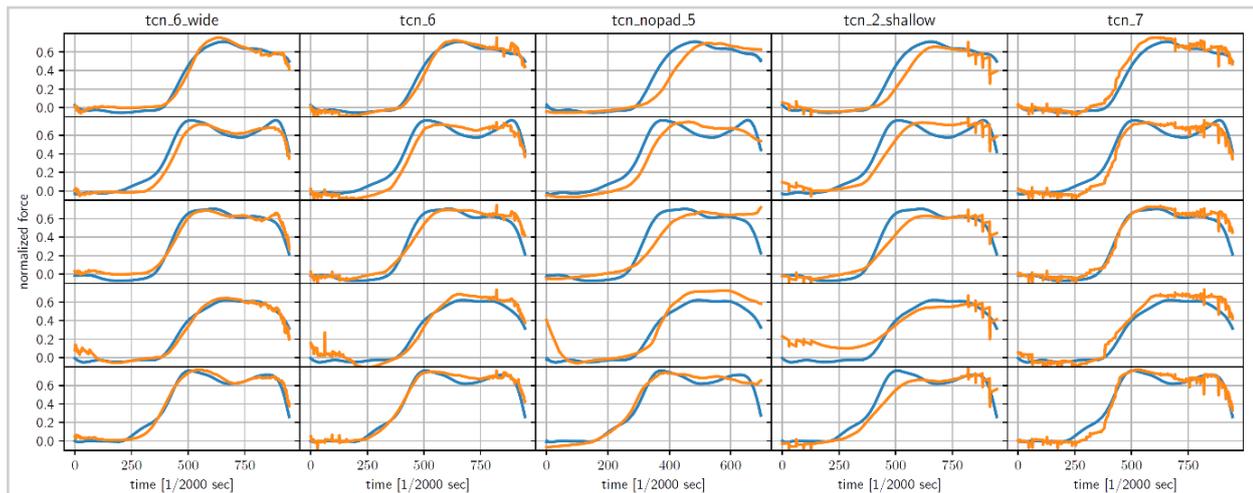


Abb. 3: Beispieldrohungen für Kraftverläufe des in (Zecha, 2018a) präsentierten Vorhersagenetzes. Spalten zeigen jeweils die Ausgabe verschiedener Netzarchitekturen, Zeilen zeigen unterschiedliche Kraftsignale. Die Grundwahrheit ist in blau dargestellt, die Vorhersage des Kraftverlaufs in Orange.

In blau ist die mittels Sensoren gemessene Grundwahrheit angegeben, die geschätzten Kraftverläufe sind in orange dargestellt.

Ausführliche Ergebnisse zum Serviceforschungsprojekt wurden im Rahmen von zwei wissenschaftlichen Aufsätzen (Zecha 2018a, 2018b) bei renommierten internationalen Konferenzen publiziert.

## 4 Literatur

- Howard, A. et al. (2017). *MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications*. CoRR, abs/1704.04861. <http://arxiv.org/abs/1704.04861>, 2017
- Wei, S.-E., Ramakrishna, V., Kanade, T. & Sheikh, Y. (2016). *Convolutional Pose Machines*. CVPR 2016.
- Zecha, D. et al. (2018a). *A Convolutional Sequence to Sequence Model for Multimodal Dynamics Predictions in Skijumps*. ACM Multimedia: First International Workshop on Multimodal Content Analysis in Sports, 2018.
- Zecha, D. et al. (2018b). *Kinematic Pose Rectification for Performance Analysis and Retrieval in Sports*. Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR) Workshops, 2018.

# Entwicklung athletenzentrierter Potenzial- und Zielgespräche im Rahmen des Athletenmanagements von Trainern im Deutschen Volleyball-Verband

(AZ 072010/17-18)

Frank Hänsel<sup>1</sup> (Projektleitung), Sören Daniel Baumgärtner<sup>2</sup> (Projektleitung) & Sabine A. Krawietz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität Darmstadt, Institut für Sportwissenschaft

<sup>2</sup>Goethe-Universität Frankfurt am Main, Institut für Sportwissenschaften

## 1 Problem

Das Athletenmanagement ist ein zentrales Element der Talentförderung im (Nachwuchs-) Leistungssport (Fahrner, 2014). Eine wesentliche Funktion ist die Abstimmung der spitzensportlichen Karriere mit den beruflichen Zielen und dem privaten Umfeld (Alfermann & Würth, 2009; Borggreffe & Cachay, 2013). So sind die sportlichen, beruflichen und privaten Anforderungen und Bedingungen, die mit einem hohen Einsatz von zeitlichen, physischen und psychischen Ressourcen des Athleten verbunden sind, in verschiedenen zeitlichen Perspektiven (kurz-, mittel- und langfristig) aufeinander abzustimmen.

Die zentrale Bedeutung des Trainers für ein effektives Athletenmanagement im Rahmen der Talentförderung ist vielfach beschrieben worden (z. B. Digel et al., 2010). Trainer sind an der unmittelbaren Trainings- und Wettkampfplanung und -umsetzung sowie der langfristigen und nachhaltigen Begleitung der Leistungsentwicklung und der Förderung der Persönlichkeit von Athleten maßgeblich beteiligt. Sie sollten dabei sportinterne Aspekte (z. B. bei Trainings- und Wettkampfplanung) sowie sportexterne Aspekte (z. B. die privaten und beruflichen Bedingungen und Ziele) über verschiedene Zeitschienen (z. B. saisonal, gesamte potenzielle Karriere) berücksichtigen.

Die Trainer-Athlet-Beziehung und -Interaktion spielt für eine effektive Talentförderung ebenfalls eine wichtige Rolle (Alfermann & Würth,

2009; Borggreffe, 2008; Hänsel et al., 2013; Lorimer & Jowett, 2009). So betonen Jowett und Kollegen (Jowett, 2009; Jowett & Poczwadowski, 2007) beispielsweise die Koordination von Trainern und Athleten, welche als das Ausmaß gemeinsamer Ziele, Vorstellungen, Werte und Erwartungen in einer Trainer-Athlet-Dyade verstanden werden. Sie hat einen positiven Einfluss auf die Zufriedenheit und das physische Selbstkonzept des Athleten, die Einstellung zum Sport sowie die Beurteilung des Zusammenhalts und des Führungsverhaltens des Trainers und insgesamt auch die sportliche Leistung (Rhind & Jowett, 2011).

In der Personal- und Sportpsychologie werden systematischen und intentionalen Gesprächen, wie Zielgesprächen, eine hohe Bedeutung für eine effektive Interaktion und Zielerreichung individueller und organisationaler Ziele zugesprochen (Fiege et al., 2006; Martindale, Collins & Abraham, 2007; Martindale et al., 2005; Wihler et al., 2014). Sie werden zur Leistungs- und Potenzialbeurteilung, Förderung und Entwicklung von Mitgliedern von Organisationen sowie der Organisation selbst betrachtet (Fiege et al., 2006; Wihler et al., 2014) und sollen strukturierte, individuell angepasste, ergebnisoffene Interaktionen mit einer langfristigen Perspektive ermöglichen (Martindale et al., 2007). Wichtige Prozessmerkmale sind das Einhalten der „Mitarbeiterperspektive“ und dass Beurteilte den Prozess als fair erleben und sie die Möglichkeit haben, ihre aufgezeigten Schwächen und Entwicklungsfelder durch trainings- und bera-

tungsorientierte Maßnahmen zu verbessern (Fiege et al., 2006). Institutionalisierte Potenzial- und Leistungsgespräche sind mit einer höheren Zufriedenheit, Motivation zur Leistungsverbesserung und einem höheren Commitment assoziiert (Fiege et al., 2006).

Der Deutsche Volleyball-Verband (DVV) sah den dringenden Bedarf, das Athletenmanagement im Hallen- und Beachvolleyball durch die Einführung von institutionalisierten Potenzial- und Zielgesprächen zu systematisieren und professionalisieren. Das Ziel dieses Projektes war es, die Potenziale und Ziele der Athleten langfristig und regelmäßig zu verfolgen und sie in der zeitlichen Abfolge von Ereignissen innerhalb des Wettkampfkalenders der Kader und der inhaltlichen Rahmenstruktur zu integrieren. Sportinterne (z. B. Sichtung in Kienbaum, Wechsel zum olympischen Stützpunkt oder einem Nachwuchsleistungszentrum, EM/WM-Teilnahmen, Ligaspielbetrieb) sowie sportexterne Termine (z. B. Klausur-/Prüfungsphasen, Schulferien) sollten dabei berücksichtigt werden. Letztlich sollten die zu entwickelnden Potenzial- und Zielgespräche teilstrukturiert bzw. -standardisiert und athletenzentriert erfolgen, dokumentiert werden und folgende Gesprächsinhalte beachten:

- › die Potenzialanalyse und Leistungsbeurteilung,
- › die Zielvereinbarung sowie
- › die Bestimmung von gezielten Entwicklungsmaßnahmen.

## 2 Methode

Es wurden problemzentrierte, leitfadengestützte Einzelinterviews (Lamnek, 2005) mit  $N = 13$  Funktionären, Bundes- und Landestrainern und ehemaligen Top-Athleten aus dem Hallen- und Beachvolleyball (9 männlich;  $M_{\text{Alter}} = 43.7$  Jahre;  $SD_{\text{Alter}} = 9.5$  Jahre) weitestgehend telefonisch ( $N = 10$ ) durchgeführt. Die Stichprobe wurde aus einer vom DVV vorgeschlagenen Liste ausgewählt, dennoch konnten die Vorgaben des theoretischen Samplings größtenteils realisiert werden. Die Interviewfragen bezogen sich inhaltlich auf die Analyse des Ist-Zustands (inwiefern und in welcher Art und Weise bislang Potenzial- und

Zielgespräche durchgeführt worden sind), der Wunschvorstellung (wie derartige Gespräche idealerweise geführt werden sollten), der Hindernisse (der Erkundung von Ursachen und Gründen, welche den gewünschten Ablauf der Gespräche behindern könnten) und dem Support (welche Maßnahmen getroffen werden könnten, um die Realisierung des gewünschten Ablaufs zu gewährleisten). Eine Checkliste, die mögliche Gesprächsinhalte und Rahmenbedingungen (Ablauf und Termingestaltung) übersichtlich darstellte, wurde bei den Interviews komplementär zum Leitfaden eingesetzt.

Eine Delphi-Befragung nach Häder (2002) zielte darauf ab, die gesammelten Aussagen zu prüfen und ggf. zu ergänzen. Die Rückmeldungen von 7 der 13 Interviewteilnehmer wurden erhalten und in die bestehende Systematik eingearbeitet. Auf Basis der Erkenntnisse der Literaturrecherche und der Aussagen der Befragungen wurde ein umfassendes, dreiteiliges Rahmenkonzept zur Durchführung der athletenzentrierten Potenzial- und Zielgespräche entwickelt. In einem Probeszenario wurde der entwickelte Leitfaden getestet und evaluiert.

Die Dissemination des Leitfadens (Nutzen, Ziele, Anwendung, Auswertung und weiteres Vorgehen) erfolgte mit der entsprechenden Zielgruppe der Volleyballtrainer im Nachwuchsleistungsbereich im Rahmen der DVV-Landestrainertagung am Olympiastützpunkt in Berlin in Form eines 4-stündigen Workshops. Unter den  $N = 43$  Teilnehmern befanden sich die beiden Sportdirektoren sowie  $N = 41$  Bundes- und Landestrainer. Die Evaluation des Workshops wurde mit Hilfe eines Fragebogens von allen Teilnehmern bearbeitet.

## 3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der qualitativen Interviews und der Delphi-Befragung beinhalten Berichte zu den Gesprächsinhalten, -ablauf und -terminen der bisher durchgeführten Trainer-Athlet-Gespräche und Wünsche zu den zukünftig avisierten Gesprächen. Zu den Gesprächsinhalten wurden Aussagen zu der Beurteilung der Athletenleistung (z. B. bzgl. Technik, Fitness, Taktik), der Zielerreichung, der Zielsetzung und der Bestimmung der Maßnahmen zur

Erreichung der zuvor gesetzten Ziele gemacht. Zum Gesprächsablauf zählten die Rahmenbedingungen, wie der aktiven Einbeziehung der Athleten (z. B. Athlet äußert seine Perspektive zuerst, danach folgt die Trainersicht), den äußeren Bedingungen während des Gesprächs (z. B. ruhige Atmosphäre) und der Planung (z. B. regelmäßige, im Voraus vereinbarte Termine). Außerdem wurden hier Aussagen zu der bereits vorhandenen und gewünschten Dokumentation festgehalten. Letztlich wurde die gewünschte Anzahl der Gespräche pro Jahr (z. B. 2-3 pro Jahr) sowie deren Zeitpunkte (z. B. unmittelbar vor Beginn oder nach Beendigung der Saison) und Dauer (z. B. 45-60 min) abgefragt.

Das Evaluationsgespräch im Anschluss an das vom Nachwuchsbundestrainer mit seinem Athleten durchgeführte Potenzial- und Zielgespräch ergab durchweg positive Rückmeldungen zum entwickelten Leitfaden. Die zur Verfügung gestellten Unterlagen wurden als verständlich, angemessen umfangreich und insgesamt als hilfreich beschrieben. Die Protokollvorlagen konnten digital eingesetzt werden und wurden hinsichtlich der Zeitökonomie sowie der Usability insgesamt als positiv bewertet. Mit ca. 45 min lag die Gesprächsdauer zudem im avisierten Zeitfenster.

Der endgültige Leitfaden gliedert sich in drei Teile. Teil A stellt die Grundsätze des Konzepts, bestehend aus den Zielen und Nutzen, den Rahmenbedingungen und den Gesprächsinhalten sowie Empfehlungen zur Vor- und Nachbereitung und Hinweisen zum Datenschutz der hier vorgestellten athletenzentrierten Potenzial- und Zielgespräche dar. In Teil B, dem Gesprächsleitfaden, werden der Aufbau und die Inhalte des athletenzentrierten Potenzial- und Zielgesprächs für Trainer in Form eines Gesprächsleitfadens erläutert. Es werden das allgemeine Verständnis der Gespräche, der richtige Umgang mit dem Gesprächsprotokoll und grundlegende Hinweise zur Gesprächsführung dargelegt. In Teil C werden die erstellten Materialien (Gesprächsprotokolle) zur Planung, Durchführung und Dokumentation der athletenzentrierten Potenzial- und Zielgespräche vorgestellt. Die Kernphase des Gesprächs enthält den Austausch zu aktuellen Anliegen des Athleten, die Beurteilung seiner vorausgehenden Leistung (z. B.

seit dem letzten Potenzial- und Zielgespräch), die Analyse und Bewertung der Erreichung der zuvor gesetzten Ziele, die Vereinbarung neuer kurzfristiger und saisonaler Ziele und die Besprechung seiner Karriereziele und langfristigen Potenziale. Es wird darauf hingewiesen, dass die Sicht des Athleten in der Regel vor der des Trainers geschildert werden soll.

Der 4-stündige Workshop im Rahmen der DVV-Landestrainertagung zur Vermittlung und Schulung des Leitfadens wurde von den  $N = 43$  Teilnehmern über den Evaluationsbogen insgesamt als gut bewertet.

## 4 Diskussion

Das zentrale Ergebnis des Service-Forschungsprojektes besteht in der Entwicklung des Leitfadens zu athletenzentrierten Potenzial- und Zielgesprächen. Dieser wurde auf Basis der wissenschaftlichen Literaturrecherche (vorwiegend in der Sport- und Personalpsychologie), der problemzentrierten, qualitativen Interviews und der anschließenden Delphi-Befragung mit Experten aus dem DVV (je  $N = 13$ ) entwickelt und in einem Probeszenario getestet. Der Leitfaden besteht aus der Vorstellung des Konzeptes (Teil A), dem Gesprächsleitfaden mit Hinweisen zur Gesprächsführung (Teil B) sowie dem Gesprächsprotokoll (Teil C).

Schon in der Entwicklungsphase wurde das Projekt den Teilnehmern des 42. und 43. internationalen Hochschul-Symposiums des deutschen Volleyball-Verbandes vorgestellt (Baumgärtner, Krawietz & Hänsel, 2018, i. D.).

Die Dissemination des Leitfadens erfolgte mittels eines 4-stündigen Workshops mit  $N = 43$  Teilnehmern bei einer vom DVV ausgerichteten Landestrainertagung. Wie die Evaluation des Workshops zeigt, wurde dieser in den einzelnen Aspekten, wie der entwickelten Materialien (z. B. Gesprächsleitfaden, Gesprächsprotokoll) und der Vermittlung der Inhalte sowie dem Engagement der Workshopleiter, positiv aufgenommen. Die positive Gesamtbewertung lässt zudem auf eine Akzeptanz des vorgestellten Leitfadens schließen.

Nach Kenntnis der Autoren ist der vorliegende Leitfaden zu athletenzentrierten Potenzial-

und Zielgesprächen der bisher erste, der für einen deutschsprachigen Verband auf wissenschaftlicher Basis für die Sportpraxis entwickelt wurde. Zwar stellen Protokolle und Leitfäden für institutionalisierte Mitarbeitergespräche in Organisationen außerhalb des Sports ein häufig verwendetes Instrument dar (Fiege et al., 2006; Wihler et al., 2014), in der Sportwissenschaft scheint diese Führungsmethode jedoch bei Weitem nicht etabliert zu sein, auch wenn bereits seit längerem der Bedarf und Nutzen von regelmäßig und strukturiert geführten Entwicklungsgesprächen zwischen Trainern und Athleten plädiert wird (Martindale et al., 2007).

Aus Sicht der beteiligten Experten ist der Leitfaden ein ausgereiftes und nützliches Tool zur Begleitung von Athleten im (Nachwuchs-)Spitzensport, das durchaus auf andere Sportarten oder Sportverbände übertragen werden kann. Auch wenn Trainer und Athleten in anderen Sportarten unter ähnlichen organisatorischen Rahmenbedingungen zusammenarbeiten und wesentliche Bestandteile des Rahmenkonzepts aus der wissenschaftlichen Literatur (z. B. Potenzial- und Leistungsgesprächen aus der Personalpsychologie) abgeleitet wurden, kann ein Transfer in der Regel aber nicht ohne Modifikationen erfolgen. Grund hierfür ist die Adaptation des Vorgehens an die spezifischen Bedürfnisse des DVV auf Basis der vom Verband kommunizierten Anforderungen sowie der Aussagen der am Projekt beteiligten Sportdirektoren, Bundestrainer und Topathleten aus dem Hallen- und Beachvolleyball. Für eine sportartübergreifende Nutzung wird daher eine Testung und eventuelle Anpassung des Leitfadens mittels weiterer Untersuchungen in den entsprechenden Sportarten bzw. Verbänden empfohlen.

## 5 Literatur

**Hinweis:** Die aus dem Service-Forschungsprojekt hervorgegangenen Publikationen sind mit \* markiert.

Alfermann, D. & Würth, S. (2009). Gruppenprozesse und Intergruppenbeziehungen. In W. Schlicht (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie Grundlagen der Sportpsychologie* (S. 719-777). Göttingen: Hogrefe, Verl. für Psychologie.

- \*Baumgärtner, S. D., Krawietz, S. & Hänsel, F. (2018). Aktuelle sportpsychologische Projekte im Deutschen Volleyball-Verband. In K. Langolf & R. Roth (Hrsg.), *Volleyball international in Forschung und Lehre 2017. 42. Internationales Hochschul-Symposium des deutschen Volleyball-Verbandes* (S. 31-38). Hamburg: Feldhaus.
- \*Baumgärtner, S. D., Krawietz, S. & Hänsel, F. (i. D.). Entwicklung und Dissemination eines Leitfadens für athletenzentrierte Potenzial- und Zielgespräche im Rahmen des Athletenmanagements von Trainern im Deutschen Volleyball-Verband. In K. Langolf & R. Roth (Hrsg.), *Volleyball international in Forschung und Lehre 2017. 43. Internationales Hochschul-Symposium des deutschen Volleyball-Verbandes*. Hamburg: Feldhaus.
- Borggreffe, C. (2008). *Kommunikation im Spitzensport – Theoretische Reflexionen zu kommunikativen Erfolgsstrategien von Trainern*. Schorndorf Hofmann.
- Borggreffe, C. & Cachay, K. (2013). Communicative challenges of coaches in an elite-level sport system: theoretical reflections on successful coaching strategies. *European journal for sport and society*, 10 (1), 7-29.
- Digel, H., Thiel, A., Schreiner, R. & Waigel, S. (2010). *Berufsfeld Trainer im olympischen Spitzensport*. Schorndorf: Hofmann.
- Fahrner, M. (Hrsg.). (2014). *Grundlagen des Sportmanagements* (2., aktualisierte Aufl.). München: R. Oldenbourg.
- Fiege, R. Muck, P. M. & Schuler, H. (2006). Mitarbeitergespräche. In H. Schuler (Hrsg.) *Lehrbuch der Personalpsychologie* (2., überarbeitete und erweiterte Aufl., S. 471-527). Göttingen: Hogrefe.
- Häder, M. (Hrsg.). (2002). *Delphi-Befragungen: Ein Arbeitsbuch*. Wiesbaden: Westdeutscher.
- Hänsel, F., Werkmann, S., Schulz, C. & Kappes, E. (2013). Trainings- und Wettkampfqualität aus Athleten- und Trainersicht. Eine mehrdimensionale Systematik kritischer Ereignisse. *Leistungssport*, 43 (2), 4-10.

- Jowett, S. (2009). Validating Coach-Athlete Relationship Measures with the Nomological Network. *Measurement in physical education & exercise science*, 13 (1), 34-51.
- Jowett, S. & Poczwadowski, A. (2007). Understanding the coach-athlete relationship. In S. Jowett & D. Lavallee (eds.), *Social psychology in sport* (pp. 3-14). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Lamnek, S. (2005). *Qualitative Sozialforschung: Lehrbuch* (4. Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Lorimer, R. & Jowett, S. (2009). Empathic Accuracy, Meta-Perspective, and Satisfaction in the Coach-Athlete Relationship. *Journal of applied sport psychology*, 21 (2), 201-212.
- Martindale, R. J. J., Collins, D. & Abraham, A. (2007). Effective talent development: The elite coach perspective in UK Sport. *Journal of applied sport psychology* 19 (2), 187-206.
- Martindale, R. J. J., Collins, D., & Daubney, J. (2005). Talent development: A guide for practice and research within sport. *Quest*, 57, 353-375.
- Rhind, D. J. A. & Jowett, S. (2011). Linking maintenance strategies to the quality of coach-athlete relationships. *International journal of sport psychology*, 42 (1), 55-68.
- Wihler, A., Solga, M. & Blicke, G. (2014). Personalentwicklung 2: Karrieremanagement, Training und Beratung. In H. Schuler & K. Moser (Hrsg.), *Lehrbuch Organisationspsychologie* (5. Aufl., S. 369-405). Bern: Hans Huber.



# Differenzierte Analyse verschiedener leistungsdiagnostischer Untersuchungsmethoden zur Optimierung der Trainingsanalyse und -steuerung im Kanurennsport

(AZ 072012/18)

Manuel Matzka<sup>1</sup>, Christoph Zinner<sup>2</sup>, Philipp Kunz<sup>1</sup> & Billy Sperlich<sup>1</sup> (Projektleitung)

<sup>1</sup>Julius-Maximilians-Universität, Arbeitsbereich Integrierte und Experimentelle Trainingswissenschaft, Würzburg

<sup>2</sup>Hessische Hochschule für Polizei und Verwaltung, Abteilung für Sport, Wiesbaden

## 1 Einleitung/Problemstellung

### Hinführung zur Thematik

Kanurennsport ist eine Kraftausdauersportart, bei der die Athleten je nach olympischer Distanz (200 m, 500 m, 1000 m) und Geschlecht Belastungszeiten von ca. 35-40 Sekunden, 1:35-1:50 min bis zu 3:30-3:50 min im Kajak Einer aufweisen (Jahn, Winkler, & Witt, 2011). Im Kajak Zweier und Vierer fallen die Zeiten entsprechend kürzer aus. Diese Belastungszeiten sind damit vom Kurzeitdauerbereich (45-120 s; 500 m) bis in den Bereich der Mittelzeitausdauer (2-8 min; 1000 m) einzuordnen. Untersuchungen zeigen hierbei einen hohen Anteil der aeroben Energiebereitstellung von 62-78 % für die 500 m Distanz bis hin zu 82-87 % für die 1000 m (Byrnes & Kearney, 1997; Zamparo, Capelli, & Guerrini, 1999; Zouhal et al., 2012). Die 200 m sind in die Belastungsstruktur der Schnelligkeitsausdauer einzuordnen. Auch wenn hierbei der aerobe Anteil der Energiebereitstellung „nur“ noch bei ca. 37-40 % liegt, ist auch hier die aerobe Leistungsfähigkeit eine extrem wichtige Komponente der Leistungsfähigkeit (Byrnes & Kearney, 1997; Zamparo et al., 1999). Das zeigt, dass die aerobe Energiebereitstellung beim Kanu-Rennsport eine herausragende Rolle spielt (van Someren & Howatson, 2008). Entsprechend kennzeichnet eine hohe maximale Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2max}$ ) auch einen erfolgreichen Rennkanuten. Im Vergleich mit den leichtathletischen Laufdisziplinen mit ähnlichen Belastungszeiten scheint die aerobe Energiebereit-

stellung im Kanu-Rennsport sogar eine größere Rolle zu spielen. Es wird vermutet, dass dies das Resultat der unterschiedlichen Muskelmasse ist, die in die jeweiligen Fortbewegungstechniken involviert ist (Zouhal et al., 2012).

Folglich ist die Entwicklung der aeroben Kapazität (Erhöhung der  $VO_{2max}$ ) ein Schwerpunkt im Training von Kanuten. Bisher wird die Trainingssteuerung im Ausdauerbereich nur an den Parametern Herzfrequenz und Laktat(-leistungskurven) durchgeführt. Jedoch ist die Aussagekraft dieser beiden Parameter allein eingeschränkt und erlaubt nur im geringen Maße eine Einschätzung der individuellen Belastung sowie Stoffwechselsituation, was die Vorhersagbarkeit möglicher physiologischer Reaktionen und damit Trainingsadaptationen stark erschwert. Die Rahmentrainingskonzeption des Deutschen Kanu-Verbandes (DKV) sieht vor, dass sich ca. 85 bis 90 % des spezifischen Gesamttrainingsumfangs im Bereich der Grundlagenausdauer 1 (entspricht etwa 75-85 % von Wettkampfgeschwindigkeit; HF: 140-165 S/m; Laktat: 2,5-4,0 mmol/L) abspielen soll (Kahl, 2005). Der DKV hat mit der bisherigen Diagnostik bekanntermaßen sehr große Erfolge in der Vergangenheit bei Olympischen Spielen sowie Welt- und Europameisterschaften verzeichnen können, sieht aber durchaus die Chance mittels weiterer Diagnostikmethoden, die aerobe Kapazität zukünftig noch genauer ermitteln zu können und erhofft sich daraus noch genauere Leistungskontrollen und Trainingsvorgaben für die Zukunft.

Zur regelmäßigen Kontrolle der aeroben Leistungsentwicklung wendet der DKV traditionell einen Laktat-Stufentest auf dem Freiwasser sowie unter Laborbedingungen in einer Gegenstromanlage an. Hierbei wird bislang lediglich die Herzfrequenz sowie Leistung an verschiedenen Laktat-Schwellenwerten ermittelt. Neben der Kontrolle des vergangenen Trainings dienen diese Schwellen auch als Grundlage für die Gestaltung der Trainingsinhalte. Der Erfolg dieser Methodik lässt sich nicht zuletzt anhand der herausragenden Ergebnisse des DKV bei den vergangenen Olympischen Spielen bemessen. Dennoch ist die bislang fehlende Messung von Atemgasen, die seit vielen Jahren in der Sportwissenschaft als Goldstandard für die Ermittlung der aeroben Leistungsfähigkeit eingesetzt wird, zur Bestimmung der Bewegungsökonomie und/oder der maximalen Sauerstoffaufnahme im Rahmen der Leistungsdiagnostik des DKV als wesentliche Leistungsressource angesehen.

In vielen anderen Sportarten in Deutschland und auch im Kanu-Rennsport auf internationaler Ebene nutzt man schon lange die Möglichkeit, die maximale Sauerstoffaufnahme mittels Spirometrie zu untersuchen. Auch wenn es bis dato nur wenige Studien gibt, so konnten bereits Korrelationen zwischen der Wettkampfleistung und der maximalen Sauerstoffaufnahmekapazität bei Kanuten festgestellt werden (Michael, Rooney & Smith, 2008). Mögliche Korrelate zu anderen wichtigen physiologischen Bezugspunkten (Bewegungsökonomie, Sauerstoffsättigung), wie in anderen Kurz- und Mittelzeitausdauersportarten, fehlen gänzlich. Bereits in den 1970er und 1980er Jahren wurden in Deutschland eigene Untersuchungen mit Atemgasanalysen auf Kanu-Ergometern und in der Kanu-Gegenstromanlage in Potsdam durchgeführt. Diese waren damals jedoch aufgrund ungeeigneter Messsysteme nicht erfolgversprechend. Mit den neueren Messsystemen erhofft man sich nun valide Messungen durchführen zu können, die einen Mehrwert für die Kanu-Leistungsdiagnostik liefern können.

## 2 Ziele und Arbeitshypothesen

Ziele des vorliegenden Projekts waren

- › den Zusammenhang der wesentlichen Kenngrößen der Mittelzeitausdauer (u. a.  $\dot{V}O_{2max}$ ,  $v_{LT}$ ,  $v\dot{V}O_{2max}$ ) mit der Wettkampfleistung zu untersuchen;
- › die gegenwärtige individuelle Leistungsfähigkeit von Kanuten genauer zu erfassen und Leistungsreserven aufzudecken;
- › Konsequenzen für das Training auf der Grundlage der umfangreichen Testergebnisse abzuleiten.

Alle Teilfragen zielen darauf ab, um letztlich entscheiden zu können, ob

- › die Wettkampfsimulation auf einem Ergometer die wettkampftypischen Schlagfrequenzen erlaubt und
- › die Atemgasanalyse zur Steuerung des Trainings bei Kanuten und der dabei zu erzielende Mehrgewinn in der Erkenntnis zur gegenwärtigen Leistungsfähigkeit beiträgt.

## 3 Methodik

Als Probanden dienten 14 Sportlerinnen und Sportler aus den B, C, CN, DC, und D-Kadern des DKV.

Die Untersuchung bestand aus insgesamt zwei Testtagen, an denen die Probanden jeweils einen leistungsdiagnostischen Test absolvierten. Die Leistungsdiagnostiken umfassten einen Stufentest auf dem Wasser und einen Stufentest auf einem Kanuergometer. Die Stufentests wurden in randomisierter Reihenfolge von den Probanden durchgeführt. Beim ersten Termin wurden zusätzlich wichtige anthropologische Kenngrößen (Alter, Größe, Gewicht, BMI, Körperfettanteil etc.) erfasst.

Der Stufentest bestand aus fünf Stufen über jeweils 1500 m. Die Intensität der einzelnen Stufen wurde über die Herzfrequenz (% von  $HF_{max}$ ) gesteuert. Diese waren identisch für den Test auf dem Ergometer und auf dem Wasser. Die angestrebten Werte für die einzelnen Stufen lagen bei 60; 70; 80; 90; 100 %

Während und am Ende jeder Stufe wurde die Laktatkonzentrationen (Lactate Pro 2, Arkray KDK, Kyoto, Japan) sowie durchgehend die Herzfrequenz und die Atemgase mittels Spirometrie (Metamax 3B, Cortex Biophysik, Leipzig) gemessen. Während des Stufentests auf dem Kanuergometer wurde zusätzlich das Schlagvolumen mit Hilfe einer non-invasiven hämodynamischen Messung (Physio Flow, Manatec type PF05L1, Paris) erfasst.

Die Termine für die Tests lagen zeitlich nah an einem offiziellen Wettkampf. So konnten zusätzlich die aktuellen Wettkampfleistungen zu den in den Leistungsdiagnostiken ermittelten physiologischen Kenngrößen in Bezug gesetzt werden.

## 4 Ergebnisse

Die Ergebnisse für die einzelnen Parameter sind für jede Stufe in Tab. 1 (Seite 5) dargestellt. Der Vergleich der Herzfrequenzen der einzelnen Stufen zeigt keinen Unterschied zwischen dem Ergometer- und dem Wassertest. Jedoch unterschieden sich die Zeiten der einzelnen Stufen signifikant zueinander.

Die Laktatwerte für die einzelnen Stufen unterscheiden sich nicht signifikant voneinander. Jedoch zeigten sich Unterschiede in der Sauerstoffaufnahme ( $VO_2$ ) bei den höheren Intensitäten (Stufe 4 und 5), mit höheren Werten auf dem Wasser im Vergleich zum Ergometer.

Tab. 2 (Seite 6) zeigt die Maximalwerte für die Herzfrequenz und für die spirometrischen Parameter. Auch hier zeigt sich eine signifikant höhere  $VO_2$  auf dem Wasser im Vergleich zum Ergometertest.

Tab. 3 (Seite 6) zeigt die Korrelation zwischen einigen erhobenen Parametern und den Wettkampfleistungen über 200 m, 500 m und 1000 m. Der stärkste Zusammenhang ist für alle Distanzen für die durchschnittliche Leistung in der letzten Stufe auf dem Ergometer festzustellen.

## 5 Diskussion

In diesem Projekt sollten die Zusammenhänge zwischen relevanten leistungsdiagnostischen Parametern und der Wettkampfleistung im Kanurennsport analysiert werden.

Die Laktatwerte zwischen den einzelnen Stufen auf dem Ergometer unterscheiden sich nicht zu denen auf dem Wasser. Auch die  $VO_2$  in den ersten drei Stufen ist nicht signifikant unterschiedlich zwischen dem Ergometer- und dem Wassertest. Jedoch zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen der  $VO_2$  in den Stufen 4 und 5 sowie in der  $VO_{2max}$  auf dem Ergometer vs. Wasser.

Für die Ausdauer an Land konnten in den letzten Jahren fünf wichtige leistungsbestimmende Parameter identifiziert werden, die eine Aussage über den Stand der Ausdauerleistungsfähigkeit eines Athleten zulassen. Hierzu zählen neben einer hohen maximalen Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2max}$ ), die Fähigkeit, eine Belastung bei einem hohen Anteil der  $VO_{2max}$  möglichst lange durchhalten zu können (% von  $VO_{2max}$ ), eine hohe Leistung an der Laktatschwelle (unterschiedlich definiert; siehe Faude et al., 2009; Billat, 2001), die Ökonomie, definiert als ein möglichst niedriger Energieverbrauch bei submaximalen Belastungen sowie eine hohe Leistung an der  $VO_{2max}$  ( $vVO_{2max}$ ) (Jones, 2006).

Wie hoch die Anteile der verschiedenen Variablen an der sportlichen Leistung im Kanurennsport sind und ob diese Parameter wirklich für den Kanurennsport auch die relevantesten sind, ist bislang nicht eindeutig geklärt. Zu den am häufigsten untersuchten Sportarten zählen Radsport und Laufen (Distanzen >15 km). So korreliert die Sauerstoffaufnahme sehr hoch mit der Endlaufleistung über 16 km bzw. Marathon-distanz (16 km:  $r = -0,90$ ; Marathon:  $r = -0,77$ ), jedoch scheint beispielsweise die erreichte Geschwindigkeit an der  $VO_{2max}$  ein ebenso wichtiges Kriterium zu sein (16 km:  $r = -0,97$ ) (Billat et al. 2001; McLaughlin et al. 2010). Unsere Daten zeigen, dass die Sauerstoffaufnahme sowie die Geschwindigkeit an der  $VO_{2max}$  auch sehr hoch mit der Kanuleistung korrelieren. Auch hier zeigt die Leistung in der letzten Stufe einen sehr hohen Zusammenhang mit der Leistung über alle drei Distanzen ( $r = 0,81-0,93$ ), wie auch die  $VO_{2max}$  ( $r = 0,58-0,74$ ).

Es ist zu vermuten, dass eine Erhöhung der  $VO_{2max}$  prinzipiell eine höhere aerobe Energiebereitstellung verspricht und dadurch Potenzial zu einer höheren aeroben Leistungsfähigkeit und damit zu höheren Renngeschwindigkeiten erschließt. Letzteres ist sportfachlich vor allem für die olympischen Hauptstrecken (500 m und 1000 m) relevant, da die Rennstruktur für siegreiche Boote in hohem Maße von einer hohen Geschwindigkeit im Mittelstück der Wettkampfstrecken abhängig ist.

## 6 Literatur

- Billat, L. V. (2001). Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Special recommendations for middle- and long-distance running. Part I: aerobic interval training. *Sports medicine*, 31 (1), 13-31. doi: 10.2165/00007256-200131010-00002 Part II: anaerobic interval training. *Sports medicine*, 31 (2), 75-90. doi: 10.2165/00007256-200131020-00001
- Byrnes, W. C., & Kearney, J. T. (1997). Aerobic and anaerobic contributions during simulated canoe/kayak sprint events. *Medicine and science in sports and exercise*, 29 (Supplement), 220.
- Englert, M., & Kießler, R. (2009). Analysen und Erkenntnisse aus der Sicht des Spitzensports im Kanurennsport und Kanuslalom. *Zeitschrift für angewandte Trainingswissenschaft*, 16 (1), S. 24-39.
- Faude, O., Kindermann, W., & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? [Review]. *Sports medicine*, 39 (6), 469-490. doi: 10.2165/00007256-200939060-00003
- Hebert-Losier, K., Zinner, C., Platt, S., Stoggl, T. & Holmberg, H. C. (2016). Factors that Influence the Performance of Elite Sprint Cross-Country Skiers. *Sports medicine*. doi:10.1007/s40279-016-0573-2
- Jahn, C., Winkler, D., & Witt, M. (2011). *Zur Kinetik des Paddelschlags bei Wettkampfgeschwindigkeiten im Kanurennsport auf der 200-m-Sprintstrecke bei den Kajakerren* (S. 229-233).
- Jones, A. M. (2006). The Physiology of the World Record Holder for the Women's Marathon. *International journal of sports science & coaching*, 1 (2), 101-116. doi: 10.1260/174795406777641258
- Kahl, J. (2005). *DKV-Rahmentrainingskonzeption-Kanurennsport und Kanuslalom*. Duisburg: Deutscher Kanu-Verband-Wirtschafts- und Verlags GmbH.
- McLaughlin, J. E., Howley, E. T., Bassett, D. R., Jr., Thompson, D. L., & Fitzhugh, E. C. (2010). Test of the classic model for predicting endurance running performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 42 (5), 991-997. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181c0669d
- Michael, J. S., Rooney, K. B., & Smith, R. (2008). The Metabolic Demands of Kayaking: A Review. *Journal of science and medicine in sport*, 7 (1), 1-7.
- Olstad, B. H., Vaz, J.R., Zinner, C., Cabri, J.M. & Kjendlie, P. L. (2016a). Muscle coordination, activation and kinematics of world-class and elite breaststroke swimmers during submaximal and maximal efforts. *Journal of sports sciences*:1-11. doi:10.1080/02640414.2016.1211306
- Olstad, B. H., Vaz, J.R., Zinner, C., Cabri, J.M. & Kjendlie, P. L. (2016b). Muscle Activation in World Champions, World-Class and National Breaststroke Swimmers. *International journal of sports physiology and performance*:1-27. doi:10.1123/ijsp.2015-0703
- van Someren, K. A., & Howatson, G. (2008). Prediction of flatwater kayaking performance. *International journal of sports physiology and performance*, 3 (2), 207-218.
- Zamparo, P., Capelli, C., & Guerrini, G. (1999). Energetics of kayaking at submaximal and maximal speeds. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 80 (6), 542-548. <https://doi.org/10.1007/s004210050632>
- Zouhal, H., Lahaye, S. L. D., Abderrahaman, A. B., Minter, G., Herbez, R., & Castagna, C. (2012). Energy system contribution to Olympic distances in flat water kayaking (500 and 1,000 m) in highly trained subjects. *Journal of strength and conditioning research*, 26 (3), 825-831.

Tab. 1: Physiologische Werte für die einzelnen Stufen. Werte gemittelt über die letzten 2 min jeder Stufe

Parameter	Messzeitpunkt	Ergometer	Wasser	p-Wert	Effektstärken Cohen's d
Herzfrequenz [S/min]	Stufe 1	120 ± 7	122 ± 6	1,0	0,3
	Stufe 2	134 ± 5	135 ± 6	1,0	0,2
	Stufe 3	152 ± 6	154 ± 8	1,0	0,3
	Stufe 4	172 ± 6	172 ± 7	1,0	0,1
	Stufe 5	193 ± 8	193 ± 5	1,0	0,1
Zeit [s]	Stufe 1	635,9 ± 84,2	562,1 ± 52,7	0,0002	1,1
	Stufe 2	568,6 ± 54,3	526,3 ± 50,8	0,0002	0,8
	Stufe 3	518,8 ± 43,8	485,9 ± 37,5	0,0003	0,8
	Stufe 4	482,6 ± 38,6	451,6 ± 30,0	0,0006	0,9
	Stufe 5	429,5 ± 41,2	401,3 ± 28,7	0,002	0,8
Laktat [mmol/L]	Ruhe	1,2 ± 0,2	1,2 ± 0,3	1,00	0,1
	Stufe 1	1,1 ± 0,2	1,1 ± 0,1	1,00	0,3
	Stufe 2	1,1 ± 0,3	1,2 ± 0,2	1,00	0,3
	Stufe 3	1,4 ± 0,5	1,4 ± 0,3	1,00	0,0
	Stufe 4	2,2 ± 0,8	2,4 ± 1,1	1,00	0,1
	Stufe 5	7,0 ± 3,2	7,7 ± 3,5	0,07	0,2
Sauerstoffaufnahme [mL/min]	Stufe 1	1449 ± 335	1526 ± 463	0,95	0,2
	Stufe 2	1799 ± 357	1921 ± 543	0,55	0,3
	Stufe 3	2230 ± 514	2382 ± 630	0,24	0,3
	Stufe 4	2676 ± 555	2886 ± 739	0,02	0,3
	Stufe 5	3429 ± 856	3720 ± 975	0,0004	0,3
Respiratorischer Quotient [a.u.]	Stufe 1	0,86 ± 0,04	0,89 ± 0,05	0,01	0,7
	Stufe 2	0,86 ± 0,03	0,88 ± 0,05	0,10	0,5
	Stufe 3	0,87 ± 0,03	0,89 ± 0,05	0,10	0,5
	Stufe 4	0,89 ± 0,04	0,92 ± 0,05	0,02	0,7
	Stufe 5	0,97 ± 0,05	1,01 ± 0,07	0,0002	0,7
Ventilation [L/min]	Stufe 1	42 ± 8	44 ± 13	0,98	0,2
	Stufe 2	51 ± 8	54 ± 15	0,94	0,2
	Stufe 3	65 ± 14	68 ± 19	0,85	0,2
	Stufe 4	84 ± 15	86 ± 22	0,99	0,1
	Stufe 5	128 ± 26	133 ± 28	0,49	0,2
Atemfrequenz [1/min]	Stufe 1	35 ± 8	34 ± 9	1,00	0,1
	Stufe 2	41 ± 9	38 ± 10	0,64	0,3
	Stufe 3	47 ± 12	44 ± 12	0,75	0,2
	Stufe 4	54 ± 16	50 ± 14	0,46	0,2
	Stufe 5	66 ± 15	64 ± 13	0,99	0,1
RPE [Borg 6-20]	Stufe 1	7,7 ± 1,2	6,8 ± 0,9	0,15	0,9
	Stufe 2	10,2 ± 1,4	8,9 ± 1,9	0,01	0,8
	Stufe 3	13,1 ± 1,4	11,7 ± 1,6	0,005	0,9
	Stufe 4	15,5 ± 1,6	14,1 ± 1,1	0,005	1,0
	Stufe 5	19,6 ± 0,5	19,2 ± 0,8	0,98	0,5

Tab. 2: Maximalwerte in den Tests (Als Maximalwerte wurden die höchsten aufeinander folgenden 30-s genommen)

Parameter	Ergometer	Wasser	p-Wert	Effektstärken Cohen's d
Herzfrequenz [S/min]	199 ± 5	196 ± 5	0,71	0,1
VO <sub>2max</sub> [L/min]	3,6 ± 0,9	4,0 ± 1,0	0,002	0,4
RQ [a.u.]	1,00 ± 0,05	1,06 ± 0,07	0,001	1,0
Ventilation [L/min]	138 ± 29	144 ± 31	0,01	0,2
Atemfrequenz [1/min]	73 ± 15	74 ± 11	0,50	0,1

Tab. 3: Korrelationsanalysen für relevante Parameter und die Wettkampfleistung

	200 m	500 m	1000 m
<b>Leistung bei 2 mmol</b>	r <sup>2</sup> = 0,55 r = 0,74 p = 0,002	r <sup>2</sup> = 0,69 r = 0,83 p < 0,001	r <sup>2</sup> = 0,56 r = 0,75 p = 0,01
<b>Leistung bei 3 mmol</b>	r <sup>2</sup> = 0,53 r = 0,73 p = 0,003	r <sup>2</sup> = 0,67 r = 0,82 p < 0,001	r <sup>2</sup> = 0,58 r = 0,76 p = 0,01
<b>Durchschnittsleistung 5. Stufe auf dem Ergometer</b>	r <sup>2</sup> = 0,77 r = 0,88 p < 0,001	r <sup>2</sup> = 0,87 r = 0,93 p < 0,001	r <sup>2</sup> = 0,73 r = 0,86 p < 0,001
<b>Sauerstoffaufnahme auf dem Ergometer</b>	r <sup>2</sup> = 0,69 r = 0,83 p < 0,001	r <sup>2</sup> = 0,72 r = 0,85 p < 0,001	r <sup>2</sup> = 0,58 r = 0,76 p = 0,007
<b>Sauerstoffaufnahme auf dem Wasser</b>	r <sup>2</sup> = 0,62 r = 0,79 p = 0,001	r <sup>2</sup> = 0,74 r = 0,86 p < 0,001	r <sup>2</sup> = 0,58 r = 0,76 p = 0,01
<b>Körpergewichtsrelativierte Sauerstoffaufnahme auf dem Ergometer</b>	r <sup>2</sup> = 0,53 r = 0,73 p = 0,003	r <sup>2</sup> = 0,64 r = 0,80 p < 0,001	r <sup>2</sup> = 0,44 r = 0,66 p = 0,03
<b>Körpergewichtsrelativierte Sauerstoffaufnahme auf dem Wasser</b>	r <sup>2</sup> = 0,47 r = 0,68 p = 0,007	r <sup>2</sup> = 0,42 r = 0,65 p = 0,01	r <sup>2</sup> = 0,43 r = 0,66 p = 0,03
<b>Maximales Herzminutenvolumen</b>	r <sup>2</sup> = 0,33 r = 0,57 p = 0,03	r <sup>2</sup> = 0,36 r = 0,60 p = 0,02	r <sup>2</sup> = 0,25 r = 0,50 p = 0,12

P = Power; Q = Herzminutenvolumen

# Technisch-taktische Analyse von Positionsdaten im Hochleistungs-7er-Rugby

(AZ 072013/18)

Daniel Memmert (Projektleitung), Robert Rein & Elsa Häberlein

Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik



Abb. 1: Das deutsche Rugby Sevens Nationalteam im Angriff während des Turniers in Hongkong in 2019

## 1 Aktueller Forschungsstand

Mit der Wiedereingliederung des Rugby-Sevens in das olympische Programm hat auch das Interesse unterschiedlicher Forschungseinrichtungen an der Sportart in den letzten Jahren zugenommen. So gibt es neben aktuellen Studien zu Verletzungsart und -häufigkeit bei den letzten Olympischen Spielen in Rio 2016 (Fuller, 2017), einige wissenschaftliche Veröffentlichungen zur Spielstruktur im 7er-Rugby. Carreras et al. (2013) beschäftigten sich mit der Zeitstruktur des Spiels, während Couderc et al. (2016) die physiologischen Grundanforderungen in Bezug auf metabolische Stoffwechselprozesse im Turniermodus untersucht haben (siehe auch Couderc et al., 2019). Die mit Abstand am größten angelegte Studienserie veröffentlichte die Gruppe um Higham in den Jahren 2008 bis 2013. Die Autoren untersuchten unter anderem die Einflussfaktoren auf den Spielerfolg bzw. Misserfolg auf der Grundlage von 392 7er-Spielen auf internationalem Höchsniveau bezugnehmend auf Parameter der Spielanalyse,

wie Ballbesitz, Häufigkeit von Spielaktionen, relative und absolute Spielzeit. Die Ergebnisse zeigten, dass erfolgreiche Mannschaften in der Lage sind, technische Fehler bei gleichzeitigem Aufrechterhalten des Ballbesitzes minimieren, Versuche effizient aus langen Ballbesitzphasen heraus entwickeln und über eine hohe Rate an erfolgreichen Tackles eine stabile Verteidigungsstruktur gewährleisten. Higham et al. (2012) verwendeten dabei zur Datenauswertung auch GPS-basierte Positionsdaten. Die Daten wurden zudem genutzt, um eine Analyse der am meisten verwendeten Laufgeschwindigkeitsbereiche im 7er-Rugby zu bestimmen. In einer weiteren Untersuchung wurden die Unterschiede hinsichtlich physiologischer Parameter und Aktivitätsprofilen (Spielzeit, Zeit in Geschwindigkeitszonen) zwischen internationalen und nationalen Turnieren betrachtet. Die Ergebnisse zeigten, dass in Spielen während internationalen Wettkämpfen ein 27 % höheres Laufvolumen im Geschwindigkeitsbereich  $>21,6$  km/h auftritt. Die Spieler zeigten darüber hinaus eine deutlich höhere Ermüdungstoleranz gegenüber hohen Belastungsintensitäten mit gleichzeitig weniger Ermüdungserscheinungen und realisierten Beschleunigungsphasen signifikant häufiger während des Turniers. Spieler mit guten Fitnesswerten verletzen sich seltener und sind nach verletzungsbedingten Pausen schneller wieder spielfähig. Insgesamt deuten die Ergebnisse darauf hin, dass im Rugby-Sevens spezielle Anforderungen an die Athleten gestellt werden, welche weder mit anderen Sportarten noch mit denen der 15er-Variante vergleichbar sind. Letztendlich ist jedoch zu bemerken, dass es sich hier jeweils nur um Einzelbefunde handelt und daher die allgemeine Gültigkeit und Anwendbarkeit der Resultate noch nicht geklärt ist. Um sowohl die Breite als auch die Tiefe in der For-

schungsarbeit zu vergrößern, fordern die Autoren weitere Analysen des 7er-Rugby.

## 2 Methoden und Ergebnisse

Im September 2017 wurde die 7er Rugby Nationalmannschaft von einem neuen Headcoach übernommen. Da die Daten, welche in der Videoanalyse erhoben werden, taktischer Natur sind, hängen die Daten unter anderem von der Strategie des Trainers ab. In den Vorüberlegungen wurde geplant, alle Daten aus dem bereits vorhandenen Datenpool heranzuziehen, was allerdings bedeuten würde, die Strategie des neuen, aktuellen Trainers durch lediglich ein Turnier abzubilden. Aus diesem Grund wurde zugunsten der Nutzbarkeit und Übertragbarkeit in die Trainings- und Spielpraxis entschieden, im Bearbeitungszeitraum des Projektes noch weitere Daten zu erheben.

Nach der ausführlichen Sichtung und Aufbereitung der vorliegenden Daten, wurde die Entscheidung getroffen, 10 internationale Turniere des Rugby-Sevens Top Teams genauer zu analysieren, da erwartet wurde, eine repräsentative Stichprobe zu erhalten. Somit wurden insgesamt 60 Spiele untersucht. Im ersten Schritt

wurden die Daten für die Bereiche Video/Taktik und GPS getrennt aufbereitet. Diese Entscheidung wurde getroffen basierend auf vorhergehenden Erfahrungen, die gezeigt haben, dass so eine zeiteffiziente Untersuchung ermöglicht wird und diese Unterteilung auch am ehesten mit der vorher schon erprobten Arbeitsweise im Einklang steht. Somit soll zum Ende des BISp Service-Projektes nicht primär ein Forschungsergebnis im Raum stehen, sondern sichergestellt werden, dass Trainer und Spieler selbst nach einer recht kurzen Forschungsperiode aus dem Projekt in der Praxis profitieren können. Die gewonnenen Daten werden grafisch so aufbereitet, dass sowohl Mannschaftsmittelwerte, individuelle Daten, als auch Turnierwerte zur Verfügung stehen. Dies wurde über die Datenbank smartabase© umgesetzt, welche der DRV derzeit bereits zur Trainingsdokumentation eingesetzt hat.

In Anlehnung an Higham et al. (2013) und Ross et al. (2016) und in Zusammenarbeit mit dem Trainerteam wurden die folgenden Parameter als spielwirksam identifiziert und mittels des Videoanalysetools während und/oder nach den Spielen erhoben:

Tab. 1: Performance Parameter

Klassifizierung	Mannschaft Performance Indikator
Spielentwicklung	Ballbesitzzeit, Strafstoße
Scoring	Erzielte Punkte, Conversions
Standardsituation	Line-outs, Ballbesitz behalten während line-outs, Angeordnete Gedränge, Ballbesitz behalten während angeordnetem Gedränge, Anstöße, Ballbesitz nach Anstoß zurückgewonnen
Phase play	Passanzahl, Pässe pro Ballbesitzminute, Pässe pro Try, Offene Gedränge (Rucks), Rucks pro Try, Ballbesitz nach Ruck behalten, Pakete, Ballbesitz nach Ruck und Paketen behalten, Kicks, kicks pro Ballbesitzminute, Ballverluste, Ballverluste pro Ballbesitzminute

Tab. 2: Verteidigungsindikatoren

Verteidigungsindikatoren	Beschreibung
Tacklepunktzahl	Mittlere Tacklepunktzahl pro versuchtes Tackle (Gesamtpunkte/Anzahl): Turnover Tackle , Double Tackle
Dominantes Tackle	Anzahl an Turnover-Tackles
Ineffektives Tackle	Anzahl an Tackles mit Offload
Verpasstes Tackle	Anzahl an versuchten Tackles an Gegenbindung
Offene- Gedrängepunktzahl	Punktzahl entsprechend der Anzahl der gebundenen Gegenspieler

Tab. 3: Angriffsindikatoren

Angriffsindikatoren	Beschreibung
<b>Tackles vermieden</b>	Anzahl der vermiedenen Tackles durch den Ballträger
<b>Line breaks</b>	Anzahl der Durchbrüche durch die Verteidigungslinie
<b>Offene-Gedrängepunktzahl</b>	Punktzahl entsprechend der Anzahl der gebundenen Gegenspieler
<b>22 Visits</b>	Anzahl des Eintreten in die gegnerische 22-Zone
<b>Offloadpunktzahl</b>	Anzahl Offloads
<b>Ballfehler</b>	Anzahl nichterfolgreicher Pässe, Knocks-ons und verlorener Bälle

Dazu wurden auch zunächst mehrere Testläufe durchgeführt, um sicherzustellen, dass die gewählten Items auch tatsächlich reliabel codiert werden können und eine hohe externe Validität aufweisen. Durch die übersichtliche Anordnung der Elemente ist eine schnelle Bearbeitung der Videos möglich, so dass der Analyst nahezu in Echtzeit eine Analyse der Videodaten vornehmen kann.

Nach einer Sichtung der möglichen Parameter aus den GPS-Daten wurden dann in enger Zusammenarbeit mit den Athletiktrainern folgende Parameter für eine erste Analyse der GPS Daten ausgewählt:

Um die Daten besser aufbereitet und regelmäßig den Spielern und Trainern zur Verfügung stellen, wurde auf eine kommerzielle Lösung gesetzt. Um die Transferleistung sicherzustellen, wurde parallel zur statistischen Vor- und Aufbereitung an der Darstellbarkeit der erhobenen Daten für Trainer und Spieler gearbeitet. Hierzu wurden diejenigen Parameter aufbereitet, die in einem ersten Schritt sichtbar gemacht werden sollten. Dadurch wurde sichergestellt, dass auch der Trainerstab die Daten in der gewünschten Form einsehen kann

Tab. 4: Parameter der GPS-Analyse

Parameter
Meter gesamt
Meter in Geschwindigkeitszonen
Speed Max (Absolut & Relativ)
Sprints Anzahl
Impacts Anzahl
Impacts Stärke
Speed Durchschnittlich
Meter pro Minute
Herzfrequenz Max – Min (Absolut & Relativ)
Herzfrequenz Durchschnitt (Absolut & Relativ)
Herzfrequenz in den Geschwindigkeitszonen (Absolut & Relativ)

In Abb. 2 (siehe Seite 4) ist ein repräsentativer Auszug der Laufgeschwindigkeit einer Analyse eines Athleten zu sehen. Der Ausdruck wird dabei aus dem GPS-Analyseprogramm AMS-Team Sports© von GPSport erstellt, der eine „Session“ mit Geschwindigkeitsverlauf über die Zeit eines Athleten. Deutlich erkennbar sind die drei aufeinander folgenden Splits.

In enger Abstimmung mit den Athletiktrainern wurden daher erste Parameter festgelegt, die in die Darstellung einfließen sollten. Da das jeweilige Dashboard möglichst vielseitig nutzbar sein sollte, stellte sich als erstes Kriterium die schnelle Aufbereitung der jeweiligen GPS Daten heraus. Es musste sichergestellt werden, dass Trainer und wissenschaftliches Personal die

erhobenen Daten möglichst einfach und ohne großartigen zeitlichen Mehraufwand auslesen, aufbereiten und darstellen können. In dem vorliegenden Projekt wurden zwar ausschließlich

Wettkampfdaten betrachtet, allerdings sollte die Darstellungsoption so erarbeitet werden, dass das Dashboard auch für die Visualisierung von Trainingsdaten funktioniert.

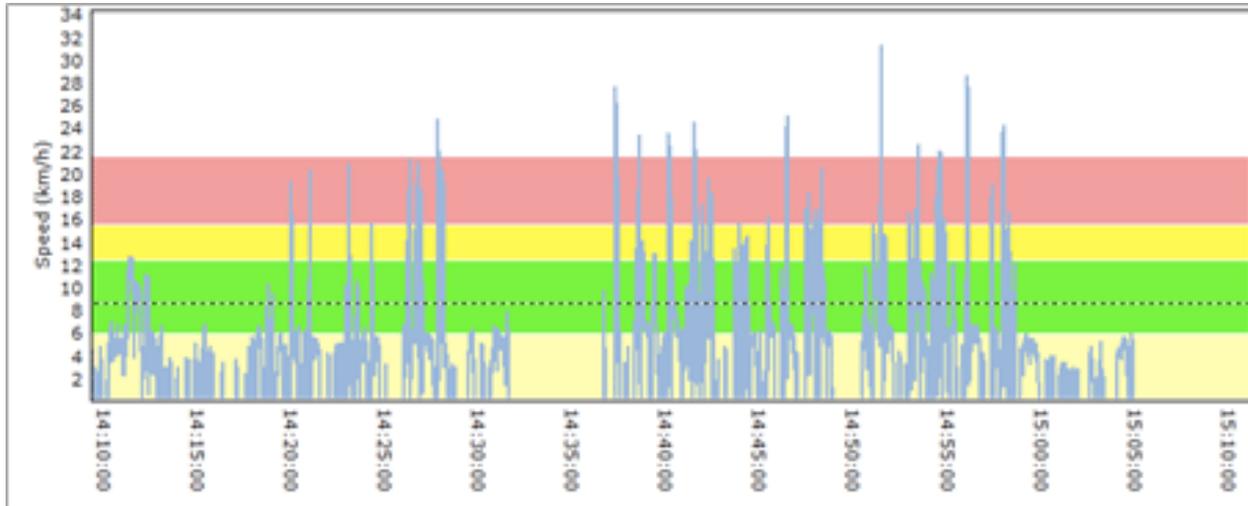


Abb. 2: GPS-Daten (Speed) eines Athleten von wqarm-Up und Spiel

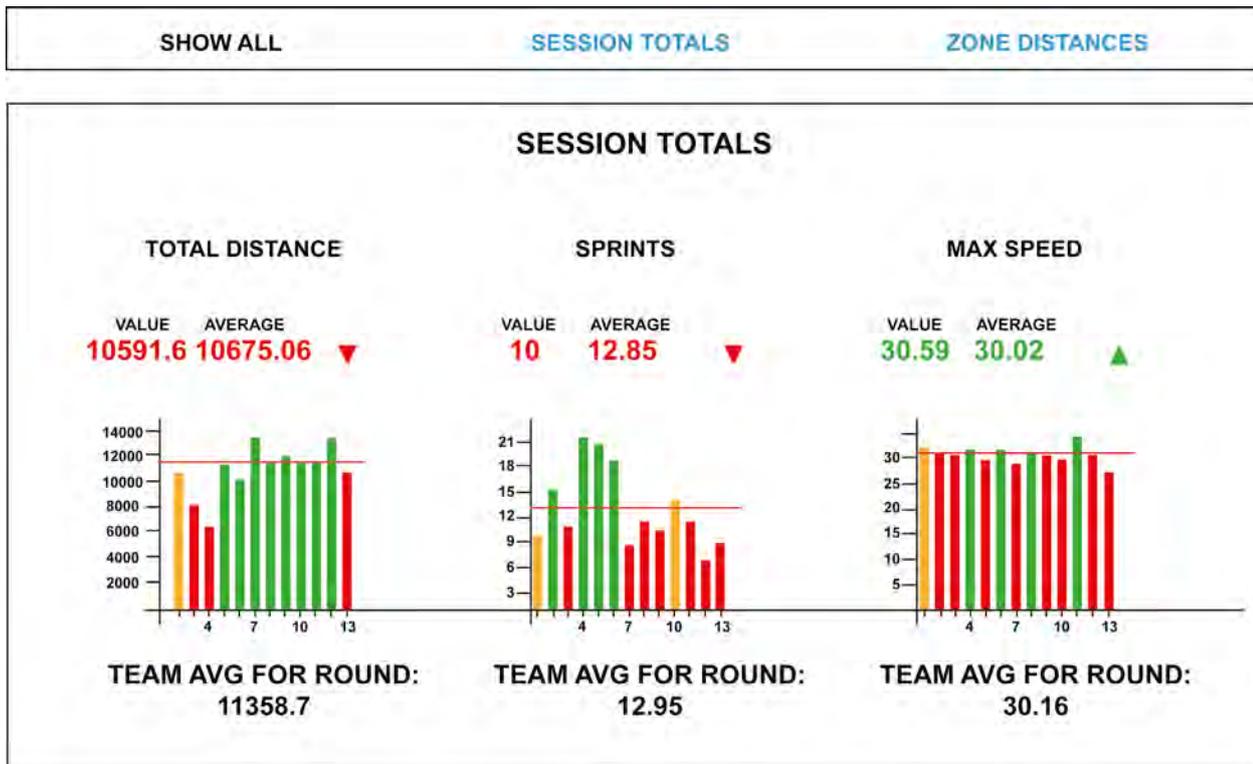


Abb 3: Exemplarische Darstellung der Daten im Monitoring System Smartabase

### 3 Fazit

In dem vorliegenden Projekt wurde erstmals eine wissenschaftliche Untersuchung von Leistungsdaten im deutschen Hochleistungs-Rugby-Sevens durchgeführt. Ausgehend von dem Forschungsdefizit im Bereich des Rugby-Sevens, wo im Unterschied zum populäreren Rugby-Union (15 Spieler) bzw. Rugby-League (13 Spieler) nur 7 Spieler involviert sind, kann die bisherige Datenlage zur Trainingssteuerung als ungenügend bezeichnet werden. Diese Lücke wurde in dem vorliegenden Service-Projekt durch eine Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik der Deutschen Sporthochschule Köln und dem Deutschen Rugby-Verband adressiert. Der internationalen Konkurrenzsituation folgend, wurde auf der Grundlage eines modernen Spielanalyseansatzes mittels GPS-Positionsdaten eine dedizierte Belastungs- und Technik-Taktikanalyse im Training und Wettkampf erstellt, um eine Evidenz-getriebene Entscheidungskette zu implementieren. Mit Blick auf Tokio 2020 soll damit auch sichergestellt werden, dass die, für Rio noch knapp verpasste, Qualifikation erreicht werden kann und das deutsche Rugby-Sevens Team mittelfristig eine Vorreiterstellung in Europa (ohne UK und Frankreich) einnehmen kann.

### 4 Literatur

- Carreras, D., Kraak, W., Planas, A., Martin, I., & Vaz, L. (2013). Analysis of International Rugby Sevens matches during tournaments. *International journal of performance analysis in sport*, 13, 833-847.
- Couderc, A., Claire, T., Lacome, M., Piscione, J., Robineau, J., Delfour-Peyrethon, R., et al. (2016). Movement Patterns and Metabolic Responses During an International Rugby Sevens Tournament. *International journal of sports physiology and performance*, 1-23.
- Couderc, A., Gabbett, T. J., Piscione, J., Robineau, J., Peeters, A., Igarza, G., et al. & Lacome, M. (2019). Repeated High-Intensity Effort Activity in International Male Rugby Sevens. *Journal of strength and conditioning research*.
- Fuller, C., Taylor, A., & Raftery, M. (2017). 2016 Rio Olympics: an epidemiological study of the men's and women's Rugby-7s tournaments. *British journal of sports medicine*, 1-8.
- Higham, D. G., Pyne, D. B., Anson, J. M., & Eddy, A. (2012). Movement patterns in rugby sevens: effects of tournament level, fatigue and substitute players. *Journal of science and medicine in sport*, 15 (3), 277-282.
- Higham, D. G., Pyne, D. B., Anson, J. M., & Eddy, A. (2013). Physiological, anthropometric, and performance characteristics of rugby sevens players. *International journal of sports physiology and performance*, 8 (1), 19-27.
- Ross, A., Gill, N., & Cronin, J. (2014). Match analysis and Player Characteristics in Rugby Sevens. *Sports medicine*, 44, 357-367.



# Entwicklung und Evaluation eines „Wireless Sensor Moduls“ für die Pistolendisziplinen. Teilprojekt I: Datenbox und Softwareapplikation.

(AZ 072014/18)

*Hannah Steingrebe, Gunther Kurz & Thorsten Stein (Projektleitung)*

Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Sport und Sportwissenschaft (IfSS), BioMotion Center

## 1 Problemstellung

Eine apparativ gestützte Leistungsdiagnostik auf dem aktuellen technologischen Wissens- und Entwicklungsstand ist für den Deutschen Schützenbund (DSB) e. V. von hoher Relevanz, da man es im Schützensport mit sehr schnellen und kleinräumigen Bewegungen zu tun hat, bei denen minimale, visuell nur schwer detektierbare Abweichungen einen großen Einfluss auf die Leistung haben. Das Ziel der Leistungsdiagnostik ist es dabei, den aktuellen Leistungsstand rückwirkungsfrei und sportartspezifisch zu erfassen und die Ergebnisse dabei möglichst zeitnah für Trainer und Athlet verfügbar zu machen (Schnabel, Harre & Krug, 2008). Sportartspezifische Parameter mit großem Einfluss auf die Leistung im Schützensport sind zum einen die Hand- bzw. Armbewegung (Pyatkov et al., 2017) sowie die Interaktion von Finger und Trigger (Mon et al., 2015). Hieraus ergibt sich, dass ein modernes Messsystem zum Einsatz im Hochleistungssport sowohl die zeitkontinuierliche Erfassung der Hand- bzw. Waffenbewegung, als auch eine präzise Messung von Druck- bzw. Kraftverläufen in der Interaktion Athlet und Sportgerät beim Auslösen des Schusses leisten sollte.

Der DSB verfügt mit dem 1993 entwickelten „Rechner Analyse Sport Schießen“ (RASS) System über ein kabelgebundenes System, das die zuvor genannten Größen erfassen kann. Die kabelgebundene Messtechnik ist nur bedingt rückwirkungsfrei, sodass die Situation während der Leistungsdiagnostik nur unzureichend der normalen Wettkampfsituation entspricht.

Neben der rückwirkungsbehafteten Sensorik ist die technisch veraltete A/D-Wandler-Einheit stark störanfällig und führt häufig zu Verzögerungen und Ausfällen im Ablauf der Leistungsdiagnostik. Softwareseitig basiert das RASS System auf MS DOS und kann dadurch nur noch auf wenigen, stark veralteten, störanfälligen Rechnersystemen eingesetzt werden. Es ist daher aus Sicht des DSB notwendig, das RASS System durch ein modernes Messsystem zu ersetzen, das die beschriebenen Probleme behebt.

Aktuell verfügbare Messsysteme, die in der Lage sind, die zuvor genannten Parameter zu erfassen, finden sich hauptsächlich im militärischen Bereich (Goldberg et al., 2014; Raphael et al., 2009) sowie im sportlichen Bereich beim Biathlon (Nitzsche, 2000; Espig & Siebert, 2017) und setzen sich zur Erfassung aller relevanter Komponenten häufig aus mehreren Teilsystemen zusammen. Ein häufig verwendetes Messsystem ist dabei das „Scatt Shooter Training System“ ([www.scatt.com](http://www.scatt.com)) zur kabellosen Analyse der Pistolen- oder Gewehrbewegung, welches zusätzlich die Möglichkeit bietet, einen instrumentierten Trigger zu integrieren. Es besteht jedoch keinerlei Möglichkeit, das System um zusätzliche Sensoren zu erweitern sowie zusätzliche Auswerteparameter in der dazugehörigen Software zu ergänzen, um ein umfassendes System zur instrumentierten Leistungsdiagnostik zu erhalten. Weiterhin verwenden im Hochleistungsschützensport viele Athleten individuell angepasste Trigger, deren Integration bei kommerziellen Systemen nicht möglich ist. Die Applikation von Druck- bzw. Kraftsensoren auf der Oberfläche des individu-

ellen Triggers ist zwar möglich, jedoch erneut stark rückwirkungsbehaftet.

Um einen optimalen Ablauf der Leistungsdiagnostik sowie eine optimale Verknüpfung von externem Trainer-Feedback mit dem intrinsischen Feedback der Athleten sicherzustellen, ist neben der rückwirkungsfreien Sensorik vor allem eine zeitnahe Bereitstellung der Ergebnisse essentiell. Um dies zu gewährleisten, wird eine Softwareapplikation benötigt, die unmittelbar nach Bewegungsende die im Hochleistungsschützensport relevanten Parameter automatisiert extrahiert und für Trainer und Athleten verständlich und übersichtlich darstellt. Die Integration zusätzlicher relevanter Auswerteparameter in kommerziell verfügbare Softwareapplikationen ist jedoch meist nicht möglich.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es aktuell kein Messsystem gibt, das in der Lage ist, alle im Hochleistungsschützensport relevanten Messgrößen umfassend und rückwirkungsfrei zu erfassen und das eine zeitnahe, detaillierte Darstellung ermöglicht.

Das vorliegende Service-Forschungsprojekt hatte daher zum Ziel, in einem ersten Schritt die veraltete A/D-Wandler-Einheit des RASS Systems hardwareseitig neu aufzusetzen sowie eine dazugehörige Softwareapplikation nach aktuellen informatischen Standards zu entwickeln. In einem anschließenden zweiten Projektteil soll dann die kabelgebundene Sensorik an der Waffe durch kabellose Sensoren ersetzt werden. Diese zukünftigen Entwicklungen mussten im vorliegenden Projektteil bereits mitberücksichtigt werden.

## 2 Methode und Lösungsweg

Zu Projektbeginn wurde zunächst gemeinsam mit beiden Projektpartnern die Problemstellung erörtert, der aktuelle Ist-Zustand während der Leistungsdiagnostik des DSB gesichtet und darauf aufbauend das Pflichten- und Lastenheft für die zu entwickelnden Hard- und Softwarekomponenten definiert. Unter Berücksichtigung des aktuellen Forschungsstands wurden für das Teilprojekt I die nachfolgenden Ziele definiert:

- › Entwicklung einer modernen, leistungsfähigen A/D-Wandler-Einheit, über welche die aktuell genutzte

Sensorik zur Erfassung von Druckverlauf, Waffenbewegung, Schusszeitpunkt und Startzeitpunkt integriert, A/D-gewandelt und mittels universeller Schnittstelle an einen PC übertragen werden kann. Dabei müssen prospektiv die geplanten Veränderungen in der Messsensorik an der Waffe aus Teilprojekt II berücksichtigt werden.

- › Entwicklung einer Softwareanwendung, mittels der die einlaufenden Sensordaten aufgezeichnet, weiterverarbeitet und grafisch dargestellt werden können. Die Darstellung der Messgrößen und Leistungsparameter muss dabei disziplinspezifisch erfolgen und im Trainingsprozess für Trainer, Leistungsdiagnostiker und Athleten unmittelbar zur Verfügung stehen.
- › Effiziente Speicherung der gewonnenen Messdaten in einer SQL-Datenbank, die das Zusammenführen und Analysieren großer Datenmengen ermöglicht.
- › Modulare Gestaltung aller Soft- und Hardwarekomponenten, damit diese effizient in das Gesamtkonzept für einen Messplatz für die Disziplingruppen Gewehr und Pistole beim DSB integrierbar sind. Dies beinhaltet auch die hard- und softwareseitige Integration einer Zeitsynchronisationsfunktion, die eine Synchronisation mit weiteren Messsystemen (z. B. Video) ermöglicht.
- › Dokumentation des Entwicklungsprozesses, um eine Vervielfältigung der Hardwarekomponenten und dadurch den simultanen Einsatz des Systems an verschiedenen Stützpunkten des DSB zu ermöglichen.

Auf Basis des Pflichtenheftes wurde zunächst hardwareseitig die A/D-Wandler-Einheit entwickelt, wobei sowohl die aktuelle Messsensorik als auch die Sensorik der geplanten Waffenbox

(Teilprojekt II) berücksichtigt werden musste. Auf Basis des ersten Prototyps der A/D-Wandler-Einheit konnte dann mit der Backend-Programmierung der Softwareapplikation begonnen werden.



Abb. 1: Evaluation der neuen Hard- und Software bei einer Testmessung am Schießsportzentrum Suhl

Der Entwicklungsfortschritt sowie die Funktionalität der entwickelten Hard- und Softwarekomponenten wurden bei zwei Testmessungen unter Realbedingungen evaluiert (vgl. Abb. 1). Weiterhin konnte hierbei ein Beispiel-

datensatz aufgezeichnet werden, auf dessen Basis die Entwicklung der Softwareapplikation durchgeführt werden konnte.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Hardwareentwicklungen

Im Rahmen des Projektes wurde hardwareseitig eine neue Datenbox entwickelt, die die folgenden Bestandteile beinhaltet (vgl. Abb. 2):

- 16-Kanal A/D-Wandler-Karte (Data Translation DT9802 10V), 12 Bit Auflösung
- 8-Kanal Funkschaltssystem (Conrad)
- 16 Cinch-Buchsen
- USB Typ A Anschluss

Die 16-Kanal A/D-Wandler-Karte erlaubt das simultane Einlaufen von 16 Messsignalen. Dadurch kann die für den Projektteil II geplante zusätzliche Messsensorik unmittelbar integriert werden. Für jeden Kanal kann dabei individuell bestimmt werden, ob dieser aktuell via Funk oder via Kabel an eine der verbauten Cinch-Buchsen einläuft. Neben den 16 Eingangskanälen verfügt die A/D-Wandler-Karte über zwei analoge Ausgänge, die das Aussenden eines Synchronisationssignals ermöglichen.



Abb. 2: Vollständig neu entwickelte skalierbare Datenbox mit 16-Kanal A/D-Wandler-Einheit, 8-Kanal Funkschaltssystem, Cinch-Buchsen & USB-Typ A Anschluss

Der USB-Anschluss ermöglicht den Anschluss der Datenbox an alle gängigen Rechnersysteme und sorgt weiterhin für die Stromversorgung der Datenbox. So kann diese ortsunabhängig ohne Batterie bzw. Verbindung zum Stromnetz verwendet werden.

### 3.2 Softwareapplikation

Für die Entwicklung der Softwareapplikation wurde die Programmiersprache C++ sowie das relationale Datenbanksystem MySQL verwendet, womit eine Verbreitung der Softwareapplikation auf Verbandsebene unabhängig von Lizenzen und damit verbundenen Gebühren möglich ist.

Die wichtigsten Funktionen bzw. Einstellungsmöglichkeiten der vollständig neu entwickelten Softwareapplikation sind (vgl. Abb. 3):

- Die Signaltest-Funktion erlaubt die grafische Darstellung aller einlaufenden Signale in Echtzeit, sodass direkt geprüft werden kann, ob alle Sensoren funktionstüchtig sind.
- Die Mess-Funktion erlaubt die Aufzeichnung aller einlaufenden Signalkanäle in individueller Länge. Nach Abschluss der Messung wird

basierend auf der ausgewählten Disziplin eine automatisierte Datenanalyse durchgeführt und anschließend grafisch dargestellt. Weiterhin haben Trainer und Athlet im Anschluss an die Messung die Möglichkeit, reale und/oder geschätzte Ringwerte für die jeweilige Messung anzugeben.

- Im Einstellungs-Menü können verschiedene für die Messung relevante Parameter individuell eingestellt werden. Dies umfasst z. B. die Auswahl der Disziplin bzw. Serie, die Festlegung der Anlagenart des Schießstandes (mechanisch bzw. elektrisch), die Einstellung der Messfrequenz (50-400 Hz) und der Filterfunktion, die manuelle Zuordnung von Rohsignalen zu einzelnen Eingangskanälen sowie das Ein- und Ausschalten der optionalen Eingabe von realen und geschätzten Ringwerten.
- Die Import-Funktion ermöglicht den Import und somit die Analyse bereits abgespeicherter Rohdatensätze (csv-Format).

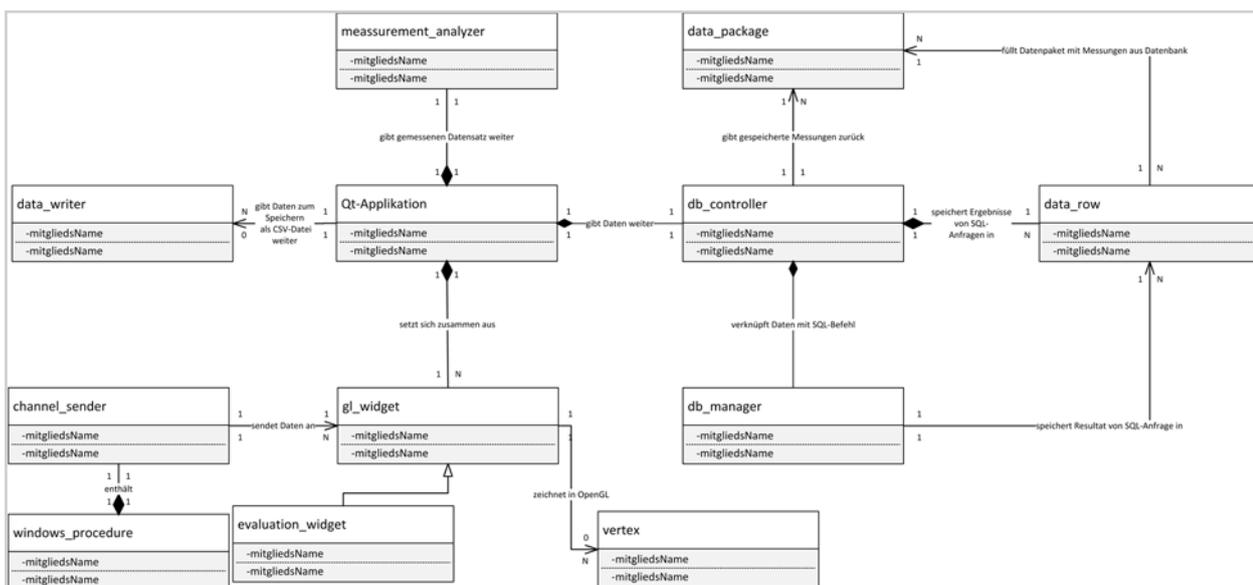


Abb. 3: Klassendiagramm der neu entwickelten Softwareapplikation

### 3.3 Datenanalyse und -visualisierung

Die während einer Messung aufgezeichneten Daten werden im Anschluss in Abhängigkeit von der ausgewählten Disziplin vorverarbeitet, analysiert und visualisiert.

Hierzu werden die Rohdatensignale zunächst gefiltert und anschließend segmentiert, um disziplinrelevante Parameter wie z. B. Reaktions-, Anschlags- und Intervallzeiten extrahieren zu können. Die berechneten Auswerteparameter werden anschließend anhand disziplinspezifischer Norm- und Sollwerte bewertet. Abschließend wird für die Messung ein Auswertescreen erstellt. Dieser enthält neben den berechneten Auswerteparametern, die je nach Bewertung farblich codiert dargestellt werden, auch die Verlaufskurven der Bewegungsgeschwindigkeit und des Abzugsdrucks. Die x-Achse verläuft dabei entgegen der gängigen Norm von rechts nach links, da dies dem sportartspezifischen Bewegungsbild entspricht. Die Skalierung der beiden y-Achsen erfolgt relativ zum während der Messung aufgetretenen Maximalwert. Diese relative Skalierung wurde gewählt, um eine konsistente Darstellung der Ergebnisse über verschiedene Messungen hinweg zu ermöglichen, da es durch variable Rahmenbedingungen während der Messungen (z. B. Umgebungstemperatur, Sensorposition) zu Variationen in den absoluten Messwerten kommen kann.

Durch diese Darstellung wird gewährleistet, dass Trainern und Athleten unmittelbar detaillierte leistungsdiagnostische Ergebnisse vorliegen und diese direkt in den nachfolgenden Trainings- und Diagnostikprozess integriert werden können. Weiterhin kann die Auswertegrafik abgespeichert und so dauerhaft zugänglich gemacht werden.

### 3.4 Datenmanagement

Die Rohdaten einer jeden Messung werden im csv-Format in einer vorgegebenen Ordnerstruktur abgelegt. Diese Speicherform erlaubt zum einen das Abspeichern aller Rohdatenkanäle in nur einer Datei sowie eine Nutzung der gespeicherten Rohdaten in anderen Programmen in Form eines Exports.

Die Speicherung der personenspezifischen Daten, der Rahmenbedingungen der jeweiligen

Testung (Sportler, Disziplin, Sportgerät, Distanz, Anlagenart etc.) und der berechneten Leistungsparameter erfolgt hingegen gesammelt in einer MySQL-Datenbank. Dies hat den Vorteil, dass zu jedem Zeitpunkt eine übersichtliche Darstellung, Auswahl und Zusammenstellung der Daten sowie der Austausch oder die zentrale Zusammenführung unterschiedlicher Datensätze aus verschiedenen Leistungszentren der Bundesrepublik möglich ist.

## 4 Diskussion

Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass mit dem Abschluss des Service-Forschungsprojekts die veraltete A/D-Wandler-Einheit des RASS Systems erfolgreich gegen eine moderne, modular aufgebaute Datenbox ausgetauscht werden konnte. Weiterhin konnte eine zugehörige Softwareapplikation entwickelt werden, welche die einlaufenden Messdaten aufzeichnen, abspeichern, evaluieren und grafisch darstellen kann. Die Datenspeicherung in einer MySQL-Datenbank erlaubt dabei das Zusammenführen und Auswerten großer Datenmengen, was große Potenziale im Bereich der Leistungsstrukturanalyse oder der Generierung von Normdatensätzen bietet.

Nach erfolgreichem Abschluss dieses ersten Projektteils (Datenbox und Softwareapplikation) wird nachfolgend in einem zweiten Teil die Messsensorik an der Waffe (Waffenbox) neu entwickelt. Das nachfolgende Projekt beinhaltet:

- Austausch der kabelgebundenen Sensorik des RASS Systems durch kabellose Sensoren und dadurch deutliche Reduktion der Rückwirkungsbehauptung des Messsystems sowie Integration neuer Messsensorik zur Erweiterung des Diagnosepotenzials des Messsystems
- Weiterführende Optimierung der entwickelten Softwareapplikation
- Erhöhung der Kompatibilität des Messsystems mit variierenden Rahmenbedingungen der verschiedenen Schießanlagen (z. B. Startsignalssystem)
- Finale Evaluation des Gesamtsystems.

## 5 Literatur

- Espig, N., & Siebert, D. (2017). Überprüfung der Validität von Laufmündungsbewegungen im Rahmen von Biathlon-Schießmessplatzuntersuchungen in Bezug auf die Beurteilung der Biathlonschießleistung unter Feldbedingungen. In J. Wick (Ed.), *Schriftenreihe für angewandte Trainingslehre: v.8. Wettkampf, Training und Leistungsdiagnostik in den Ausdauersportarten* (1st ed., S. 148-167). Aachen: Meyer & Meyer.
- Goldberg, B., Amburn, C., Brawner, K., & Westphal, M. (2014). Developing Models of Expert Performance for Support in an Adaptive Marksmanship Trainer. In *Interservice/Industry Training, Simulation, and Education Conference (I/ITSEC) 2014* (Paper No. 14214).
- ISO/IEC 9126 (2001). International Organization for Standardization (International Electrotechnical Commission). *Software Engineering – Product Quality – Part 1: Quality Model*. ISO/IEC, 9126{1, 2001(E).
- Mon, D., Zakyntinaki, M., Cordente, C., Antón, A., Rodríguez, B. & López Jiménez, D. (2015). Finger Flexor Force Influences Performance in Senior Male Air Pistol Olympic Shooting. *PLoS ONE*, 10 (6): e0129862. 5
- Nitzsche, K. (2000). Entwicklung eines Messplatzes zur Objektivierung der Biathlonschießleistung. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Ed.), *BISp-Jahrbuch 2000* (S. 161-172).
- Pyatkov, V.T., Bilinski, J., Petriv, O.S. & Magmet; T.M. (2017). Dynamic of arm's micro movements of elite athlete in Olympic exercises Rapid Fire Pistol and Air Pistol. *Physical education of students*, 21 (2).
- Raphael, G., Berka, C., Popovic, D., Chung, G., O Nagashima, S., Behneman, A., Johnson & R. (2009). Adaptive Performance Trainer (APT TM): Interactive Neuro-Educational Technology to Increase the Pace & Efficiency of Rifle Marksmanship Training. In *HCI International 2009 Conference Proceedings*.
- Schnabel, G., Harre, H.-D., & Krug, J. (2008). *Trainingslehre – Trainingswissenschaft: Leistung – Training – Wettkampf*. Aachen: Meyer & Meyer.

# Muskuläre Aktivierungsbeiträge bei Sprüngen auf unterschiedlichen Bodensteifigkeiten – Leistungssteigerung von Turnern durch optimale Stiffness-regulation

(AZ 072018/18)

*Kathrin Freyler, Ramona Ritzmann, Nina Fuhrmann & Albert Gollhofer (Projektleitung)*

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Sport und Sportwissenschaft

## 1 Problemstellung

Reaktive Sprungelemente mit kurzen Bodenkontaktzeiten aus großen Fallhöhen sowie stabile Landungen gehören zum Bewegungsrepertoire des Leistungsturners. Ein effizienter und reaktiver Abdruck vom Boden führt durch eine explosive Kraftentwicklung zu einer langen Flugphase. Eine lange Flugphase wiederum erlaubt es dem Athleten, schwierigere Elemente mit mehreren Drehungen um die Körperachsen zu verknüpfen und hohe Bewertungen zu erzielen. Ferner kann nach ausreichender Flugzeit eine sichere Landung angeschlossen werden. Die muskuläre Aktivierung in der unteren Extremität spielt dabei eine maßgebliche Rolle: Das neuromuskuläre System des Turners muss die notwendige muskuläre Steifigkeit bei Bodenkontakt optimal an die Beschaffenheit des elastischen Turnbodens anpassen, um eine möglichst hohe Leistungsfähigkeit zu erzielen. Die Bewegungskontrolle und damit die Kraftübertragung über die Sehnen zum Skelett wird dabei über die Muskelkräfte garantiert (Arampatzis et al., 2001; Komi, 2003), funktionell repräsentiert durch den Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ). Dieser ist durch eine Dehnung von vor-innervierten Muskelsehneneinheiten (exzentrische Aktion) und einer unmittelbaren Kontraktion des Muskels (konzentrische Aktion) charakterisiert (Komi, 1984). Die exzentrisch-konzentrische Koppelung hat neben dem leistungspotenzierenden Effekt auch Auswirkungen auf die Ökonomisierung, indem Energie effizient in den parallel- und serienelastischen Elementen des menschlichen Bewegungsapparates gespeichert und wieder

zurückgegeben werden kann (Arampatzis et al., 2004; Komi & Gollhofer, 1997). Aus empirischen Studien ist bekannt, dass eine adäquate Voraktivierung der Beinstreckermuskulatur Voraussetzung für das Speichern der Energie in der Muskelsehneneinheit beim reaktiven Sprung ist (Komi, 2003; Gollhofer & Kyröläinen, 1991). Es ist ferner bekannt, dass die Voraktivierung nicht willentlich eingestellt werden kann, sondern ein Ausdruck der Beschaffenheit der Untergrundbedingungen ist und entsprechend der Elastizitätsbedingungen unterbewusst eingestellt wird. Zudem können durch eine effektive Reflexaktivierung die Kräfte nach Bodenaufsatz, also während der exzentrischen Phase gehalten werden. Damit dient eine hohe Reflexaktivierung ebenfalls der Effizienz in der Energiespeicherung und -rückgabe (Gollhofer et al., 1992; Zuur et al., 2010).

Im Hochleistungssport ist die individuelle Leistungsfähigkeit der Turner beim Springen auf unterschiedlichen Bodenhardten demnach elementar von der Fähigkeit abhängig, die Muskelsteifigkeit situationsspezifisch einzustellen und den unterschiedlichen Härtegraden anzupassen. Bis dato gibt es kaum Untersuchungen, welche das Paradigma DVZ in Abhängigkeit von der Bodenfläche bei Spitzensportathleten im Turnsport detailliert untersucht haben. Ferner fehlt ein direkter Vergleich der bei internationalen Wettkämpfen verwendeten Bodenflächen unter Berücksichtigung von kalendarischem Alter und Gewicht. Die Bodenflächen werden durch die Fédération Internationale de Gymnastique (FIG) validiert und sind weltweit für

Wettkämpfe zugelassen, unterscheiden sich aufgrund ihrer elastischen Eigenschaften und Federkonstanten jedoch ganz wesentlich von harten Böden oder handelsüblichen Kraftmessplatten, die in der turnspezifischen Leistungsdiagnostik für die Kategorisierung der Turner verwendet werden. Bislang gibt es keine Studie, die das neuromuskuläre Regulationsverhalten bei unterschiedlichen Bodensteifigkeiten und den eventuell bestehenden Zusammenhang mit der individuellen neuronalen Modulationsfähigkeit von Nachwuchstalente untersucht hat. Obgleich die Leistungsdiagnostik im Bereich Sprung wichtiger Bestandteil einer nachhaltigen Talentsichtung und des Leistungsfortschritts zwischen dem 12. und 18. Lebensjahr ist, gibt es in der aktuellen Forschungsliteratur keinen Rückschluss auf praxisrelevante Zusammenhänge im Turnen.

Ziel der vorliegenden Untersuchung mit Athleten des deutschen Nationalkaders war es deshalb, die neuronale Kontrolle der Beinmuskulatur in spezifischen Phasen des reaktiven Sprungs zu analysieren und in Bezug auf die Leistungsfähigkeit unter Berücksichtigung von Alter und Gewicht abzubilden. Mit dem Schwerpunkt Diagnostik unter Berücksichtigung der individuellen Wettkampfleistung soll die Studie durch einen theoriegeleiteten Praxistransfer einen Beitrag zur Athletenselektion und Trainingsgestaltung auf Landes- und Bundesebene liefern.

## 2 Methoden

Bei 25 männlichen Nachwuchssportler aus dem Nachwuchskader (N1- und N2-Kader) des Deutschen Turner-Bunds (DTB, Alter  $15 \pm 3$  Jahre, Körpergröße  $158 \pm 19$  cm, Körpergewicht  $51,9 \pm 17,9$  kg) wurde das reaktive Sprungverhalten auf zwei wettkampfspezifischen Turnbodenflächen (Senoh (AH04 Spring Type Floor, NGC, Chiba, Japan) und Spieth (Elastic Swing Floor „Moscow“ Ref. 1790752, Altbach, Deutschland)) anhand biomechanischer, kinematischer und neuromuskulärer Kenngrößen verglichen. Die Versuchspersonen führten reaktive Tiefsprünge (Drop Jumps, DJ,) sowie die turnspezifischen Bewegungen Kurbet und Handstütz-Überschlag vorwärts mit anschließendem Absprung vorwärts durch. Als Referenz wurden die DJs zusätz-

lich auf einer Kraftmessplatte ausgeführt. Die Probanden absolvierten die Sprünge in randomisierter Reihenfolge, jeder Sprung wurde 3 Mal durchgeführt.

Dabei wurden verschiedene methodische Herangehensweisen genutzt, um das muskuläre Aktivierungsverhalten der Athleten in Abhängigkeit der Bodensteifigkeit darzustellen und die leistungscharakterisierenden Zielgrößen zu bestimmen (Abb. 1):

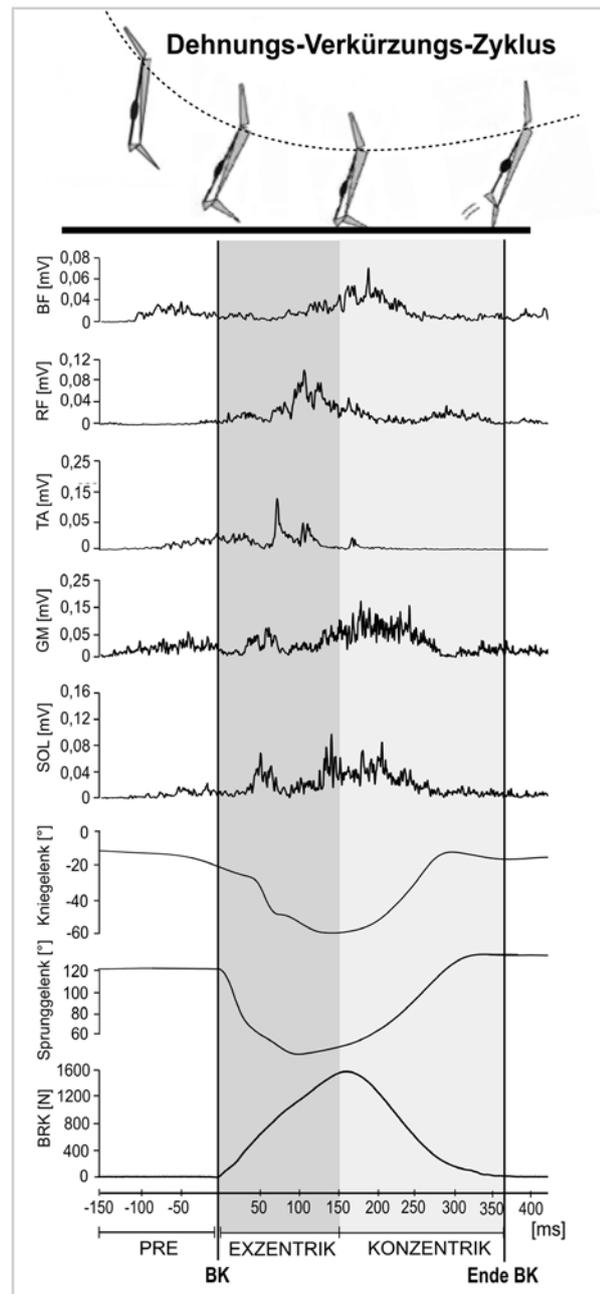


Abb. 1: Darstellung der verschiedenen methodischen Herangehensweisen

Die Analyse des Sprungmusters fand mittels der Dynamometrie, Elektromyographie sowie 2D Kinematik statt. Die Abbildung zeigt einen exemplarischen Drop Jump eines Athleten auf der Kraftmessplatte, mit den zugehörigen Muskelaktivitäten des M. Soleus (SOL), M. Gastrocnemius medialis (GM), M. Tibialis anterior (TA), M. Rectus femoris (RF) und M. Biceps femoris (BF) sowie den Gelenkwinkeln des Sprung- und Kniegelenks und der Bodenreaktionskraft (BRK). Zu sehen sind die verschiedenen Phasen des Sprungs mit der Voraktivierung (PRE) vor Bodenkontakt (BK), der exzentrischen und der konzentrischen Phase sowie das Ende des Bodenkontaktes.

*Dynamometrie:* Die Bodenkontaktzeit  $t(s)$  wurde in den Referenzmessungen mittels einer Kraftmessplatte (AMTI OR6-6-OP-2K-CTT, Watertown, USA) und auf den Turnböden mit Hilfe einer Lichtschranke mit einer Abtastrate von 2000 Hz erfasst (Typ MLG1-1040F511, Sick, Deutschland). Ferner wurde die Sprunghöhe anhand der Flugzeit mittels der Formel  $h = 1/8gt^2$  berechnet.

*Gelenkkinematik:* Die Sprung- und Kniegelenkwinkel bei initialem Bodenkontakt sowie die maximale Beugung im Sprung- und Kniegelenk während des Bodenkontaktes wurden mittels 2-dimensionaler Goniometer (Biometrics, Gwent, Großbritannien) in der Sagittalebene ermittelt.

*Neuromuskuläre Kontrolle:* Mittels der Elektromyographie (EMG) wurde über bipolare Hautoberflächen-Elektroden die muskuläre Aktivität des M. Soleus, M. Gastrocnemius medialis, M. Tibialis anterior, M. Rectus femoris und M. Biceps femoris aufgezeichnet. Pro Muskel wurden jeweils zwei Elektroden entlang des Muskelfaserverlaufs mit einem Abstand von ca. 20 mm auf dem Muskelbauch platziert und eine zusätzliche Referenz-Elektrode auf der Tibia angebracht. Die Haut wurde rasiert, mit Sandpapier leicht angeraut und durch Desinfektionsmittel von eventuellen Schmutz- und Fettablagerungen befreit, um den Hautwiderstand auf  $< 5 \text{ k}\Omega$  zu reduzieren.

Die Auswertung der neuromuskulären Daten erfolgte anhand der relevanten Phasen entsprechend der Forschungsliteratur während der Voraktivierung vor initialem Bodenkontakt

(PRE, -150–0 ms) (Schmidtbleicher & Gollhofer, 1985), sowie der exzentrischen und der konzentrischen Phase während des Sprungs (Linnamo, Bottas & Komi, 2000). Alle EMG-Signale wurden rektifiziert, integriert und zeitnormiert (mVs). Die Bestimmung der relativen Muskelaktivität wurde mittels Normierung auf das EMG während isometrischer Maximalkraft erzielt. Ferner wurde für die Ko-Kontraktion der sprunggelenksumgreifenden sowie der kniegelenksumgreifenden Muskeln das Verhältnis der simultan aktivierten antagonistischen Muskeln berechnet.

*Wettkampfnoten:* Aus der Addition der Schwierigkeitsnote (difficulty), der so genannten D-Note, und der Ausführungsnote (execution), der so genannten E-Note, berechnet sich die Endnote (final) bzw. F-Note. Unter der D-Note sind die Schwierigkeitswerte der anerkannten und angerechneten Elemente, die gezeigten Kompositionsanforderungen und Verbindungswerte zusammengefasst. Die E-Note hingegen beinhaltet Abzüge für Fehler in der Ausführung und in der künstlerischen Darstellung (FIG 2018). Die erzielten Ergebnisse der Probanden der letzten Deutschen Meisterschaften (Juli 2018, Halle) am Boden wurden zusammen mit den Ergebnissen der Studie betrachtet und auf mögliche Korrelationen überprüft.

Die statistische Auswertung in Form einer mehrfaktoriellen Varianzanalyse erfolgte nach der Prüfung der Voraussetzungen (Varianzhomogenität, Normalverteilung, Daten intervallskaliert) mit einem festgelegten Signifikanzniveau von  $p < 0,05$ . Die p-Werte wurden nach Bonferroni korrigiert. Zusätzlich wurden die Faktoren Gewicht (34-41 kg und 43-69 kg) und Alter (12-14,5 Jahre und 14,5-18 Jahre) als Kovariaten mit in die statistische Analyse einbezogen (ANCOVA). Zum Post-Hoc-Vergleich der Mittelwerte bei unterschiedlichen Bedingungen wurde ein t-Test für abhängige Stichproben verwandt ( $p < 0,05$ ). Um mögliche lineare Beziehungen zwischen den muskulären Aktivierungsbeiträgen der beteiligten Muskeln und der Sprunghöhe zu identifizieren, wurde eine lineare Regressionsanalyse durchgeführt. Die Interpretation der Regressionskoeffizienten erfolgte nach den Maßzahlen von Cohen (Cohen, 1988) für Effektstärken ( $r < 0,1$  schwacher,  $0,1 < r < 0,3$  mittlerer und  $0,3 < r < 0,5$  starker Effekt). Bivari-

ate Korrelationen nach Pearson errechneten ferner einen möglichen Zusammenhang zwischen der Sprunghöhe und der individuellen Wettkampfleistung, wobei die Interpretation anhand folgender Einstufung erfolgte: ein Korrelationskoeffizient  $r > 0,3$  entspricht einem schwachen,  $r > 0,5$  einem mittleren und ein  $r > 0,7$  einem starken Zusammenhang (Cohen, 1988).

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Spezifität der Bodenfläche

Unabhängig vom Alter und Geschlecht der Athleten ergibt die statistische Analyse eine gesteigerte Sprunghöhe (6-10 %,  $p < 0,05$ ) und kürzere Bodenkontaktzeiten (9-13 %,  $p < 0,05$ ) auf Senoh im Vergleich zu Spieth: dieser Zusammenhang hat Gültigkeit für die Übungen Kurbet, Handstütz-Überschlag sowie den Referenzsprung Drop Jump. Dabei weisen jedoch weder die Gelenkkinematik der unteren Extremität noch die neuromuskuläre Ansteuerung der involvierten Skelettmuskulatur signifikante Unterschiede in Bezug auf die unterschiedlichen Bodenflächen auf. Sowohl die Voraktivierung als auch die reflektorische Muskelaktivität in der exzentrischen Phase nach initialem Bodenkontakt unterschieden sich nicht zwischen den Sprüngen auf den unterschiedlichen Untergründen.

### 3.2 Zusammenhang der neuromuskulären Aktivität mit der Sprungleistung

Unabhängig von der Bodenfläche besteht eine signifikante Beziehung zwischen der erreichten Sprunghöhe und der Muskelaktivität der Plantarflexoren (M. Soleus und Gastrocnemius). Ein positiver Zusammenhang zwischen der Sprunghöhe und der Voraktivierung ( $r^2 = 0,203$ ,  $p < 0,05$ ) sowie der muskulären Aktivierung in der exzentrischen Phase ( $r^2 = 0,126$ ,  $p = 0,041$ ) konnten sowohl für die Sprünge auf den Turnböden als auch auf der Kraftmessplatte nachgewiesen werden.

### 3.3 Effekt von Alter und Gewicht der Athleten

Unabhängig von der Bodenfläche ergibt die statistische Analyse einen signifikanten Effekt des Gewichts und des kalendarischen Alters auf die Sprunghöhe und die neuromuskuläre Kontrolle im Dehnungs-Verkürzungszyklus ( $p < 0,05$ ). Die Athleten weisen eine größere Sprunghöhe mit zunehmendem Körpergewicht (8-21 %,  $p < 0,05$ ) sowie mit steigendem Alter (8-22 %,  $p < 0,05$ ) auf. Die größten Abhängigkeiten zeigten sich dabei bei den turnspezifischen Elementen Handstütz-Überschlag und Kurbet. In diesem Zusammenhang zeigen Interaktionseffekte zwischen Bodenfläche und Gewicht, dass die Aktivierungsintensität der Plantarflexoren (6-20 %,  $p < 0,05$ ) und der Knieextensoren (2-32 %,  $p < 0,05$ ) in der exzentrischen Phase bei älteren Athleten höher ist im Vergleich zu den jüngeren Athleten (siehe Abb. 2 auf Seite 5). Die Voraktivierung vor initialem Bodenkontakt zeigte keine gewichts- oder altersspezifischen Merkmale, die muskuläre Aktivität der Muskeln M. Tibialis anterior, M. Vastus medialis, M. Biceps femoris und M. Gastrocnemius medialis ergab ebenso keine Unterschiede.

Ferner zeigen älteren Athleten eine geringere antagonistische Ko-Kontraktion in der Unterschenkelmuskulatur (7-20 %,  $p < 0,05$ ) in der exzentrischen Phase nach initialem Bodenkontakt auf den turnspezifischen Bodenflächen, was auf eine verbesserte Ökonomie in der Bewegungsausführung schließen lässt.

### 3.4 Leistungsdiagnostische Aspekte in Zusammenhang mit der Wettkampfleistung

Zwei wesentliche leistungsdiagnostische Zusammenhänge konnten aus den Untersuchungsergebnissen gewonnen werden: Erstens ergaben sich positive Korrelationen zwischen den Sprunghöhen auf der Kraftmessplatte und den Sprunghöhen auf den beiden turnspezifischen Bodenflächen für die Elemente Überschlag und Kurbet. Diese legen dar, dass die Sprungleistung

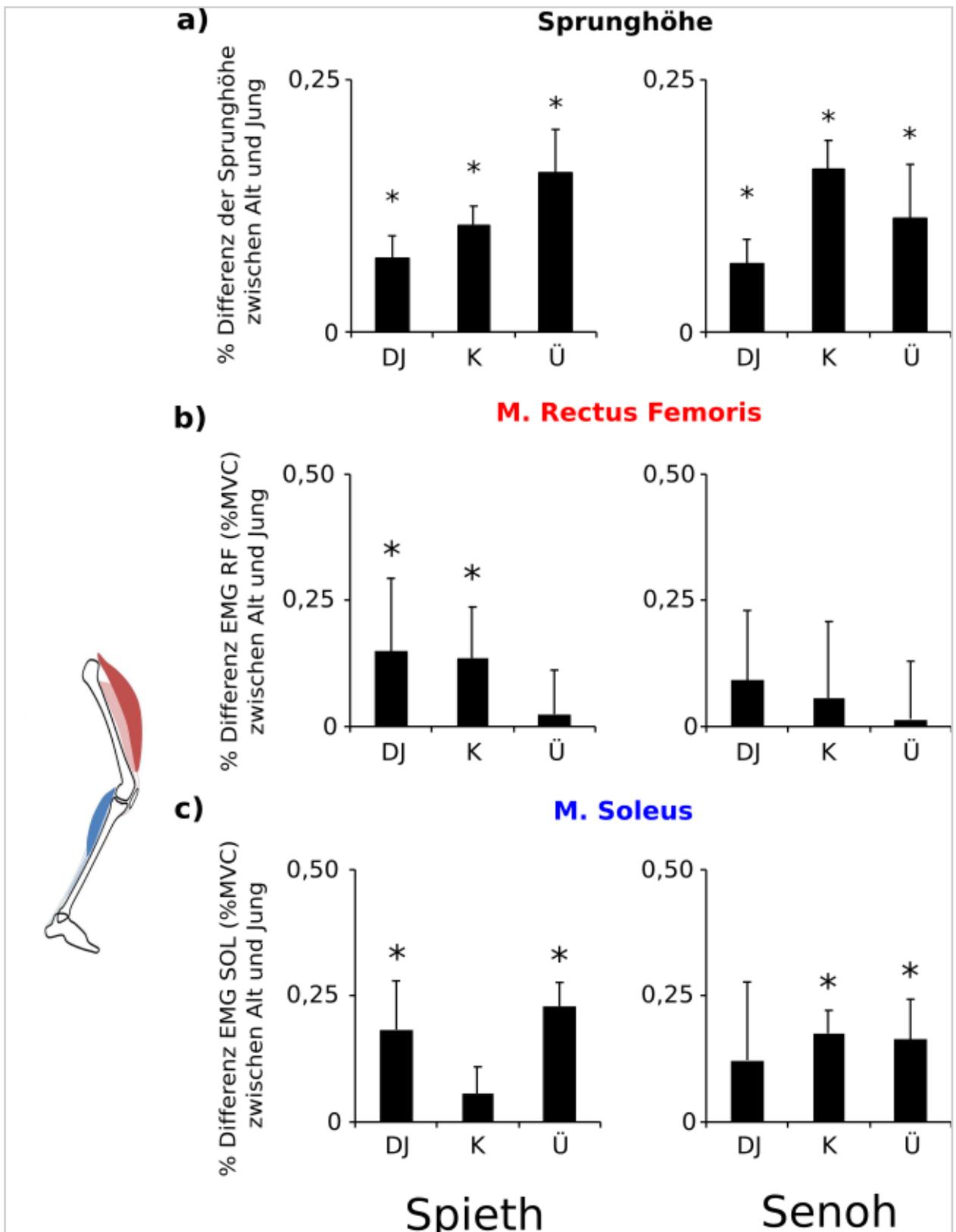


Abb. 2: Darstellung der sportartspezifischen Leistung und des kalendarischen Alters der Athleten: a) beschreibt die prozentuale Differenz zwischen Jung (12-14,5 Lebensjahre) und Alt (14,5-18 Lebensjahre) im Tiefsprung (DJ), Kurbet (K) und Überschlag (Ü) in Bezug auf die Sprunghöhe auf Spieth (links) und Senoh (rechts). b) Beschreibt den gleichen Zusammenhang für das Elektromyogramm in der exzentrischen Phase für den Knieextensor M. Rectus femoris (RF); c) beschreibt selbigen Zusammenhang für den Plantarflexor M. Soleus (SOL). Signifikante Unterschiede ( $p < 0.05$ ) sind mit einem \* gekennzeichnet.

der turnspezifischen Elemente mit einer Varianzaufklärung von 55-83 % durch die Sprungleistung in der Referenzmessung erklärt werden kann. Zweitens: Positive Korrelationen zwischen den Sprunghöhen auf der Kraftmessplatte und der Wettkampfleistung der vergangenen Weltmeisterschaft weisen auf einen starken Zusammenhang zwischen der Referenzmessung Drop Jump auf der Kraftmessplatte und der wettkampfspezifischen Bodenturnleistung nach. Diese zeigen sich in Bezug auf die D-Note als Kenngröße für den Schwierigkeitsgrad ( $r = 0.75$ ,  $p < 0.05$ ) und der F-Note als Referenz für die finale Endnote ( $r = 0.62$ ,  $p < 0.05$ ) der Bodenkür.

## 4 Diskussion

### 4.1 Effekte der Bodenfläche

Der Vergleich beider Turnböden ergab eine signifikant größere Sprunghöhe und signifikant kürzere Bodenkontaktzeiten auf Senoh im Vergleich zu Spieth bei gleichzeitig weitgehend unveränderter Gelenkinematik und muskulären Aktivierungsmustern und -größen. Die untersuchten Athleten trainierten in der Mehrzahl im deutschen Heimatverein auf Spieth. Weder für die Voraktivierung noch die reflektorisch dominierten Phasen während des Bodenkontaktes gab es statistisch signifikante Differenzen, die Hinweise auf eine veränderte neuronale Ansteuerung in der Ober- und Unterschenkelmuskulatur geliefert hätten. Gleichzeitig waren die wesentlichen Technikmerkmale für die Bewegung in der unteren Extremität identisch. Obgleich beide Turnböden von der FIG als adäquat und den internationalen Richtlinien entsprechend korrekt eingestuft wurden, lässt sich aus den Ergebnissen schlussfolgern, dass sich die Unterschiede in der Leistung nicht auf die Turner selbst, sondern höchstwahrscheinlich auf die spezifischen elastischen Eigenschaften der Bodenflächen zurückführen lassen. Die Rückprallkraft des Senohbodens scheint größer als jene des Spiethbodens, obgleich sich diese Differenzen im standardisierten Prüfverfahren (repetitives Experiment mit 20 kg Kugel aus einem Meter Höhe) nicht manifestieren lassen.

### 4.2 Neuromuskuläre Aktivität und Sprungleistung, Alter und Gewicht

Die Studienergebnisse dokumentieren einen dezidierten Zusammenhang zwischen der Sprunghöhe und der neuromuskulären Aktivierung der involvierten Skelettmuskulatur beim reaktiven Sprung. Dabei gilt: je größer die Muskelaktivität in der Phase der Voraktivierung und nach Bodenkontakt in Relation zur Maximalen Aktivität, desto größer die Sprungleistung. Dieses Phänomen war unabhängig von der Bodenfläche und ist aus neuromechanischer Sicht schlüssig zu erklären. Eine größere Voraktivierung begünstigt die Speicherung der durch den Fall erzeugten kinetischen Energie in den serienelastischen Elementen bei Bodenkontakt (Gollhofer & Kyröläinen, 1991). Eine größere reflektorische Aktivierung begünstigt darüber hinaus, den Muskel isometrisch arbeiten zu lassen und weiterhin in der exzentrischen Phase Energie in der Sehne ohne Längenänderung im Muskel zu speichern. Diese kann in der darauffolgenden konzentrischen Phase abgegeben und zur Steigerung der Sprunghöhe genutzt werden (Ishikawa & Komi, 1985).

Die Abhängigkeit des genannten neuromechanischen Zusammenhangs vom kalendarischen Alter des Athleten mag dabei in seiner sportlichen Reife liegen. Je älter ein Sportler und je größer sein Erfahrungswert, desto präziser die neuromuskuläre Kontrolle und desto geringer die antagonistische Kokontraktion (Darainy & Ostry, 2008). Es ist davon auszugehen, dass jüngere und unerfahrenere Sportler ihre Gelenke beidseitig muskulär versteifen, um die Aufprallkraft besser absorbieren zu können, was jedoch aufgrund der gegen die Bewegungsrichtung gerichteten Muskelkraft des Antagonisten in einer geringeren Sprunghöhe resultiert. Der Einfluss des Gewichtes hingegen könnte mit den elastischen Eigenschaften der Turnböden assoziiert sein. Je größer die Masse und je höher die Fallhöhe desto größer die Kraft und Kraftanstiegsrate bei Bodenkontakt und desto größer auch die Sprunghöhe.

### 4.3 Leistungsdiagnostische Tests als Prädiktor der Wettkampfleistung

Die leistungsdiagnostischen Tests, wie sie bisher zur Erfassung der Sprungleistung von Nachwuchsathleten in Form von repetitiven Sprüngen auf einer Kraftmessplatte durchgeführt werden, sind unseren Ergebnissen entsprechend sinnvoll und zeigen einen großen Zusammenhang mit der tatsächlich auf dem spezifischen Turnboden erzielten Sprunghöhe. Zudem zeigen sie ebenso einen hohen Zusammenhang mit der individuellen Wettkampfleistung eines jeden Athleten. Maximale Tiefsprünge, wie etwa Drop Jumps und Hops dienen demnach als sehr gute objektive leistungsdiagnostische Prädiktoren im Bodenturnen, welche vom DTB schnell und einfach zur Vorhersage des Leistungszustandes der Athleten genutzt werden können.

## 5 Literatur

- Arampatzis, A., Stafilidis, S., Morey-Klapsing, G. & Brüggemann, G.-P. (2004). Interaction of the human body and surfaces of different stiffness during drop jumps. *Medicine and science in sports and exercise*, 36 (3), 451-459.
- Arampatzis, A., Schade, F., Walsh, M. & Brüggemann, G.-P. (2001). Influence of leg stiffness and its effect on myodynamic jumping performance. *Journal of electromyography and kinesiology*, 11 (5), pp. 355-364.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Hillsdale, N. J.: L. Erlbaum Associates.
- Darainy M. & Ostry D. J. (2008). Muscle cocontraction following dynamics learning. *Experimental brain research*, 190 (2), 153-63.
- Gollhofer A, & Kyröläinen H. (1991). Neuromuscular control of the human leg extensor muscles in jump exercises under various stretch-load conditions. *International journal of sports medicine*, 12 (1), 34-40.
- Gollhofer, A., Strojnik, V., Rapp, W. & Schweizer, L. (1992). Behaviour of triceps surae muscle-tendon complex in different jump conditions. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 64 (4), 283-291.
- Ishikawa, M. & Komi, P. V. (1985). Effects of different dropping intensities on fascicle and tendinous tissue behavior during stretch-shortening cycle exercise. *Journal of applied physiology*, 96 (3), 848-52.
- Komi, P. V. & Gollhofer, A. (1997). Stretch Reflexes Can Have an Important Role in Force Enhancement during SSC Exercise. *Journal of applied biomechanics*, 13 (4), 451-460.
- Komi, P. (Ed.). (2003). Strength and Power in Sport. *Encyclopedia of Sports Medicine*, Vol. 3
- Komi, P. V. (1984). Physiological and biomechanical correlates of muscle function: effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. In R.L. Terjung (ed.) *Exercise and Sport Sciences Reviews*, Vol. 12, (pp. 81-121). Collamore Press, Lexington, Mass.
- Kyrolainen, H., Kivela, R., Koskinen, S., McBride, J., Andersen, J. L., Takala, T., Sipila, S. & Komi, P.V. (2003). Interrelationships between muscle structure, muscle strength, and running economy. *Medicine and science in sports and exercise*, 35 (1), 45-49.
- Lesinski, M., Prieske, O., Beurskens, R., Behm, D. & Granacher, U. (2018). Effects of Drop-height and Surface Instability on Jump Performance and Knee Kinematics. *International journal of sports medicine*, 39 (1), 50-57.
- Linnamo, V., Bottas, R. & Komi, P. V. (2000). Force and EMG power spectrum during and after eccentric and concentric fatigue. *Journal of electromyography and kinesiology*, 10 (5), 293-300.
- Schmidtbleicher, D. & Gollhofer, A. (1985). Einflussgrößen des reaktiven Bewegungsverhaltens und deren Bedeutung für die Sportpraxis. In M. Bührle (Hrsg.), *Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings* (S. 271-281). Schorndorf: Hofmann.
- Zuur, A. T., Lundbye-Jensen, J., Leukel, Ch., Taube, W., Grey, M. J., Gollhofer, A. et al. (2010). Contribution of afferent feedback and descending drive to human hopping. *Journal of physiology* 588, (5), 799-807.



# Weiterentwicklung und Einsatz eines Mess- und Informationssystems für die Trainingssteuerung im BMX-Rennsport

(AZ 072019/18)

Wilfried Alt (Projektleitung), Dieter Bubeck & Karsten Schäfer

Universität Stuttgart, Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft

## 1 Einleitung und Problemstellung

Das Ziel dieses Projektes war, ein komplexes Mess- und Informationssystem (MIS) für den dauerhaften Einsatz zur Trainingssteuerung im SBMX Rennsport zu etablieren.“ Zur Erreichung dieses Zieles konnte während des zurückliegenden Projektzeitraumes ein wichtiger Beitrag geleistet werden.

Etablierung eines Mess- und Informationssystems vereint die Einrichtung und den bewährten Einsatz eines solchen. Auf Grund des vorangegangenen Projektes „Analyse der Belas-

tungs- und Anforderungsstruktur im olympischen BMX Rennsport (AnaBel BMX)“ (AZ 072030/16-17) war von einer zum Projektstart abgeschlossenen Einrichtung des Mess- und Informationssystems auszugehen, diese war jedoch nicht abgeschlossen. Dies hatte weitreichende Auswirkungen auf den Projektverlauf und die Erreichung der Projektziele.

### 1.1 Situation zum Projektstart

Folgende Messsysteme wurden im Vorgängerprojekt AZ 072030/16-17 eingesetzt (Tab. 1):

Tab. 1: Eingesetzte Messverfahren im Projekt AnaBel BMX:

On-Track Messungen	Off-Track Messungen
<i>FES - Messkurbeln MKA:</i> Kraft, Leistung, Frequenz	<i>FES - BMX Ergometer:</i> Kraft, Leistung, Frequenz - All Out Test 45s
<i>COSMED K5 mobil AMEDTEC EKG:</i> VO <sub>2</sub> , Hf, indirekte Kalorimetrie	<i>COSMED K5 stationär AMEDTEC EKG, Lode Ergoline:</i> VO <sub>2</sub> max, Hf, P <sub>max</sub>
<i>MOTO-SHEETS - Zeitmessanlage:</i> Messdatensynchronisation, $\emptyset$ v, streckenspez. Zeitparameter	<i>ISOMED 2000:</i> F <sub>max</sub> dyn. / isometrisch
<i>Bosch - XDK 110:</i> d <sub>vertikal</sub>	<i>Kniebeugen, Kreuzheben:</i> F <sub>max</sub> , F <sub>expl</sub>
<i>BIOSEN C_line GP+:</i> LaC <sub>pre</sub> / LaC <sub>post</sub> / LaC <sub>post+1/+5/+10</sub>	<i>Y-Balance Test:</i> funktionelle Bewegungsfähigkeit

Einige der Messmethoden hatten sich in ihrem Einsatz bei den Messungen bewährt. Jedoch mussten dringend Anpassungen an den Messkurkeln, dem FES Ergometer und den stationären Spiroergometrie Messungen vorgenommen werden, um sie für einen Einsatz als komplexes Mess- und Informationssystem tauglich zu machen.

## 1.2 Kontrolle und Überarbeitung der eingesetzten Messsysteme

### 1.2.1 FES Ergometer

Die Rahmen wurden mit einem kinematischen Verfahren vermessen. Die Startrampe einer BMX SX Strecke weist nach den Vorgaben der UCI 18° Gefälle im oberen Bereich und 28° im unteren Bereich auf. Zudem sind die Vorderäder der Fahrer im oberen Bereich der Rampe während des Startvorganges in der Regel angehoben. In Abstimmung mit den Bundes- und Stützpunktrainern wurde hinsichtlich der Start-

situation eine Vorneigung des BMX-Bikes von 8.5° angenommen.

Die BMX-Bikes wurden in 0° Neigung vermessen hinsichtlich folgender Parameter:

- › Lenkerweite – horizontaler Abstand Tretlagerzentrum-Lenkerzentrum (Volumenschwerpunkt der Griffe),
- › Lenkerhöhe – vertikaler Abstand Tretlagerzentrum-Lenkerzentrum,
- › Lenkerabstand – Abstand Tretlagerzentrum-Lenkerzentrum,
- › Lenkerwinkel – Winkel der Linie durch Tretlagerzentrum und Lenkerzentrum gegenüber einer horizontalen Linie

und danach mit den Rahmengenometrieparametern des Ergometers verglichen. Dabei wurden erhebliche Abweichungen festgestellt.



Abb. 1: Rahmengenometrie des FES Ergometers zum Projektstart

Tab. 2: Parameter der Rahmengeometrie der Bundeskaderathleten und der Abweichungen gegenüber dem FES Ergometer

Nr.	0°				Abweichungen 0°				Abweichungen 8,5°			
	Lenkerweite [cm]	Lenkerhöhe [cm]	Lenkerabstand [cm]	Lenkerwinkel [°]	Lenkerweite [cm]	Lenkerhöhe [cm]	Lenkerabstand [cm]	Lenkerwinkel [°]	Lenkerweite [cm]	Lenkerhöhe [cm]	Lenkerabstand [cm]	Lenkerwinkel [°]
<b>Ergo</b>	<b>54</b>	<b>71</b>	<b>90</b>	<b>53</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
1	45	60	75	53	-9	-12	-15	0	0	-19	-15	-9
2	45	62	76	54	-10	-9	-13	2	-1	-16	-14	-7
3	47	61	77	53	-7	-10	-12	0	1	-17	-13	-9
4	45	62	77	54	-9	-9	-13	1	0	-16	-13	-8
5	44	61	75	55	-11	-10	-14	2	-2	-17	-15	-7
6	45	61	76	54	-9	-10	-14	1	-1	-17	-14	-8
7	47	62	78	53	-8	-9	-12	1	1	-16	-12	-8
8	46	62	77	54	-9	-9	-12	1	0	-16	-13	-8
9	41	58	71	54	-13	-14	-19	2	-5	-20	-19	-7
10	48	62	78	52	-7	-9	-11	0	2	-17	-12	-9
11	46	63	78	54	-9	-8	-12	1	0	-16	-12	-7
12	45	63	78	54	-9	-8	-12	2	0	-15	-12	-7
13	44	63	77	55	-11	-8	-13	3	-2	-15	-13	-6
14	46	63	78	54	-8	-8	-12	1	1	-15	-12	-8
15	45	64	79	55	-9	-7	-11	2	0	-14	-11	-7
min	41	58	71	52	-13	-14	-19	-0,3	-5	-20	-19	-9
max	48	64	79	55	-7	-7	-11	2,6	2	-14	-11	-6
mean	<b>45,2</b>	<b>61,9</b>	<b>76,6</b>	<b>53,9</b>	<b>-9,1</b>	<b>-9,3</b>	<b>-12,9</b>	<b>1,20</b>	<b>-0,2</b>	<b>-16,4</b>	<b>-13,4</b>	<b>-7,6</b>
sd	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1,8</b>	<b>0,8</b>	<b>1,5</b>	<b>1,5</b>	<b>1,8</b>	<b>0,79</b>	<b>1,6</b>	<b>1,4</b>	<b>1,8</b>	<b>0,8</b>

Die verschiedenen Rahmengeometrien innerhalb der Trainingsgruppen Stuttgart und Cottbus waren unerwartet homogen, was an den Standardabweichungen hinsichtlich der Parameter Lenkerweite, Lenkerhöhe, Lenkerabstand, Lenkerwinkel  $\leq 1,8$  cm bzw.  $0,8^\circ$  zu erkennen ist. Auch die weiblichen Fahrer (Nr. 5, 9) sind nicht besonders auffällig.

Durch konstruktive Korrekturen des Ergometers konnten die durchschnittlichen Rahmengeometrien in der  $0^\circ$  bzw.  $8,5^\circ$  Situation eingestellt werden. Der Sattel wurde entfernt, da die Tests im Stehen gefahren werden, wie es auch in den Rennsituationen der Fall ist (Abb. 2, Seite 4).

### 1.2.2 FES Messkurbeln

Zu Beginn des Projektes wurde deutlich, dass die FES Messkurbeln trotz anderslautender Aussagen von FES nur bedingt für den Einsatz im BMX Rennsport geeignet waren. Aufgrund des beim BMX Rennsport vorhandenen Freilaufes der

Achse konnten die für den Bahnradsport konzeptionierten Kurbeln nur bedingt eingesetzt werden und bedürfen einer softwareseitigen Adaptation. Diese wurde von uns über Matlab Skripte generiert und den Bundestrainern zur Verfügung gestellt.

Eine Synchronisation von rechter und linker Kurbel wurde ebenfalls von uns anhand von Veränderungen der Software Radsoft (FES) und Matlab Routinen auswertefähig gemacht. Somit ist es nun erstmals möglich, das Bruttodrehmoment, welches von den Athleten an den Kurbeln generiert wird, zu erfassen. Nachfolgende Abbildung stellt eine entsprechende Auswertung dar. Dies ist nun in der entsprechenden Dateneinzugsfrequenz und für den BMX Sport bislang einzigartig (Abb. 3, Seite 4).

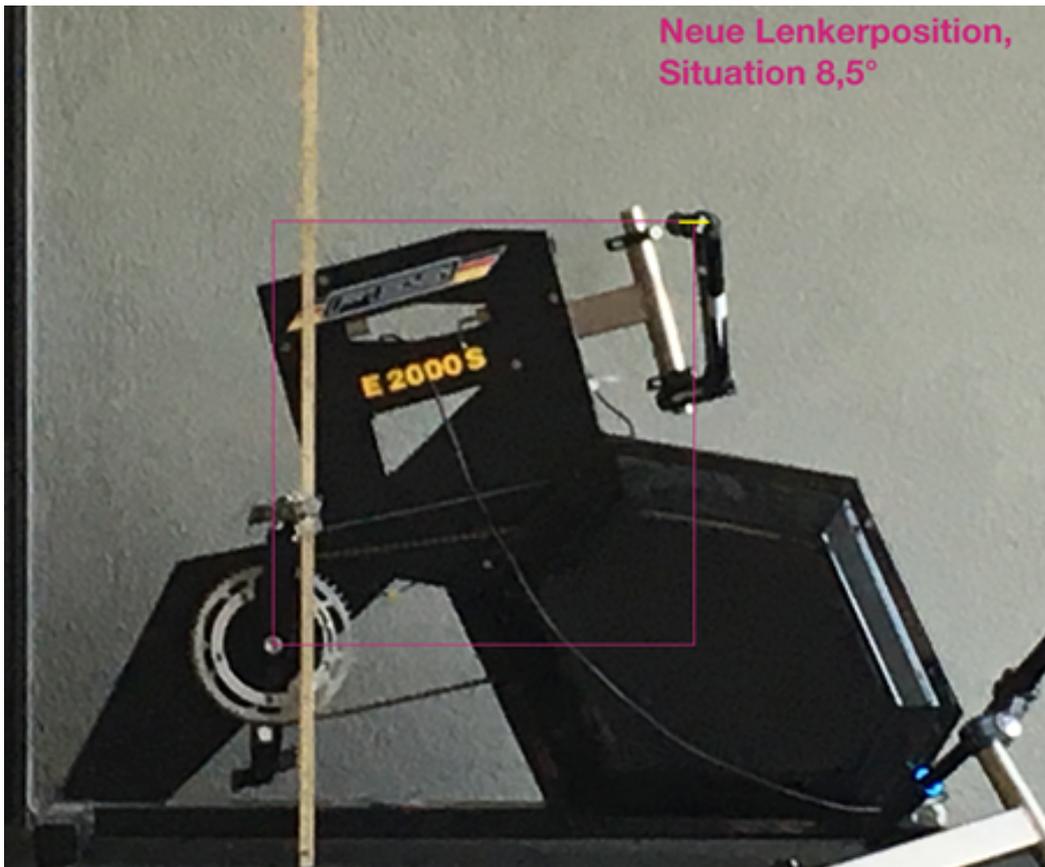


Abb. 2: Veränderte Lenkerposition am FES Ergometer zur Bedingung 8,5° zur Simulation der Fahrradposition nach dem Fallgitterstart

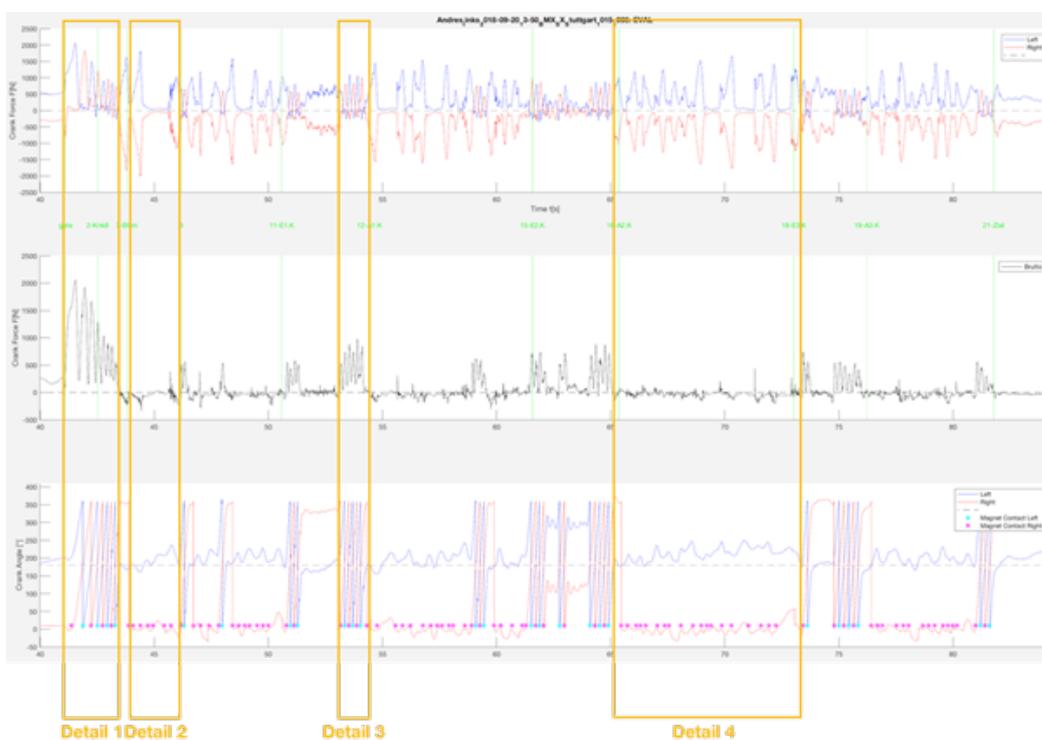


Abb. 3: Beispiel einer Auswertung der FES Messkurven über eine Messfahrt auf der Supercrossstrecke in Stuttgart. Obere Abbildung zeigt die synchronisierte Darstellung der Momente der rechten und linken Kurbel. Mittlere Abbildung stellt das Bruttomoment dar. Die untere Abbildung zeigt die Position der rechten bzw. linken Kurbel.

Anhand dieses von uns entwickelten technischen Fortschritts sind wir nun in der Lage, verschiedene Abschnitte der Rennstrecke detailliert zu analysieren.

### 1.2.3 MOTO Sheets Zeitmessanlage auf der SuperCross Strecke in Stuttgart

Die neue und einzige deutsche olympische Supercross Strecke in Stuttgart wurde im Projektzeitraum mit einer modernen und weltweit führenden Zeitmessanlage ausgestattet. In Zusammenarbeit mit MOTO-Sheets wurde die gesamte Rennstrecke und die Trainingsbahn mit Zeitmessschleifen versehen. Abb. 4 zeigt die angebrachten Messschleifen.

Mittels der Zeitmessanlage können nun die Athleten während des Trainings ihre individuellen Teilzeiten direkt auf dem Handy erfassen und analysieren. Dies ermöglicht ein qualitativ hochwertiges BMX spezifisches Training.

### 1.2.4 Stationäre Spiroergometrie

Angeregt durch die Korrekturen der FES-Ergometer-Rahmengenometrie, wurde eine Untersu-

chung des Einflusses einer stehenden (RTBMX) vs. einer sitzenden Fahrweise (RTNORM) auf Leistungsparameter bei spiroergometrischen Messungen auf dem Radergometer vorgenommen.

## 2 Methodik

Geometrieinstellungen aus 0°-Situation stehend vs. individueller Rahmengenometrie sitzend, Protokoll 2 min Ruhe (sitzend), 6 min Einfahren ohne Hände bei 100 W. Dann Beginn der Rampe mit einer Steigerung von 1 W alle 2 sec. Abschließend 5 min Ausfahren bei 50 W.

## 3 Ergebnisse

Es konnten keine signifikanten Unterschiede in den erfassten kardiopulmonalen Parametern zwischen RTBMX ( $VO_{2peak}/kg = 53,08 \pm 5,08$ ;  $HF_{max} = 191,8 \pm 7,53$ ;  $RQ_{max} = 1,18 \pm 0,05$ ) und RTNORM ( $VO_{2peak}/kg = 53,98 \pm 9,1$ ;  $HF_{max} = 188,4 \pm 12,76$ ;  $RQ_{max} = 1,21 \pm 0,07$ ) festgestellt werden. Für  $P_{max}$  (RTBMX =  $362 \pm 34,39$ ;



Abb. 4: Darstellung der eingebauten Messschleifen der Zeitmessanlage von MOTO Sheets

RTNORM = 386 ± 28,1) und P@VT1 (RTBMX = 144 ± 21,62; RTNORM = 197 ± 12,55) konnten signifikante Unterschiede ermittelt werden. Die VO<sub>2</sub>-Kurve zeigt für RTBMX einen deutlich stärkeren Anstieg bei niedriger Intensität im Vergleich zu RTNORM. Mit Hilfe des Bland-Altman-Plots konnte eine mittlere maximale Abweichung von 11,7 ml/min/kg zwischen den

Protokollen ermittelt werden. Es konnte kein signifikanter Zusammenhang (r = 0,33) zwischen der Trainingszeit auf dem Fahrradergometer und der Differenz der VO<sub>2</sub>max zwischen den verschiedenen Ausbelastungsprotokollen festgestellt werden.

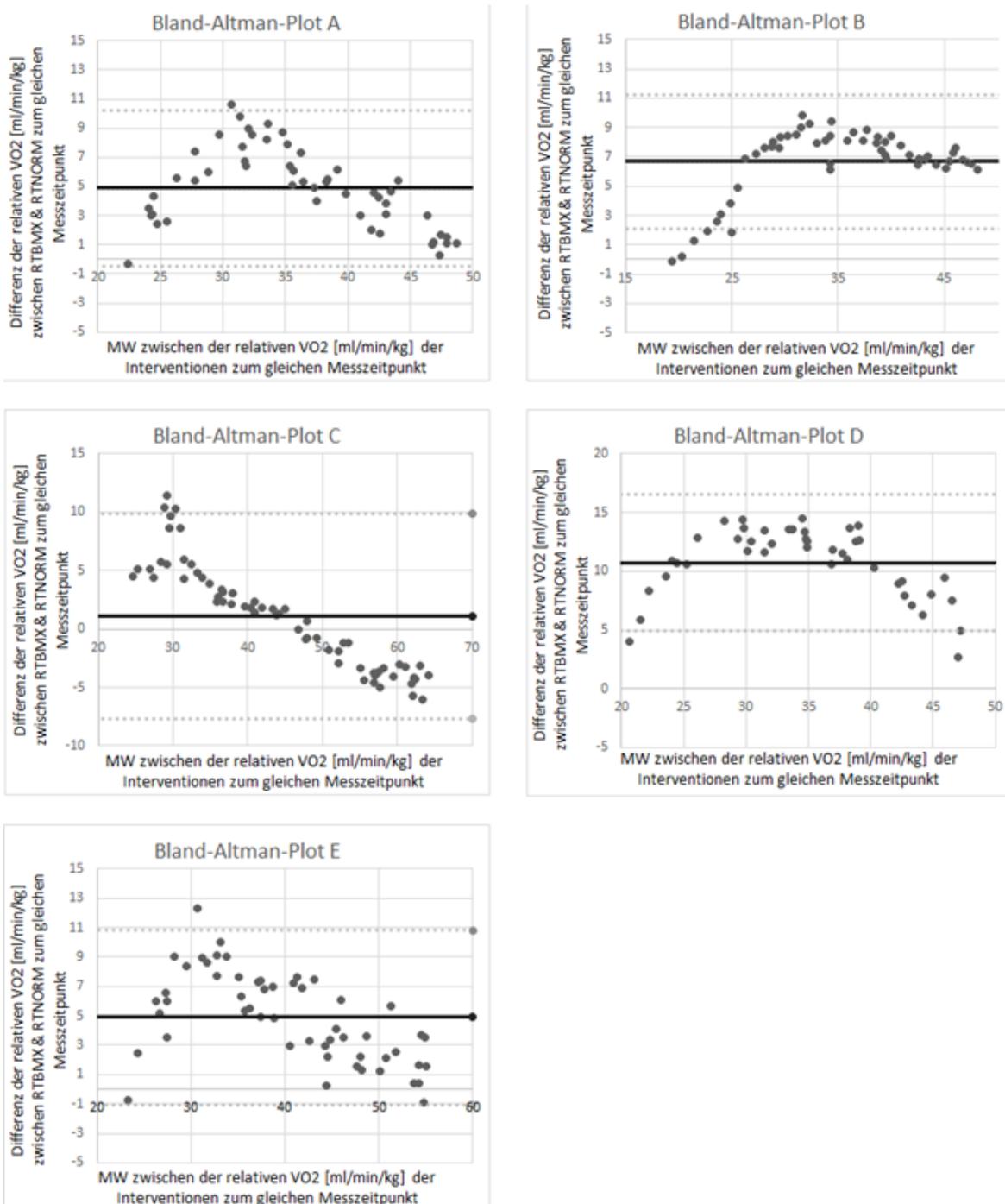


Abb. 5: Bland-Altman-Plots der Probanden A, B, C, D & E bezüglich der VO<sub>2</sub> bei RT<sub>BMX</sub> vs. RT<sub>NORM</sub>; x-Achse = Mittelwert von RT<sub>BMX</sub> und RT<sub>NORM</sub> zum identischen Messzeitpunkt; y-Achse = VO<sub>2</sub>/kg bei RT<sub>BMX</sub> - VO<sub>2</sub>/kg bei RT<sub>NORM</sub>

## 4 Diskussion

Es wird vermutet, dass das Aufstehen bei RTBMX bei zu niedriger Intensität einen negativen Effekt auf den weiteren Verlauf der Intervention hatte, wodurch ein früherer Abbruch von RTBMX begünstigt wurde. Des Weiteren wird, unabhängig vom Volumen der Trainingszeit auf dem Fahrradergometer, ein grundsätzlicher Einfluss des Trainings gegenüber keinem Training vermutet.

## 5 Schlussbetrachtung

Das aktuell durchgeführte Serviceprojekt Weiterentwicklung und Einsatz eines Mess- und Informationssystems für die Trainingsteuerung im BMX-Radsport hat es geschafft, die junge Sportart SBMX in einzigartiger Weise zu unterstützen. Neben detaillierten Analysen der entsprechenden Leistungsparameter über den Jahresverlauf hinweg wurden auch optimale Rahmenbedingungen durch die technologische Weiterentwicklung der Analysetools geschaffen.



# Entwicklung einer Methode zur Sprungbelastungsmessung im Beach-Volleyball Training

(AZ 072023/18)

Mark Pfeiffer<sup>1</sup> (Projektleitung), Thimeo Pelzer<sup>1</sup>, Thomas Jaitner<sup>2</sup> & Marcus Schmidt<sup>2</sup>

Kooperationspartner: Deutscher Volleyball-Verband (DVV)

<sup>1</sup>Johannes Gutenberg-Universität Mainz

<sup>2</sup>Technische Universität Dortmund

## 1 Problem

Für eine zeitnahe Optimierung der individuellen Trainingssteuerung, was die Verletzungsprophylaxe einschließt, wird kurzfristig eine wissenschaftliche Unterstützung der Trainingspraxis bei der Entwicklung einer Methode zur trainingsbegleitenden Sprungbelastungsmessung und -beurteilung benötigt. Die Projektergebnisse sollen genutzt werden, um ein sportartspezifisches Belastungsmanagement zu implementieren. Gemeinsam mit dem Praxispartner DVV sollen im Rahmen des Projektvorhabens hierfür praxistaugliche Lösungszugänge gefunden und Strategien für eine Umsetzung entwickelt werden.

### 1.1 Beanspruchungs-/Belastungsmessung im Beach-Volleyball

Zur Erfassung von Belastung und Beanspruchung im sportlichen Training und Wettkampf werden in der wissenschaftlichen Literatur verschiedene Methoden vorgestellt und diskutiert (Kenttä et al., 2006; Coutts et al., 2007; Nunes et al., 2014). Neben herzfrequenzbasierten Verfahren wurden in bisherigen Studien u. a. biochemische Parameter und Fragebögen genutzt, um Trainingsumfang und -intensität oder Wettkampfbelastungen zu dokumentieren und zu analysieren. Volleyballspezifisch sind derartige Untersuchungsansätze in jüngerer Vergangenheit überwiegend im Hallenbereich vorzufinden (Tilp et al., 2008; Sheppard et al., 2009; Moreira et al., 2011; Magalhaes et al., 2011; Andrade et al., 2014; Palao et al., 2015; Charlton et al., 2017; Aoki et al., 2017).

#### 1.1.1 Trainingsbelastung (external load)

In den letzten Jahren wurden erste Ansätze zur Erfassung der Sprungbelastung mittels Inertialsensoren publiziert (Gageler et al., 2015; Jarning et al., 2015; Charlton et al., 2017; MacDonald et al., 2017). Zusammenfassend ist zu konstatieren, dass mittels kommerzieller Sensoren unterschiedliche Sprungformen im Volleyball (Block- und Angriffssprüngen sowie Sprungaufschläge) mit Raten zwischen 95 % und 99 % recht zufriedenstellend detektiert werden können. Bei der Bestimmung der Sprunghöhen zeigen die Studien zum Teil höhere Abweichungen gegenüber einer Referenzmessung (Kraftmessplattform oder Kinematik). Jedoch kommen alle drei Autoren zu dem Schluss, dass Inertialmesssysteme insbesondere aufgrund ihrer Praktikabilität bei der Datenerfassung und der schnellen Verfügbarkeit der Ergebnisse eine sinnvolle Ergänzung der gegenwärtigen Trainingspraxis und einen vielversprechenden Ansatz zur Erfassung der Trainingsbelastung im Hallenvolleyball darstellen. In einer eigenen Pilotstudie wurde ein eigens entwickeltes Inertialmesssystem ebenfalls zur Erfassung der Sprunghöhe im Hallenvolleyball eingesetzt (Jaitner et al., 2017). Als Referenzsystem diente hier ein optometrisches System (OptojumpNext™). Bei Angriffsschlägen von Volleyballerinnen und Volleyballern regionalen Niveaus (N = 106) lagen die Abweichungen zum Referenzsystem im Mittel bei +0,9 cm (95 % LOA -1,2 cm bzw. 2,9 cm) und damit noch unterhalb der von Gageler, Wearing und James (2015) ermittelten Messfehler.

### 1.1.2 Trainingsbeanspruchung (internal load)

In mehreren Arbeiten wurde zur Erfassung der **Trainingsbeanspruchung** (internal load) der Session-RPE (S-RPE) als Marker für das subjektive Belastungsempfinden genutzt. Unter dem Ansatz, den S-RPE über weitere (bio-)chemische Marker zu validieren, veröffentlichten Freitas et al. (2014; 2017) jüngst zwei Arbeiten zur Beanspruchungserfassung im Hallen-Volleyball. Bei Freitas et al. (2017) wurden männliche Spitzensportler über einen Trainingszeitraum von fünf Tagen erfasst. Die Trainingseinheiten besaßen anteilig Inhalte von allgemeinem Athletiktraining sowie volleyballspezifischem Training. Neben dem S-RPE konnten nach fünf Tagen ebenfalls erhöhte Werte für DOMS (Delayed Onset of Muscle Soreness) als subjektives Belastungskriterium und Creatinkinase (CK) als Marker des Energiestoffwechsels gefunden werden. In einer früheren Studie von Freitas et al. (2014) wurden Leistungssportler im Hallen-Volleyball über einen akzentuierten Trainingszyklus von elf Tagen begleitet. Auch hier nutzte die Arbeitsgruppe bereits CK und S-RPE zur Beanspruchungserfassung. Beide Marker zeigten signifikant höhere Werte in Folge des erfassten Trainingszeitraums. Derzeit liegen keine empirischen Befunde zur Wechselbeziehung zwischen Sprungbelastung (external load) und Beanspruchungsmarkern (internal load) vor, die jedoch für die Implementierung eines Belastungsmanagements als Grundlage der Trainingssteuerung im Beach-Volleyball benötigt werden.

## 1.2 Projektziel

### Teilziel I: Evaluation von Systemen zur Sprungbelastungsmessung im Sand

Alle bisherigen Studien zum Einsatz von Inertialmesssystemen wurden im Hallenvolleyball durchgeführt. Aufgrund der unterschiedlichen Absprunghöhen im Sand und der dadurch veränderten Bodenreaktionskräfte bzw. Segment- und KSP-Beschleunigungen ist nicht sichergestellt, dass sich die Erkenntnisse aus der Halle auch auf den Sand übertragen lassen. In einer Teilstudie sollen daher potenziell geeignete (kommerzielle) Messsysteme unter realen Trainingsbedingungen im Beachvolleyball unter Zuhilfenahme eines geeigneten

Referenzsystems evaluiert werden. Dabei soll in erster Linie eruiert werden, mit welcher Zuverlässigkeit und Genauigkeit Sprungbelastungen (Zeitpunkt und Anzahl von Sprüngen, Sprunghöhe) im Sand erfasst werden. Zusätzlich sollen jedoch auch Usability-Kriterien für den routinemäßigen Einsatz im Beachvolleyball-Training (u. a. Handhabung, Rückwirkungsgrad und Einsatzdauer sowie Verfügbarkeit und Export der Daten inkl. Einbindung in Trainingsdatenbanken) in die Bewertung einfließen.

### Teilziel II: Entwicklung einer Methode zur Sprungbelastungsbeurteilung im Beach-Volleyball

Bislang liegen keine empirischen Befunde darüber vor, ob und wenn ja, welche Kenngrößen der Sprungbelastungen (Anzahl der Sprünge, Sprunghöhe, im Volleyball, kinetische Energie, Sprung-/Sprunghöhenverteilung, Load-Index nach Charlton et al., 2017) einen Zusammenhang zu Indikatoren der Beanspruchung (internal load) aufweisen und in welcher Größenordnung. Ferner ist bislang ungeklärt, welchen Einfluss die Höhe der Sprungbelastungen hat. Ein Ziel des Projektvorhabens besteht daher in einer Untersuchung des Beziehungsgefüges zwischen Parametern der Sprungbelastung im Training (external load) und solchen der Beanspruchung (internal load).

## 2 Methode

### 2.1 Arbeitspaket 1 – Evaluation Inertialsensor-basierter Messsysteme

Die Studie beinhaltete zwei separate Untersuchungen. Im ersten Teil wurde die Zuverlässigkeit eines kommerziell erhältlichen IMS, VERT (Model #JEM2014A, MayfonkAthletic, Fort Lauderdale, FL, USA) zur Erfassung der Anzahl an Sprüngen während Beachvolleyballspielen überprüft. Dazu trugen insgesamt 8 Spielerinnen den VERT während 5 Spielen im Rahmen der U19/U20 Ausscheidungstrials des DVV. Der Sensor wurde mittels eines elastischen Bandes, wie durch den Hersteller vorgesehen, an der Hüfte der Spielerinnen befestigt. Mithilfe eines iPad und der VERT Coach App wurden die Sprünge erfasst und mit einem Zeitstempel

versehen. Alle Spiele wurden von einer Videokamera (Panasonic) aufgezeichnet, welche das gesamte Spielfeld erfasste. Die erfassten Videos wurden anhand des Zeitpunktes mit den VERT-Daten synchronisiert und auf ihre Übereinstimmung durch drei unabhängige Personen untersucht. Während der zweiten Teilstudie wurde die Messgenauigkeit bei der Bestimmung der Höhe sportartspezifischer Sprünge mittels VERT und eines weiteren IMS (SpoSeNs) ermittelt. Dazu führten insgesamt 11 männliche Volleyballspieler Angriff- und Blocksprünge auf einem Sanduntergrund (1,2 m x 2,5 m x 0,3 m) in einem Labor aus. Die Bestimmung der Sprunghöhe erfolgte synchron mittels einer dreidimensionalen Bewegungskinematik (Qualisys, 12 Kameras, 120 Hz), des VERT sowie dem SpoSeNs Sensor (1000 Hz, basierend auf der Flugzeit). Die beiden IMS wurden analog zur ersten Studie an der Hüfte der Sportler befestigt. Die statistische Datenauswertung umfasst neben deskriptiven Kenngrößen die Berechnung der Bland & Altman Statistik (Bland & Altman, 2007).

## 2.2 Arbeitspaket 2 – Entwicklung einer Methode zur Sprungbelastungsbeurteilung

Im Arbeitspaket 2 wurde in enger Abstimmung mit Jörg Ahmann (Bundestrainer B-Kader/U23) eine Studie zur Beurteilung der Sprungbelastung (Sprunganzahl) mittels VERT-System mit 7 B-Kadern (5 w, 2 m) am Beach-Volleyball-Stützpunkt Stuttgart durchgeführt. Verglichen wurden drei Trainingseinheiten mit unterschiedlichen Sprunghäufigkeiten (low, moderate, high) sowie mit unterschiedlichen Ausprägungen und Anteilen weiterer Übungen (Abb. 1, Seite 4).

Die Anzahl und Komplexität weiterer Übungsinhalte stiegen mit sinkender Anzahl der zu absolvierenden Vertikalsprünge. Dies ermöglichte es, die Sprunghäufigkeit (Belastung) pro Einheit als möglichen Beanspruchungstrigger zu untersuchen (Abb. 2, Seite 5). Vor und nach jeder Trainingseinheit wurden verschiedene Belastungs- und Beanspruchungsparameter erfasst und ausgewertet. Die Auswahl der Para-

meter für die Sprungbelastung (external load) und die Beanspruchung (internal load) begründet sich im dargelegten Forschungsstand sowie den empirischen Befunden und Empfehlungen aus REGman (vgl. hierzu Meyer et al., 2016).

### *Trainingsbelastung (external load)*

Bei den drei standardisierten Trainingseinheiten (TE) wurden folgende Größen erfasst bzw. berechnet: Anzahl der Sprünge gesamt und pro Sprungkategorie, Sprunghöhe, kinetische Energie pro Sprung sowie der Load-Index (Charlton et al., 2017).

### *Trainingsbeanspruchung (internal load)*

Mit der Zielstellung, praxistaugliche Marker für die Beanspruchung im Beach-Volleyball bereitzustellen sowie unter Berücksichtigung des aktuellen Forschungsstandes (vgl. Kap. 2 und 3) und den Empfehlungen aus REGman wurde folgendes Untersuchungspanel festgelegt.

Laborwerte:	Creatinkinase (CK)
Psychometrische Verfahren:	Session-RPE (Foster et al., 2003), Akutmaß Erholung & Beanspruchung (Hitzschke et al., 2016), Delayed Onset of Muscle Soreness (DOMS)

Der in Abb. 1 dargestellte Untersuchungsplan wird im Rahmen des Arbeitspakets dreimal mit jeweils einem anderen Belastungsszenario durchlaufen (Cross-Over):

- Trainingseinheit (TE) mit geringem Anteil an Sprungbelastungen,
- TE mit mittlerem Anteil an Sprungbelastungen und
- TE mit hohem Anteil an Sprungbelastungen. Eine Festlegung der individuellen Belastungsgrößen in jedem der drei Szenarien erfolgte in Absprache mit dem betreuenden Bundestrainer (Jörg Ahmann) im Vorfeld der Untersuchung.

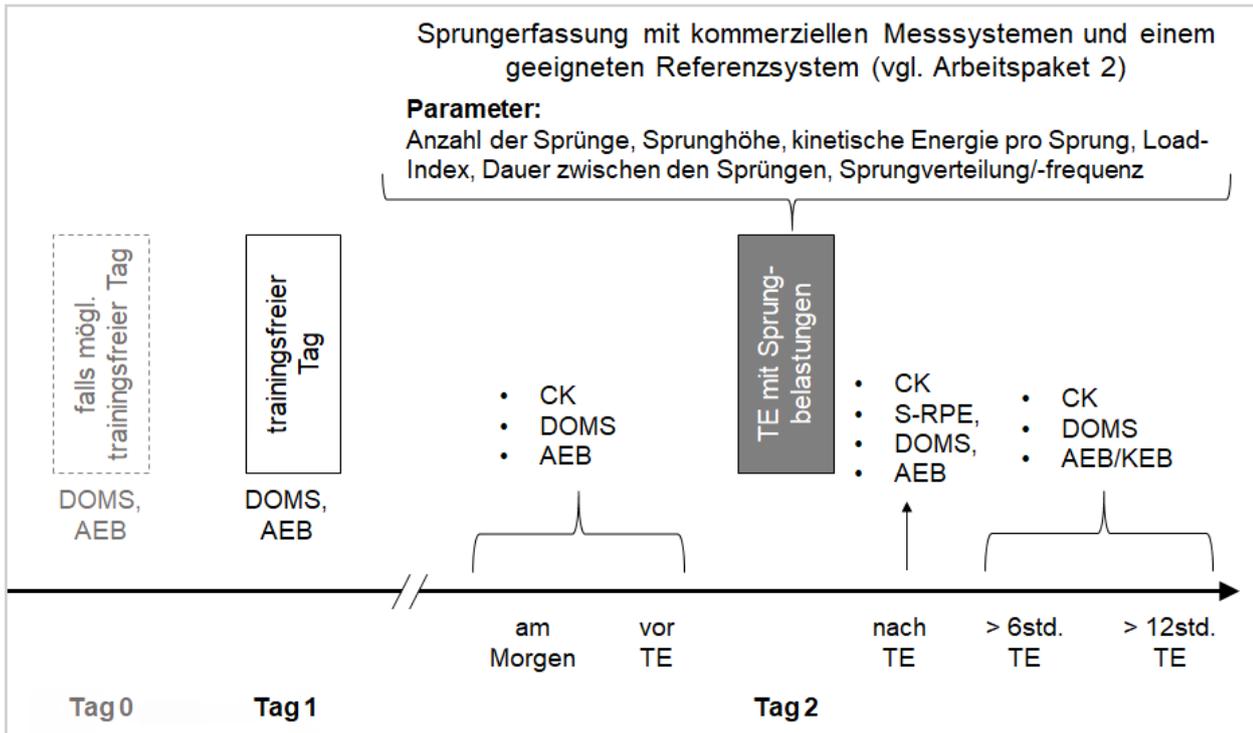


Abb. 1: Untersuchungsablauf mit Angabe der diagnostischen Methoden

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Arbeitspaket 1 – Evaluation Inertialsensor-basierter Messsysteme

##### 3.1.1 Studie 1: Genauigkeit des VERT-Systems bei der Erfassung der Sprunganzahl

Während der ersten Teilstudie wurden insgesamt 439 Sprünge mittels der Videoaufzeichnung identifiziert und mit den Sensordaten verglichen. Tab. 1 (Seite 5) fasst die dabei gewonnenen Daten zusammen. Insgesamt wurden 392 Sprünge (89,3 %) durch das VERT-System korrekt erkannt, was einer Spezifität von 0,98 und einer Sensitivität von 0,89 entspricht. Aufgeschlüsselt nach Sprungtypen liegen nur geringe Variationen bezüglich der Erkennungsraten vor. Die höchsten Werte treten mit 100 % bei Aktionen der Überkopfabwehr und Hechtbagger auf, Angriffsschläge und Jump Floats werden zu 93 % korrekt erkannt, während die Erkennungsraten von Sprüngen bei unteren und oberen Zuspielen sowie Blockaktionen zwischen 82,6 und 85,7 % schwanken. Lediglich 10 Aktionen wurden als Sprung erkannt, obwohl kein Sprungergebnis durchgeführt wurde.

##### 3.1.2 Studie 2: Messgenauigkeit von VERT-System und SpoSeNs bei der Bestimmung der Sprunghöhe von Angriffsschlägen und Blocksprüngen

Im Rahmen der zweiten Teilstudie konnten insgesamt 195 Sprünge (91 Angriff; 104 Block) für die statistische Datenauswertung herangezogen werden. Die Bestimmung der Sprunghöhen zeigt für den VERT mittlere Differenzen von 7,7 cm (Angriffsschlag) und 2,6 cm (Blocksprünge) im Vergleich zu den mittels 3D Kinematik bestimmten Werten, während für den Sposens Sensor Abweichungen von 1,8 cm und -3,0 cm auftreten. ICCs liegen zwischen 0,740 (Angriffsschläge VERT) und 0,932 (Angriffsschläge Sposens) mit vergleichbaren Resultaten für die Blocksprünge beider Sensoren (0,834 und 0,843). Die Ergebnisse der Bland & Altman Statistiken sind in Tab. 2 (Seite 5) zusammengefasst.

Tab. 1: Genauigkeit des VERT im Vergleich zur Videoanalyse sortiert Sprungtyp

Sprungtyp	Video	True positive (in %)	False negative (in %)	False positive (in %)
Angriff	191	178 (93,2)	13 (6,8)	0
Zuspiel unten	46	38 (82,6)	8 (17,4)	0
Block	127	107 (84,3)	20 (15,7)	0
Hechtbagger	4	4 (100)	0 (0,0)	0
JumpFloat	47	44 (93,6)	3 (6,4)	0
Zuspiel oben	21	18 (85,7)	3 (14,3)	0
Abwehr überkopf	1	1 (100)	0 (0,0)	0
Sonstiges	2	2 (100)	0 (0,0)	10
<b>Gesamt</b>	<b>439</b>	<b>392 (89,29)</b>	<b>47 (10,7)</b>	<b>10 (2,3)</b>

Tab. 2: Übersicht der Bland & Altman Statistiken bei der Bestimmung der Sprunghöhe

	Angriff		Block	
	Kinematik/Vert	Kinematik/SpoSeNs	Kinematik/Vert	Kinematik/SpoSeNs
Systematischer Fehler (cm)	+7,7	+ 1,8	+2,6	-3,0
Unsystematischer Fehler (cm)	6,6	6,7	7,6	6,5
Oberes LoA (cm)	14,3	8,5	10,3	3,5
Unteres LoA (cm)	1,1	-4,9	-5,0	-9,5

### 3.2 Arbeitspaket 2 – Entwicklung einer Methode zur Sprungbelastungsbeurteilung

#### 3.2.1 Ergebnisse

Die Ergebnisse für die Sprungkategorien und die Parameter CK, DOMS und den Load-Index sind in den Abb. 2 und 3 (Seite 6) in Abhängigkeit zu den drei applizierten Sprungbelastungen („Jumping Load“) dargestellt.

Der berechnete Load-Index (Charlton et al., 2017), welcher neben dem Körpergewicht die Sprunghöhe verrechnet, stellt eine Quantifizierungsmöglichkeit für die Sprungbelastung dar. Dieser steigt entsprechend der induzierten Sprunghäufigkeit. Konträr dazu sinken die Werte in den erhobenen Beanspruchungsmarkern DOMS, CK sowie Session-RPE (Abb. 4, Seite 6). Diese haben ihre höchsten Werte bei niedriger Sprungbelastung und höherem Anteil an Komplexübungen (Fallen, Aufstehen, Folgehandlungen).

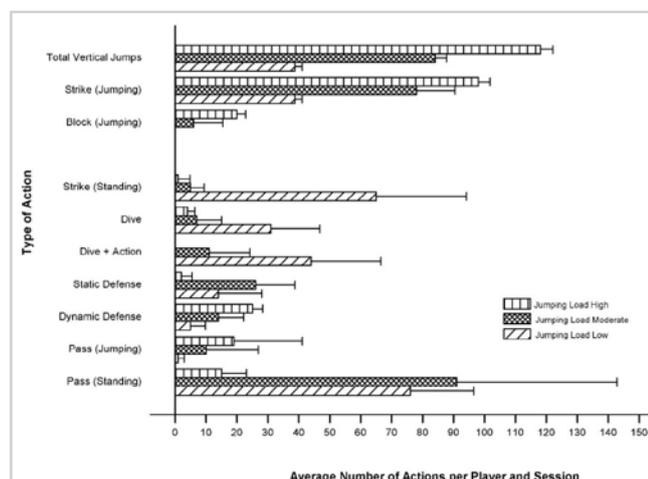


Abb. 2: Mittlere Anzahl an Aktionen pro Sportler und Trainingseinheit. Erforderliche Sprunganzahl low = 40 Sprünge; moderate = 80 Sprünge; high = 120 Sprünge). Werte sind präsentiert als Mittelwert ± SD.

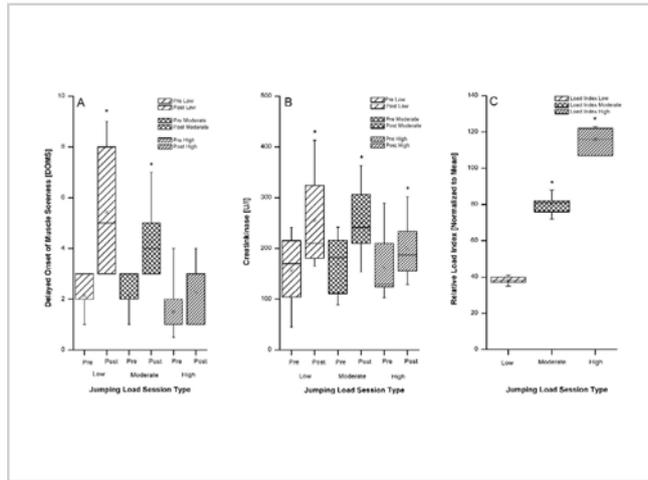


Abb. 3: Mittlere pre- zu post Werte für Delayed Onset of Muscle Soreness [DOMS], Creatinkinase [U/L] und Load Index (Charlton et al., 2016). Darstellung in Boxplotgrafiken. Oberste und unterste Werte sind Maximal- und Minimalwerte. Mittelwerte sind als Kreuz dargestellt.

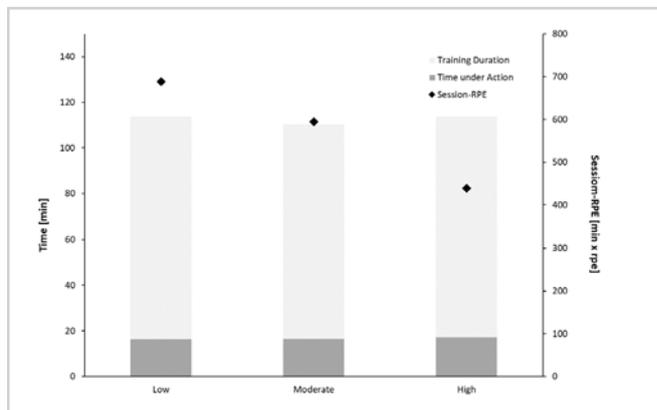


Abb. 4: Mittlere Trainingsdauer, Netto-Bewegungszeit und Session-RPE in Abhängigkeit der drei verschiedenen Sprunghäufigkeiten.

## 4 Diskussion

### 4.1 Arbeitspaket 1 – Ergebniszusammenfassung und Schlussfolgerungen

Das VERT-System überschätzt die Sprunghöhen bei simulierten Angriffsschlägen und Blocksprünge systematisch, während SpoSeNs Angriffsschläge über- und Blocksprünge unterschätzt. Die Abweichung für den systematischen Fehler zwischen Angriffsschlag und Block liegt für beide Systeme vom Betrag her in einem ähnlichen Bereich (ca. 5 cm). Die Bland-Altman-Plots zeigen aber auch, dass die Streuung für die einzelnen Sportler erheblich geringer ist als die Konfidenzintervalle über alle Sportler.

Die Ergebnisse der Teilstudie zur Untersuchung der Genauigkeit des VERT-Systems bei der Erfassung der Sprunganzahl verdeutlichen, dass der VERT Sensor für alle Sprungtypen hervorragende Spezifitätswerte aufweist. Auch hinsichtlich der Sensitivität werden Werte erreicht (0,83 für untere Zuspiele bis 0,94 für Jump Floats) die höher sind als in vergleichbaren Studien (Charlton et al, 2017). Vor allem die Intraklassenkorrelationen zeigen gute bis exzellente Werte. Dementsprechend eröffnet ein feldbasierter Einsatz des Systems in Training und Wettkampf zur Erfassung der Sprunganzahl auch im Hochleistungsbereich neuartige Möglichkeiten zur Belastungsanalyse im Beachvolleyball.

## 4.2 Arbeitspaket 2 – Ergebniszusammenfassung und Schlussfolgerungen

In diesem Projektabschnitt wurden drei Trainingszenarien mit unterschiedlicher Anzahl an Vertikalsprüngen hinsichtlich ihrer subjektiven und objektiven Beanspruchungswirkung bei Nachwuchskadersportlern im Beachvolleyball untersucht. Die entstandene Trainingsbelastung (Trainingsload) konnte als Load-Index (Charlton et al., 2017) berechnet werden und zeigt deutlich die drei im Studiendesign verankerten Belastungsstufen (niedrig – mittel – hoch) in Abhängigkeit der Sprunganzahl. Vor einem methodischen Hintergrund stellten die verwendeten Sprungensensoren (VertTM) ein geeignetes Verfahren zum Belastungsmonitoring von Sprungaktionen im Beachvolleyball dar.

Keiner der subjektiven (DOMS, RPE) und objektiven (CK, CMJ-Leistung) Beanspruchungsmarker zeigte einen positiven Zusammenhang zur applizierten Sprunganzahl. Das heißt weder im Belastungsempfinden noch in der induzierten Trainingsbeanspruchung konnten bei steigender Sprungbelastung höhere Werte nachgewiesen werden. Während bei annähernd gleichem Ausgangsniveau die mittleren Differenzen (Vorher-Nachher) in der maximalen Vertikalsprungleistung zu vernachlässigen sind, erreichen DOMS, s-RPE und CK ihre Maxima bei niedriger Sprungbelastung und höherem Anteil komplexer weiterer Übungsinhalte.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Sprunganzahl alleine kein valider Beanspruchungstrigger im Beachvolleyball ist. Vielmehr deuten die Ergebnisse an, dass entsprechende Spielhandlungen wie Antritte, Hechtsprünge, Aufstehaktionen, Folgehandlungen sowie Kombinationen aus diesen eine erhöhte Relevanz für die Belastungssteuerung besitzen. Demnach ist der aus dem Hallenvolleyball abgeleitete Berechnungsalgorithmus (Charlton et al., 2017) ein geeigneter Marker, um die Sprungbelastung im Training oder Wettkampf zu dokumentieren. Für die Beurteilung der, bei variierender Sprunghäufigkeit, entstehenden Beanspruchung ist die Methode aufgrund fehlender Berücksichtigung komplementärer Spielhandlungen jedoch weniger geeignet.

## 5 Literatur

- Aagaard, H., Scavenius, M. & Jørgensen, U. (1997). An epidemiological analysis of the injury pattern in indoor and in beach volleyball. *International journal of sports medicine*, 18 (3), 217-221. DOI: 10.1055/s-2007-972623
- Andrade, N., Francine, C. de, Nogueira, R. A., Coimbra, D. R., Miloski, B., Freitas, V. H. de & Bara, F. M. (2014). Internal training load: perception of volleyball coaches and athletes. *Revista Brasileira de cineantropometria & desempenho humano*, 16 (6), 638-647. DOI: 10.5007/1980-10.5007/1980-0037.2014v16n6p638
- Aoki, M. S., Arruda, A. F. S., Freitas, C. G., Miloski, B., Marcelino, P. R., Drago, G. et al. (2017). Monitoring training loads, mood states, and jump performance over two periodized training mesocycles in elite young volleyball players. *International journal of sports science & coaching*, 12 (1), 130-137. DOI: 10.1177/1747954116684394.
- Bahr, M. A. & Bahr, R. (2014). Jump frequency may contribute to risk of jump-er's knee: a study of interindividual and sex differences in a total of 11,943 jumps video recorded during training and matches in young elite volleyball players. *British journal of sports medicine*, 48 (17), 1322-1326. DOI: 10.1136/bjsports-2014-093593
- Bara F., M. G., Andrade, F. C. de, Nogueira, R. A. & Nakamura, F. Y. (2013). Comparação de diferentes métodos de controle da carga interna em jogadores de voleibol. *Revista Brasileira de medicina do esporte*, 19 (2), 143-146. DOI: 10.1590/S1517-86922013000200015
- Bland, J. M. & Altman, D. G. (2007): Agreement between methods of measurement with multiple observations per individual. *Journal of biopharmaceutical statistics*, 17 (4), 571-582. DOI: 10.1080/10543400701329422

- Bland, J. M. & Altman, D. G. (1986). Statistical Methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. *The Lancet*, 327 (8476), 307-310. DOI: 10.1016/S0140-6736(86)90837-8.
- Charlton, P. C., Kenneally-Dabrowski, C., Sheppard, J. & Spratford, W. (2017). A simple method for quantifying jump loads in volleyball athletes. *Journal of science and medicine in sport*, 20 (3), 241-245. DOI: 10.1016/j.jsams.2016.07.007
- Coutts, A. J., Wallace, L. K. & Slattery, K. M. (2007). Monitoring changes in performance, physiology, biochemistry, and psychology during overreaching and recovery in triathletes. *International journal of sports medicine*, 28 (2), 125-134. DOI: 10.1055/s-2006-924146
- Davies, S. E. H. & Mackinnon, S. N. (2006). The energetics of walking on sand and grass at various speeds. *Ergonomics*, 49 (7), 651-660. DOI: 10.1080/00140130600558023
- Freitas, V. H. de, Ramos, S. P., Bara-Filho, M. G., Freitas, D. G. S., Coimbra, D. R., Cecchini, R. et al. (2017). Effect of cold water immersion performed on successive days on physical performance, muscle damage, and inflammatory, hormonal, and oxidative stress markers in volleyball players. *Journal of strength and conditioning research*. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001884
- Freitas, V. H., Nakamura, F. Y., Miloski, B., Samulski, D. & Bara-Filho, M. G. (2014). Sensitivity of Physiological and Psychological Markers to Training Load Intensification in Volleyball Players. *Journal of sports science & medicine*, 13 (3), 571-579.
- Gabbett, T. J. (2016). The training-injury prevention paradox: should athletes be training smarter and harder? *British journal of sports medicine*, 50 (5), 273-280. DOI: 10.1136/bjsports-2015-095788
- Gageler, H. W., Wearing, S. & James, A. D. (2015). Automatic jump detection method for athlete monitoring and performance in volleyball. *International journal of performance analysis in sport*, 15 (1), 284-296. DOI: 10.1080/24748668.2015.11868793
- Giatsis, G., Kollias, I., Panoutsakopoulos, V. & Papaikovou, G. (2004). Biomechanical differences in elite beach-volleyball players in vertical squat jump on rigid and sand surface. *Sports biomechanics*, 3 (1), 145-158. DOI: 10.1080/14763140408522835
- Hitzschke, B., Holst, Th., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Kellmann, M. (2016). Entwicklung des Akutmaßes zur Erfassung von Erholung und Beanspruchung im Sport. *Diagnostica*, 62 (4), 212-226. DOI: 10.1026/0012-1924/a000155
- Jaitner, Th., Ebker, G. & Schmidt, M. (2017). Estimation of the jump height for the volleyball spike by a mobile IMU Unit. 35 (1): International Society of Biomechanics Conference Proceedings, 222-225.
- Jarning, J. M., Mok, K.-M., Hansen, B. H. & Bahr, R. (2015). Application of a tri-axial accelerometer to estimate jump frequency in volleyball. *Sports biomechanics*, 14 (1), 95-105. DOI: 10.1080/14763141.2015.1027950
- Kenttä, G., Hassmén, P. & Raglin, J. S. (2006). Mood state monitoring of training and recovery in elite kayakers. *European journal of sport science*, 6 (4), 245-253. DOI: 10.1080/17461390601012652
- MacDonald, K., Bahr, R., Baltich, J., Whittaker, J. L. & Meeuwisse, W. H. (2017). Validation of an inertial measurement unit for the measurement of jump count and height. *Physical therapy in sport*, 25, 15-19. DOI: 10.1016/j.ptsp.2016.12.001
- Magalhaes, J., Inacio, M., Oliveira, E., Ribeiro, J. C. & Ascensao, A. (2011). Physiological and neuromuscular impact of beach-volleyball with reference to fatigue and recovery. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 51, S. 66-73.

- Medeiros, A., Marcelino, R., Mesquita, I. & Palao, J. M. (2014). Physical and Temporal Characteristics of Under 19, Under 21 and Senior Male Beach Volleyball Players. *Journal of sports science & medicine*, 13 (3), 658-665.
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D. et al. (2013). Prevention, diagnosis and treatment of the overtraining syndrome: Joint consensus statement of the European College of Sport Science (ECSS) and the American College of Sports Medicine (ACSM). *European journal of sport science*, 13 (1), 1-24. DOI: 10.1080/17461391.2012.730061
- Meyer, T., Ferrauti, A., Kellmann, M. & Pfeiffer, M. (2016). *Regenerationsmanagement im Spitzensport. REGman – Ergebnisse und Handlungsempfehlungen*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Moreira, A., Arsati, F., de Oliveira Lima-Arsati, Y. B., Simões, A. C. & de Araújo, V. C. (2011). Monitoring stress tolerance and occurrences of upper respiratory illness in basketball players by means of psychometric tools and salivary biomarkers. *Stress and health*, 27 (3), e166-e172. DOI: 10.1002/smi.1354
- Nunes, J. A., Moreira, A., Crewther, B. T., Nosaka, K., Viveiros, L. & Aoki, M. S. (2014). Monitoring training load, recovery-stress state, immune-endocrine responses, and physical performance in elite female basketball players during a periodized training program. *Journal of strength and conditioning research*, 28 (10), 2973-2980. DOI: 10.1519/JSC.0000000000000499
- Palao, J. M., López-Martínez, A. B., Valadés, D. & Ortega, E. (2015). Physical actions and work-rest time in women's beach volleyball. *International journal of performance analysis in sport*, 15 (1), 424-429. DOI: 10.1080/24748668.2015.11868803
- Palao, J. M., Valadés, D., Manzanares, P. & Ortega, E. (2014). Physical actions and work-rest time in men's beach volleyball. *Motriz: revista de educacao fisica*, 20 (3), 257-261. DOI: 10.1590/S1980-65742014000300003
- Schwellnus, M., Soligard, T., Alonso, J.-M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P. et al. (2016). How much is too much? (Part 2) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of illness. *British journal of sports medicine*, 50 (17), 1043-1052. DOI: 10.1136/bjsports-2016-096572
- Sheppard, J. M., Young, W. B., Doyle, T. L. A., Sheppard, T. A. & Newton, R. U. (2006). An evaluation of a new test of reactive agility and its relationship to sprint speed and change of direction speed. *Journal of science and medicine in sport*, 9 (4), 342-349. DOI: 10.1016/j.jsams.2006.05.019
- Sheppard, J. M., Gabbett, T. J. & Stanganelli, L.-C. R. (2009). An analysis of playing positions in elite men's volleyball: considerations for competition demands and physiologic characteristics. *Journal of strength and conditioning research*, 23 (6), 1858-1866. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181b45c6a
- Smith, R. (2006). Movement in the Sand: Training Implications for Beach Volleyball. *Strength and conditioning journal*, 28 (5), 19. DOI: 10.1519/1533-4295(2006)28[19:MITSTI]2.0.CO;2..
- Schmidt, M., Wille, S., Rheinländer, C., Wehn, N., & Jaitner, T. (2018). A Wearable Flexible Sensor Network Platform for the Analysis of Different Sport Movements. In T. Ahram & Ch. Falcão (Eds.), *Advances in Human Factors in Wearable Technologies and Game Design: Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Advances in Human Factors and Wearable Technologies*, July 17-21, 2017, Los Angeles, California, USA (pp. 3-14). Cham: Springer International Publishing.
- Soligard, T., Schwellnus, M., Alonso, J.-M., Bahr, R., Clarsen, B., Dijkstra, H. P. et al. (2016). How much is too much? (Part 1) International Olympic Committee consensus statement on load in sport and risk of injury. *British journal of sports medicine*, 50 (17), 1030-1041. DOI: 10.1136/bjsports-2016-096581

- Tilp, M., Wagner, H. & Müller, E. (2008). Differences in 3D kinematics between volleyball and beach volleyball spike movements. *Sports biomechanics*, 7 (3), 386-397. DOI: 10.1080/14763140802233231
- Turpin, J. P. A., Cortell, J. M., Chinchilla, J. J., Cejuela, R. & Suarez, C. (2008). Analysis of jump patterns in competition for elite male Beach Volleyball players. *International journal of performance analysis in sport*, 8 (2), 94-101. DOI: 10.1080/24748668.2008.11868439



Bundesinstitut für Sportwissenschaft  
Graurheindorfer Str. 198 · 53117 Bonn  
Telefon +49 (0) 228 99 640-0  
Telefax +49 (0) 228 99 640-9008  
[info@bisp.de](mailto:info@bisp.de)  
[www.bisp.de](http://www.bisp.de)

ISBN: 978-3-96523-024-8