



Bundesinstitut  
für Sportwissenschaft

# BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2013/14

2013/14

Bundesinstitut für Sportwissenschaft

# BISp-Jahrbuch

Forschungsförderung 2013/14

---

## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

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

---

## **Impressum**

### **Herausgeber**

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

### **Redaktion**

Elke Hillenbach

### **Layout**

Elke Hillenbach

### **Druck**

Hausdruckerei des Statistischen  
Bundesamtes, Zweigstelle Bonn

### **Verlag**

Sportverlag *Strauß*  
Olympiaweg 1, 50933 Köln

### **Stand**

Februar 2015

ISBN 978-3-86884-631-7

# Editorial

Auch das BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2013/14 enthält Kurzberichte über Forschungsprojekte, die vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) im Berichtszeitraum gefördert und durch Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Hauses begleitet wurden. Somit ist es ein Instrument, die gesamte Bandbreite der sportwissenschaftlichen Forschungsförderung abzubilden.

Wie auch in den vergangenen Jahren haben die Projektnehmerinnen und -nehmer die Gelegenheit, ihre Projekte kurz zu umreißen, die (sport)wissenschaftlichen Erkenntnisse zu präsentieren und vor allem auch den Transfer in die Praxis des Spitzensports aufzuzeigen – eine wesentliche Zielstellung dieser Publikation.

Insgesamt enthält diese Ausgabe 43 Beiträge (nach Aktenzeichen sortiert) zu sportwissenschaftlichen Forschungs- und Betreuungsprojekten, gegliedert in die Rubriken

- › Medizin und Naturwissenschaften (28 Beiträge),
- › Sozial- und Verhaltenswissenschaften (11 Beiträge),
- › Sportanlagen und Sporttechnologie (3 Beiträge),
- › WVL-Projekte (1 Beitrag).

Die WVL-Projekte sind mehrjährig angelegte Großprojekte, die im Rahmen des Wissenschaftlichen Verbundsystems Leistungssport (WVL) durchgeführt werden und bei denen die internationale Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Spitzensports im Fokus steht. Weiterführende Informationen finden sich auf der Homepage des BISp.

Allen, die uns in unserer Arbeit unterstützt haben, sei an dieser Stelle ganz herzlich gedankt.

Bei Fragen und Anregungen können Sie sich wie bisher an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Bundesinstituts für Sportwissenschaft wenden. Auf der Homepage des BISp [www.bisp.de](http://www.bisp.de) (Rubrik „BISp im Profil“) finden Sie die gewünschten Kontaktdaten sowie zusätzliche Informationen.

Jürgen Fischer

Direktor  
des Bundesinstituts für Sportwissenschaft



# Inhalt

<b>Medizin und Naturwissenschaften .....</b>	<b>11</b>
Ursachenabklärung für die Reduktion der Gesamthämoglobinmasse nach schneller Gewichtsreduktion zum Start in niedrigerer Gewichtsklasse: Suppression der Erythropoese und/oder Hämolyse? .....	13
<i>Dejan Reljic, Jonas Feist, Joachim Jost, Meinhard Kieser &amp; Birgit Friedmann-Bette (Projektleiterin)</i>	
Erfassung des Vitamin-D-Status und Knochen-Stoffwechsel relevanter Parameter bei Nachwuchssportlerinnen und -sportlern .....	19
<i>Hans Braun (Projektleiter), Markus de Marées (Projektleiter), Joachim Mester &amp; Wilhelm Schänzer</i>	
Bewegungsvariabilität bei funktioneller Instabilität des Sprunggelenks.....	27
<i>Patrick Fürst, Dominic Gehring (Projektleiter), Matthias Winkler, Heinz Lohrer, Tanja Nauck &amp; Albert Gollhofer</i>	
Etablierung und biochemische Validierung eines indirekten Verfahrens zur Messung von Dopingeinstellungen.....	33
<i>Wanja Wolff, Ralf Brand (Projektleiter) &amp; Detlef Thieme</i>	
Internationaler Rechtsvergleich staatlicher Normen im Kampf gegen Doping in Deutschland und Österreich .....	37
<i>Markus Parzeller (Projektleiter), Cornelius Prittwitz, Sabina Prittwitz, Laura Steinmann, Johannes Laux &amp; Steffen Drolshagen</i>	
Längsschnittstudie zur belastungsinduzierten Anpassung, Schädigung bzw. Degeneration der Schulter bei Rollstuhlathletinnen und -athleten .....	43
<i>Uwe Tegtbur (Projektleiter) &amp; Hauke Horstmann</i>	
Spielanalyse Goalball .....	49
<i>Daniel Link (Projektleiter), Christoph Weber &amp; Thomas Prokein (Goalball Bundestrainer)</i>	
Weiterentwicklung leistungsdiagnostischer Methoden im Skilanglauf der Behindertensportler zur Optimierung von Lauftechnik und Material sowie zur Steuerung des Trainings .....	53
<i>Veit Wank (Projektleiter), Hendrik Heger, Valentin Keppler &amp; Walter Rapp</i>	
Trainingsinduzierte Adaptation der mechanischen und morphologischen Eigenschaften der Sehne – Effekt der Dehnungsrate und Dehnungsdauer der Sehne.....	59
<i>Sebastian Bohm &amp; Adamantios Arampatzis (Projektleiter)</i>	

Auswirkungen von dynamischen Kraftbelastungen und simultaner elektrischer Stimulation auf akute metabolische, enzymatische und hormonelle Reaktionen sowie langfristige Anpassungen differentieller Kraft-, Ausdauer- und Schnelligkeitsparameter an einen 6-wöchigen Trainingsblock .....	65
<i>Nicolas Wirtz &amp; Heinz Kleinöder (Projektleiter)</i>	
Entwicklung und Evaluation einer handballspezifischen Sprungdiagnostik .....	73
<i>Hermann Müller (Projektleiter), Jörg M. Jäger &amp; Sascha Gail</i>	
Ganzheitliche Bewegungsanalyse des Reiters im Dressurreiten unter Einsatz eines Inertialmesssystems .....	79
<i>Falko Eckardt &amp; Kerstin Witte</i>	
Intensivierung motorischer Lernprozesse in den technisch-akrobatischen Sportarten durch neuromodulatorische Voraktivierungen: Labor- und Feldstudie .....	87
<i>Marco Taubert &amp; Jürgen Krug (Projektleiter)</i>	
Optimierung der Bewegungsabläufe beim Startsprung im Sportschwimmen.....	95
<i>Heike Hermsdorf, Norman Hofmann &amp; Albrecht Keil (Projektleiter)</i>	
Energetische Anforderungen im Eisschnelllauf.....	105
<i>Mario Hermsdorf &amp; Ulrich Hartmann (Projektleiter)</i>	
Sportartspezifische Anwendungsforschung Hockey – Wettkampfdiagnostik auf Basis von Positionsdaten .....	117
<i>Martin Lames (Projektleiter), Malte Siegle &amp; Daniel Linke</i>	
Wirksamkeit und optimale zeitliche Platzierung des Calls im Beachvolleyball.....	121
<i>Stefan Künzell (Projektleiter), Anne Huber &amp; Florian Schweikart</i>	
Wirkungen des akustischen online-Feedbacks zum Bootsbeschleunigungs-Zeit-Verlauf im Mannschaftsboot auf die individuelle Rudertechnik der Crewmitglieder.....	125
<i>Klaus Mattes (Projektleiter) &amp; Nina Schaffert</i>	
Verbesserung der reaktiven Bewegungsleistung durch Postactivation Potentiation (PAP) und Motor Imagery (MI) bei Spitzenathletinnen und -athleten im Bobsport .....	131
<i>Jakob Kümmel, Julian Bergmann, Olaf Prieske, Tom Krüger, Urs Granacher &amp; Markus Gruber (Projektleiter)</i>	
Optimierung und Evaluierung der Bedienersoftware zum Erfassen individueller Bewegungsprofile angriffsspezifischer Technikelemente im Judo mit dem JERGo©-System.....	137
<i>Urs Granacher (Projektleiter), Norman Helm, Mario Schendel, Tom Krüger, Ditmar Wick &amp; Thomas Mühlbauer</i>	

Biomechanische Diagnostik von Ruderleistung und -technik im Rennboot mit Sonifikation und Messung fahrdynamischer Parameter der Bootsbewegung im Nachwuchstraining (U23 und Juniorennationalmannschaft 2013) .....	143
<i>Klaus Mattes (Projektleiter), Nina Schaffert &amp; Martin Reischmann</i>	
Biomechanische Diagnostik von Ruderleistung und -technik im Rennboot mit Sonifikation und Messung fahrdynamischer Parameter der Bootsbewegung im HLT und Handicap .....	149
<i>Klaus Mattes (Projektleiter), Nina Schaffert &amp; Martin Reischmann</i>	
Biomechanische Untersuchungen zur Wirkung von Messplatztraining auf das Umlernen individuell optimaler Skistock-Abdruckbewegungen beim Skaten .....	155
<i>Maren Witt (Projektleiterin), Martina Clauß &amp; Hartmut Herrmann</i>	
Erfassung von Kraftangriffspunkten bei Langlaufskiern für die optimale Konstruktion von Sitzschlitten .....	159
<i>Walter Rapp, Florian Schillinger, Ralf Rombach &amp; Albert Gollhofer (Projektleiter)</i>	
Leistungsdiagnostik von Sprints, Weitsprunganläufen und horizontalen Mehrfachsprüngen sowie Messplatztraining von Weitspringerinnen und -springern im HLT .....	165
<i>Klaus Mattes (Projektleiter), Stefanie Manzer, Nina Schaffert &amp; Martin Reischmann</i> <i>Kooperationspartner: Uwe Florczak, DLV-Bundestrainer Weitsprung</i>	
Überprüfung der Reliabilität und Validität judospezifischer Leistungen unter Verwendung des JERGo©-Systems.....	171
<i>Urs Granacher (Projektleiter), Norman Helm, Olaf Prieske, Tom Krüger &amp; Thomas Mühlbauer</i>	
Determinanten zur Analyse der Belastbarkeit und des Adaptationspotentials bei Belastungen des Rumpfes im Nachwuchsleistungssport.....	177
<i>Steffen Müller, Josefine Stoll, Juliane Müller, Michael Cassel, Katja Fröhlich, Nicolas Streich, Holger Mellerowicz &amp; Frank Mayer (Projektleiter)</i>	
Entwicklung einer sportartspezifischen Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung im alpinen Skirennlauf der Monoskifahrerinnen und -fahrer unter Berücksichtigung tatsächlicher Belastungen und Beanspruchungen .....	183
<i>Maren Goll &amp; Peter Spitzenpfeil (Projektleiter)</i>	

<b>Sozial- und Verhaltenswissenschaften .....</b>	<b>191</b>
Training zur Verbesserung der Resistenz gegen chronischen Stress im Spitzensport: Entwicklung, Durchführung und Evaluation eines Gruppeninterventionsprogramms .....	193
<i>Jeffrey Sallen &amp; Alfred Richartz (Projektleiter)</i>	
Mentales Training im Nachwuchsleistungssport Handball: Entwicklung, Implementierung und Evaluation eines psychologischen Trainingsprogramms für Nachwuchshandballer .....	199
<i>Oskar Dawo und Manfred Wegner (Projektleiter)</i>	
Sportpsychologisches Fertigkeitstraining und Trainercoaching im Kanuslalom.....	205
<i>Kai Engbert (Projektleiter), Thomas Ritthaler &amp; Jürgen Beckmann</i>	
Erprobung von Praxismaßnahmen zur Optimierung sportpsychologischer Betreuungsqualität.....	209
<i>Jens Kleinert (Projektleiter), Ralf Brand (Projektleiter), Chloé Kleinknecht, Moritz Anderten &amp; Mascha Grote</i>	
Leistungsoptimierung im Wasserspringen – Mentales Training im Nachwuchsbereich (A- bis C-Jugend) – Bewegungsvorstellung und Emotionsregulation .....	215
<i>Oliver Stoll (Projektleiter) &amp; Ina Blazek</i>	
Sportpsychologische Eingangsdiagnostik und Betreuung der Nationalmannschaft Behindertensport – Schwimmen .....	221
<i>Anke Delow, Birte Steven &amp; Ralf Brand (Projektleiter)</i>	
NextTrain 2013 (Deutscher-Hockey-Bund) .....	225
<i>Wolfgang Klöckner (Projektleiter)</i>	
Sportpsychologische Eingangsdiagnostik und Betreuung des U18 und U21 Nationalkaders des DJB 2013 sowie Entwurf einer sportpsychologischen Verbandskonzeption .....	229
<i>Anke Delow, Heike Hölzel &amp; Ralf Brand (Projektleiter)</i>	
Wettbewerbsverzerrungen im Sport .....	235
<i>Eike Emrich (Projektleiter) &amp; Christian Pierdzioch</i>	
„Junges Engagement“ im Sport: Sportbezogene Sonderauswertung der Freiwilligensurveys für die Altersgruppe der Jugendlichen .....	245
<i>Sebastian Braun</i>	
Nachwuchsgewinnung und -förderung im Hochleistungssport der Menschen mit Behinderungen – ein internationaler Vergleich.....	251
<i>Gudrun Doll-Tepper (Projektleiterin) &amp; Sabine Radtke</i>	

<b>Sportanlagen und Sporttechnologie .....</b>	<b>257</b>
Kriterienkatalog zur Planung und Bewertung von nachhaltigen Sportstätten.....	259
<i>Natalie Eßig, Loni Siegmund &amp; Gerd Hauser (Projektleiter)</i>	
Entwicklung und Evaluation eines mobilen Messsystems zum Online-Monitoring von Leistungsparametern hochdynamischer Sprint- und Sprungbewegungen (SpoSeNs) .....	265
<i>Marcus Schmidt, Thomas Jaitner (Projektleiter), Marcel Bieschke, Jann-Erik Jürjens, Kevin Nolte, Carl Rheinländer, Sebastian Wille &amp; Norbert Wehn</i>	
Die „PrävenThese“ für den Skirennsport – Entwicklung eines Knieprotektors für den alpinen Skirennlauf .....	269
<i>Peter Brucker, Laura Diez, Andreas Huber, Volker Junior, Eckehard F. Moritz, Michaela Nusser, Matthias Olvermann, Hartmut Semsch, Veit Senner, Peter Spitzenpfeil, Greta Stehling (Projektleiterin) &amp; Karlheinz Waibel</i>	
<b>WVL-Projekte .....</b>	<b>275</b>
Trainings- und Wettkampfqualität aus Athleten- und Trainersicht (QuATraS).....	277
<i>Frank Hänsel (Projektleiter), Josef Wiemeyer, Karl-Heinrich Bette, Franz Bockrath, Miriam Hilgner, Eric Kappes, Christian Schulz, Sven Werkmann, Christian Simon &amp; Sören D. Baumgärtner</i>	



# Medizin und Naturwissenschaften



# Ursachenabklärung für die Reduktion der Gesamthämoglobinmasse nach schneller Gewichtsreduktion zum Start in niedrigerer Gewichtsklasse: Suppression der Erythropoese und/oder Hämolyse?

(AZ 070102/12)

Dejan Reljic<sup>1,2</sup>, Jonas Feist<sup>1</sup>, Joachim Jost<sup>2</sup>, Meinhard Kieser<sup>3</sup>  
& Birgit Friedmann-Bette<sup>1</sup> (Projektleiterin)

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

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

<sup>3</sup>Institut für Medizinische Biometrie und Informatik, Universitätsklinik Heidelberg

## 1 Problem

Viele Kampfsportler (z. B. Boxer oder Ringer) reduzieren ihr Körpergewicht radikal innerhalb weniger Tage vor dem Wettkampf durch eine extreme Restriktion der Nahrungs- und Flüssigkeitszufuhr und die Induktion großer Schweißverluste (wiederholte Saunagänge, Dauerläufe in Schwitzanzügen, etc.), um in einer niedrigeren Gewichtsklasse antreten zu können (Braumann & Urhausen, 2002). In einer von unserer Arbeitsgruppe durchgeführten Untersuchung zu den Auswirkungen einer solchen Gewichtsreduktion auf den Flüssigkeits-, Elektrolyt- und Vitaminhaushalt wurde bei deutschen Spitzenboxern, die ihr Gewicht innerhalb weniger Tage um  $\geq 5\%$  reduzierten, überraschenderweise eine signifikante Abnahme der Gesamthämoglobinmasse (GHB) nach dem Gewichtmachen festgestellt (Reljic et al., 2013).

In dem vorliegenden Forschungsprojekt sollten die Ursachen für eine solche Reduktion der GHB untersucht und insbesondere geprüft werden, ob das Gewichtmachen eine Suppression der Erythropoese und/oder Hämolyse induziert. Zudem sollte analysiert werden, ob dabei Veränderungen in den Blutspiegeln von Schilddrüsenhormonen und Testosteron oder ein ausgeprägter Proteinmangel eine Rolle spielen könnten. Weiterhin wurde anhand von Laufbandspiroergometrien untersucht, ob nach dem Gewichtmachen eine Abnahme der aeroben Leistungsfähigkeit zu verzeichnen ist.

## 2 Methode

An der Studie nahmen 28 Kampfsportler (sechs Boxer, 13 Ringer, fünf Judoka, drei Taekwondo- und ein Karatekämpfer) teil, von denen 14 ( $22.6 \pm 4.0$  Jahre;  $176 \pm 8$  cm;  $77.0 \pm 12.9$  kg) ihr Körpergewicht vor Wettkämpfen seit mindestens einem Jahr regelmäßig reduzierten (Gewichtsreduktionsgruppe, GRG) und 14 ( $23.8 \pm 4.8$  Jahre;  $178 \pm 8$  cm;  $78.3 \pm 11.6$  kg) eine Kontrollgruppe (KG) bildeten. Während einer Trainingsphase mit normalem Körpergewicht (t-1), 1-2 Tage vor einem Kampf (nach Gewichtsreduktion bzw. mit Kampfgewicht, t-2) und 7 Tage nach dem Kampf (t-3) wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- › Bestimmung des Gesamtkörper- (GKW), des Intra- (IZW) und Extrazellulärwassers (EZW) mittels Bioelektrischer Impedanz Analyse (BIA) sowie Messung des spezifischen Uringerichts (USG) mithilfe von Reagenzstreifen für die Harnanalyse;

- › Venöse Blutabnahmen zur Bestimmung von Erythropoietin (EPO), Retikulozyten (Retis), roten Blutbildparametern, Laktatdehydrogenase (LDH), Bilirubin, Haptoglobin, Eisen, Transferrin, Transferrinsättigung (TFSG), Ferritin, Thyreotropin (TSH), Tri- (FT3) und Tetraiodthyronin (FT4), Gesamttestosteron und Sexualhormon-bindendes Globulin (SHBG) zur Berechnung des freien Androgen-Indexes (FAI = Gesamttestosteron/SHBG) sowie Gesamteiweiß und Albumin;
- › Bestimmung von GHB, Blut (BV)- und Plasmavolumen (PV) mithilfe der optimierten CO-Rückatmungsmethode nach Schmidt & Prommer (2005);
- › Laufbandspiroergometrie zur Ermittlung der Maximalleistung und der Leistungsfähigkeit an der individuellen Laktatschwelle (Basislaktat + 1.5 mmol/l = ILS) und der fixen 4 mmol/l Laktatschwelle.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Körpergewicht und Flüssigkeitshaushalt

Die GRG reduzierte ihr Gewicht zum Kampf signifikant ( $p < 0.001$ ) um im Mittel  $\sim 5.5\%$ . Dabei kam es zu signifikanten ( $p < 0.001$ ) Abnahmen an GKW ( $44.5 \pm 6.3$  auf  $41.5 \pm 5.1$  l), IZW ( $25.6 \pm 3.1$  auf  $24.3 \pm 2.5$  l) und EZW ( $18.9 \pm 3.3$  auf  $17.2 \pm 2.7$  l). An t-3 waren GKW, IZW und EZW wieder auf nahezu Ausgangsniveau angestiegen, während das Gewicht noch um  $\sim 1.6\%$  ( $p < 0.01$ ) niedriger als an t-1 lag. Das USG war an t-2 tendenziell höher als an t-1 und t-3 ( $1026 \pm 7$  vs.  $1020 \pm 8$  und  $1021 \pm 7$ ). In der KG blieben das Körpergewicht und die Parameter des Flüssigkeitshaushaltes konstant.

### 3.2 Gesamthämoglobin, Blut- und Plasmavolumen

In der GRG wurde an t-2 eine signifikante GHB-Abnahme um  $\sim 4.1\%$  festgestellt. An t-3 war die GHB noch signifikant um  $\sim 2.6\%$  gegenüber t-1 verringert (Abb. 1A). Körpergewichtsbezogen war die GHB an t-3 signifikant geringer als an t-2 (Abb. 1B). BV und PV nahmen signifikant ( $p < 0.001$ ) ab von  $6875 \pm 1070$  auf  $6518 \pm 1016$  ml bzw. von  $4245 \pm 653$  auf  $3957 \pm 656$  ml und lagen an t-3 noch um  $\sim 4.3\%$  ( $p < 0.001$ ) bzw.  $\sim 6.2\%$  ( $p < 0.01$ ) niedriger als an t-1. Die Veränderungen der GHB korrelierten signifikant mit denen des Körpergewichts ( $r = 0.73$ ,  $p < 0.001$ ) und der EPO-Konzentration im Serum ( $r = 0.46$ ,  $p < 0.05$ ). In der KG zeigten sich keine signifikanten Veränderungen der GHB, des BV und des PV.

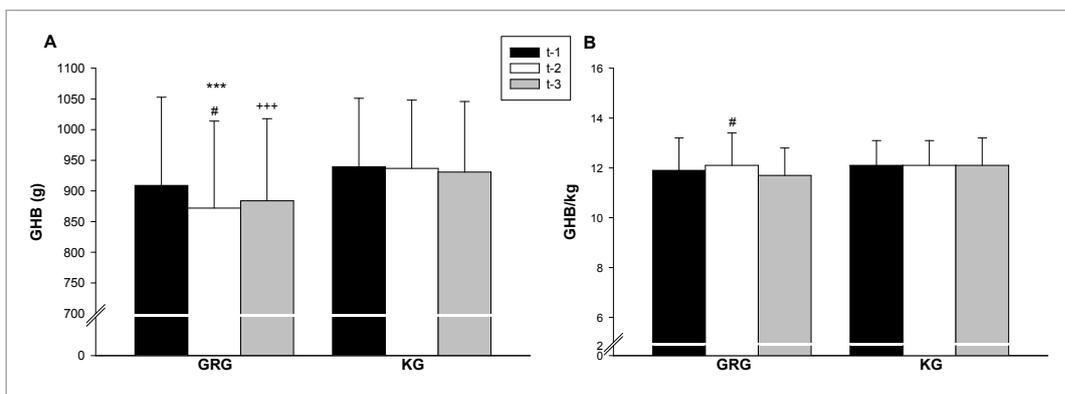


Abb. 1: Gesamthämoglobinmasse, absolut (A) und relativ (B). \*\*\*( $p < 0.001$ ): t-2 vs. t-1; #( $p < 0.05$ ): t-2 vs. t-3; +++( $p < 0.001$ ): t-3 vs. t-1

### 3.3 Erythropoese

EPO und Retis waren in der GRG nach dem Gewichtmachen um ~9 % bzw. ~14 % gegenüber t-1 verringert. An t-3 waren beide Parameter wieder signifikant angestiegen (Abb. 2). Die Parameter des roten Blutbildes änderten sich nicht signifikant (Tab. 1)

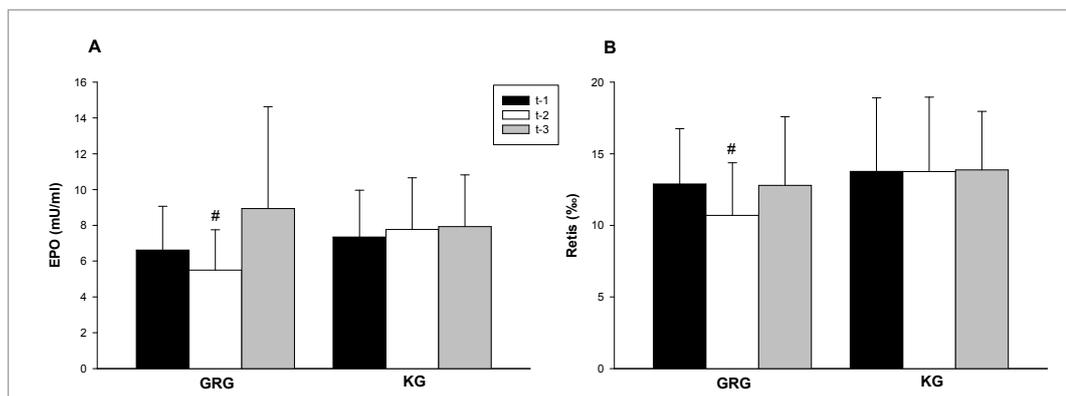


Abb. 2. Serum-EPO (A) und Retikulozytenzahl (B). #( $p < 0.05$ ): t-2 vs. t-3

### 3.4 Hämolyse

An t-2 wurden wiederum nur in der GRG deutliche Zunahmen an Bilirubin und Ferritin sowie eine Abnahme an Haptoglobin festgestellt. Die Veränderungen waren nur für das Ferritin signifikant, das im Mittel um ~51 % zugenommen hatte. An t-3 hatten Bilirubin und Ferritin wieder signifikant ab- bzw. Haptoglobin zugenommen (Abb. 3). LDH, Eisen, Transferrin und die TFSG veränderten sich nicht signifikant (Tab. 1).

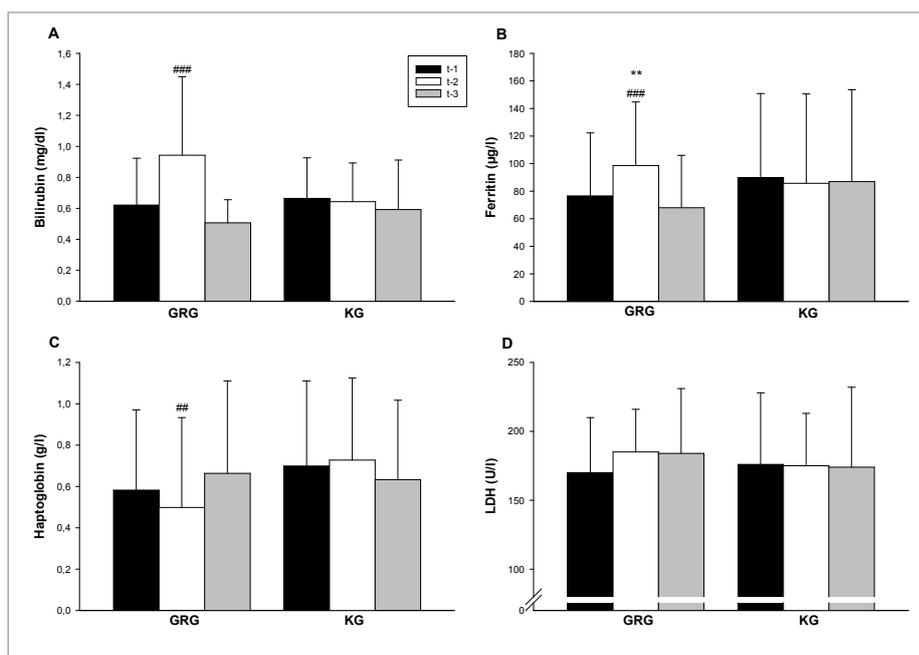


Abb. 3: Bilirubin (A), Ferritin (B), Haptoglobin (C) und LDH (D) Plasmakonzentrationen. ##( $p < 0.01$ ), ###( $p < 0.001$ ): t-2 vs. t-3; \*\*( $p < 0.01$ ): t-2 vs. t-1

Tab. 1: Rote Blutbildparameter, Eisen, Transferrin und Transferrinsättigung (TFSG).

	Gewichtsreduktionsgruppe			Kontrollgruppe		
	t-1	t-2	t-3	t-1	t-2	t-3
Erys (pl)	5.1 ± 0.2	5.2 ± 0.3	5.1 ± 0.3	5.0 ± 0.3	5.0 ± 0.3	5.1 ± 0.3
Hb (g/dl)	14.9 ± 0.8	15.2 ± 1.0	14.7 ± 0.8	15.0 ± 0.7	14.8 ± 1.3	15.1 ± 0.7
Hkt (l/l)	43.7 ± 2.0	44.5 ± 1.9	43.3 ± 2.2	44.4 ± 2.1	44.4 ± 1.9	45.1 ± 2.4
MCV (fl)	86.4 ± 4.6	86.8 ± 4.5	86.9 ± 5.2	87.9 ± 3.5	88.1 ± 2.4	88.5 ± 2.8
MCH (pg)	29.6 ± 1.6	29.6 ± 1.9	29.6 ± 1.8	29.7 ± 0.7	29.4 ± 2.2	29.7 ± 0.8
MCHC (g/dl)	34.1 ± 0.8	34.2 ± 1.1	34.1 ± 1.2	33.9 ± 1.1	33.5 ± 2.3	33.5 ± 0.9
Eisen (µmol/l)	14.1 ± 5.8	14.7 ± 8.4	13.7 ± 5.8	13.8 ± 5.3	13.6 ± 7.2	14.6 ± 6.5
Transferrin (g/l)	2.1 ± 0.5	2.1 ± 0.4	2.0 ± 0.6	2.0 ± 0.4	2.0 ± 0.4	1.8 ± 0.5
TFSG (%)	27.2 ± 9.9	27.4 ± 12.6	28.1 ± 9.6	26.9 ± 8.8	27.4 ± 13.2	31.9 ± 9.7

Erys = Erythrozytenzahl, Hb = Hämoglobinkonzentration, Hkt = Hämatokrit, MCV = mittleres Erythrozytenvolumen, MCH = mittlere Hämoglobinmenge/Erythrozyt, MCHC = mittlere Hämoglobinkonzentration/Erythrozyt.

### 3.5 Hormone und Eiweißhaushalt

FT3 war an t-2 signifikant ( $3.55 \pm 0.31$  auf  $3.01 \pm 0.57$  ng/l,  $p < 0.01$ ) abgesunken und FT4 war an t-3 geringer als an t-1 ( $11.5 \pm 1.5$  vs.  $12.8 \pm 2.0$  ng/l,  $p < 0.01$ ). TSH änderte sich nicht signifikant. Der FAI (Testosteron/SHBG) war an t-2 signifikant ( $p < 0.01$ ) niedriger als an t-1 und t-3 ( $46.7 \pm 21.1$  vs.  $63.9 \pm 19.8$  und  $62.4 \pm 14.3$ ). In der KG zeigten sich keine signifikanten Veränderungen dieser Parameter. Gesamteiweiß und Albumin veränderten sich in beiden Gruppen nicht wesentlich.

### 3.6 Laufbandspiroergometrie

Die maximale Laufgeschwindigkeit und  $VO_{2max}$  waren in der GRG an t-2 tendenziell reduziert. Die Veränderungen der  $VO_{2max}$  korrelierten signifikant mit denen der GHB ( $r = 0.66$ ,  $P < 0.001$ ). Die maximalen Laktat- und RQ-Werte waren an t-2 signifikant geringer als an t-1 und t-3 (Tab. 2). Die Leistung an der ILS veränderte sich nicht signifikant, jedoch zeigte sich an t-2 eine höhere Leistung an der 4 mmol/l-Schwelle als an t-1 ( $13.7 \pm 1.3$  vs.  $13.1 \pm 1.2$  km/h,  $p < 0.01$ ). In der KG wurden keine signifikanten Veränderungen der Leistungsfähigkeit festgestellt.

Tab. 2: Maximalwerte in der Laufbandspiroergometrie.

	Gewichtsreduktionsgruppe			Kontrollgruppe		
	t-1	t-2	t-3	t-1	t-2	t-3
v (km/h)	16.2 ± 1.3	15.9 ± 1.5	16.2 ± 1.6	16.1 ± 1.1	16.1 ± 1.0	15.9 ± 1.1
Herzfrequenz	203 ± 7 <sup>+++</sup>	201 ± 8 <sup>##</sup>	197 ± 6	197 ± 9	197 ± 9	196 ± 9
Laktat (mmol/l)	10.9 ± 2.2 <sup>**</sup>	9.3 ± 2.2	10.7 ± 2.2 <sup>#</sup>	10.3 ± 2.2	10.3 ± 2.7	9.4 ± 2.7
$VO_{2max}$ (l/min)	4.42 ± 0.6	4.22 ± 0.7	4.35 ± 0.7	4.41 ± 0.6	4.36 ± 0.7	4.22 ± 0.6
$VO_{2max}$ (ml/kg/min)	57.9 ± 5.2	57.9 ± 6.5	58.2 ± 6.5	56.8 ± 6.8	55.9 ± 5.7	54.8 ± 6.4
RQ	1.16 ± 0.1	1.07 ± 0.1 <sup>§§§</sup>	1.18 ± 0.1	1.15 ± 0.1	1.15 ± 0.1	1.13 ± 0.1

§§§( $p < 0.001$ ) t-2 vs. t-1 und t-3; \*\*( $p < 0.01$ ) t-1 vs. t-2; ##( $p < 0.01$ ) t-3 vs. t-2; +++( $p < 0.001$ ) t-1 vs. t-3.

## 4 Diskussion

In der vorliegenden Studie bestätigte sich die von unserer Arbeitsgruppe beobachtete signifikante Abnahme der GHB, die bei Kampfsportlern nach schneller Gewichtsreduktion zum Start in niedriger Gewichtsklasse induziert wird (Reljic et al., 2013). Die Abnahmen der Serum-EPO-Konzentration und der Retikulozytenzahl weisen auf eine Suppression der Erythropoese hin, die nach drastischer Nahrungs- und Flüssigkeitsrestriktion bereits in mehreren Tierversuchen beschrieben (Dunn, 1980; Caro et al., 1981; Okano et al., 1992) und auch bei Menschen in Extremsituationen beobachtet wurde (Gunga et al., 1996). Hierbei dürften die nach dem Gewichtmachen erniedrigten FT3-Spiegel im Plasma und die reduzierte Menge an verfügbarem freiem Testosteron, die beide die Erythropoese stimulieren, eine Bedeutung haben. Da sich die Plasmakonzentrationen von Gesamteiweiß und Albumin in der GRG nicht wesentlich veränderten, scheint der Abfall der EPO-Konzentration nicht, wie von Okano et al. (1992) vermutet, durch ein ausgeprägtes Proteindefizit bedingt zu sein.

Die Veränderungen von Bilirubin, Ferritin und Haptoglobin deuten auf eine leichte Hämolyse als weitere mögliche Ursache für die GHB-Abnahme hin. Hierbei könnte die von Alfrey et al. (1997) nach schnell abfallenden EPO-Spiegeln beobachtete selektive Zerstörung sehr junger Erythrozyten (Neozytolyse) eine Rolle spielen.

Die maximale Laufgeschwindigkeit und die  $VO_{2max}$  verringerten sich durch das Gewichtmachen nur tendenziell. Da die Veränderungen der GHB signifikant mit denen des Körpergewichts und der  $VO_{2max}$  korrelierten, könnten noch drastischere Gewichtsreduktionen – die in der Praxis durchaus üblich sind – zu gravierenden Leistungseinbußen führen. Dabei dürfte sich die Glykogenverarmung, auf die nach dem Gewichtmachen signifikant geringere maximale Laktat- und RQ-Werte sowie die höhere Laufgeschwindigkeit an der 4 mmol/l Laktatschwelle hinwiesen, vor allem bei längeren Kämpfen oder Turnieren nachteilig auswirken.

## 5 Literatur

- Alfrey, C.P., Rice, L., Udden, M.M. & Driscoll, T.B. (1997). Neocytolysis: physiological down-regulator of red-cell mass. *Lancet*, 349, 1389-1390.
- Braumann, M. & Urhausen, A. (2002). Gewichtmachen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 53, 254-255.
- Caro, J., Silver, R., Erslev, A.J., Miller, O.P. & Birgegard, G. (1981). Erythropoietin production in fasted rats. Effects of thyroid hormones and glucose supplementation. *Journal of laboratory and clinical medicine*, 98, 860-868.
- Dunn, C.D. (1980). Effect of food or water restriction on erythropoiesis in mice: relevance to "anemia" of space flight. *American journal of physiology*, 238, 301-305.
- Gunga, H.C., Wittels, P., Günther, T., Kanduth, B., Vormann, J., Röcker, L. et al. (1996). Erythropoietin in 29 men during and after prolonged physical stress combined with food and fluid deprivation. *European journal of applied physiology*, 73, 11-16.
- Okano, M., Ohnota, H. & Sasaki, R. (1992). Protein deficiency impairs erythropoiesis in rats by reducing serum erythropoietin concentration and the population size of erythroid pre-cursor cells. *Journal of nutrition*, 122, 1376-1383.
- Reljic, D., Hässler, E., Jost, J. & Friedmann-Bette, B. (2013). Rapid weight loss and the body fluid balance and hemoglobin mass of elite amateur boxers. *Journal of athletic training*, 48, 109-117.
- Schmidt, W. & Prommer, N. (2005). The optimised CO-rebreathing method: a new tool to determine total haemoglobin mass routinely. *European journal of applied physiology*, 95, 486-495.

# Erfassung des Vitamin-D-Status und Knochenstoffwechsel relevanter Parameter bei Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportlern

(AZ 070104/13)

Hans Braun<sup>1,2</sup> (Projektleiter), Markus de Marées<sup>1,3</sup> (Projektleiter), Joachim Mester<sup>1,3</sup>  
& Wilhelm Schänzer<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Deutsche Sporthochschule Köln, Deutsches Forschungszentrum für Leistungssport

<sup>2</sup>Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Biochemie

<sup>3</sup>Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Trainingswissenschaften und Sportinformatik

## 1 Problem

Sportlerinnen und Sportler benötigen eine bedarfsangepasste Ernährung, um eine ausreichende Nährstoffversorgung hinsichtlich Gesundheit und Leistungsfähigkeit zu gewährleisten. Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass eine vielfältige und dem Energiebedarf angepasste Lebensmittelauswahl ausreicht, um den Nährstoffbedarf zu realisieren (IOC, 2011). Die Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln (NEM) ist daher im Regelfall nicht notwendig. Insbesondere Jugendliche sollten nur in medizinisch notwendigen Fällen auf NEM zurückgreifen (IOC, 2011; Maughan et al., 2007; Meyer et al., 2007). Neben Jod und Folsäure gehört Vitamin D zu den Nährstoffen, bei denen eine ausreichende Zufuhr in Anlehnung an die DACH Referenzwerte über Lebensmittel nur bedingt möglich ist (DGE, 2012; BFL, 2008). Das fettlösliche Vitamin D nimmt unter den Vitaminen eine Sonderstellung ein. Es ist nur bedingt unentbehrlich, da ein Großteil des Bedarfs über die körpereigene Produktion in der Haut gedeckt werden kann. Die Menge des produzierten Vitamin D hängt, neben der Fläche der bestrahlten Haut, deren Pigmentierung, der Expositionsdauer, auch von der Wellenlänge (UVB 280-320 nm) der Sonnenstrahlen und deren Intensität ab (Holick et al., 2008). Insbesondere der Breitengrad hat einen bedeutenden Einfluss auf die Vitamin-D-Synthese. Während in den Sommermonaten (März-Oktober) in Abhängigkeit vom Hauttyp eine kurze Expositionszeit (5-25 Minuten) für eine ausreichende Vitamin-D-Synthese ausreicht, ist dies in den Wintermonaten aufgrund des Strahlungswinkels der Sonne bei Breitengraden nördlich 37° (Garmisch Partenkirchen 47,5° – Flensburg 54,5°) nicht gewährleistet (DGE, 2012; Holick & Chen, 2008). In Abhängigkeit der endogenen Vitamin-D-Synthese sollte der Restbedarf an Vitamin D mit der Nahrung aufgenommen werden. Die alimentäre Zufuhr deckt in der Regel jedoch nur 10-20 % des tatsächlichen Bedarfs (BFL, 2008; Braun et al., 2008 & 2011). Dabei ist zu beachten, dass nur wenige Lebensmittel (z. B. Fettsfische) in nennenswerten Mengen Vitamin D liefern. Entsprechend reicht eine Ernährung mit den üblichen Lebensmitteln nicht aus, um eine gewünschte Versorgung sicherzustellen (DGE, 2012).

Davon ausgehend stellt sich die Frage, in wie weit aufgrund einer geringen alimentären Vitamin-D-Zufuhr und möglicherweise eingeschränkten Sonnenexposition es zu einem unzureichenden Vitamin-D-Status mit potentiellen Konsequenzen für den Knochenstoffwechsel und damit einer gesunden Entwicklung jugendlicher Sportlerinnen und Sportler kommt. Zudem werden in den letzten Jahren Zusammenhänge zwischen defizitärem Vitamin-D-Status und Erkrankungshäufigkeit (Halliday et al., 2011), Stressfrakturen (Lappe et al., 2008) und körperliche Leistungsfähigkeit diskutiert (Foo et al., 2009; Ward et al., 2009; Lappe et al., 2008). Insbesondere gilt es hier Athletinnen und Athleten im Kindes- und Jugendalter verstärkt zu beobachten und den immensen Einfluss auf die Entwicklung im Allgemeinen und den Aufbau der Knochenmasse im Besonderen zu sichern (Clarke & Page, 2012; Holick, 2007).

Zur Beurteilung der Vitamin-D-Versorgung hat sich das Calcidiol (25-Hydroxyvitamin D) durchgesetzt, da in den Konzentrationsänderungen sowohl das oral aufgenommene, als auch das endogen synthetisierte Vitamin D reflektiert werden. Es wird davon ausgegangen, dass ein 25(OH)D Serum-Wert  $< 80$  nmol/l (32 ng/ml) eine unzureichende Versorgung bezeichnet und ein Serum-Wert  $< 50$  nmol/l (20 ng/ml) einen defizitären Vitamin-D-Status darstellt. Dabei ist zu berücksichtigen, dass ein Konsens über die optimale Serum Konzentration nicht vorliegt (Powers et al., 2011).

Neuere Daten zeigen trotz zu erwartender hoher Sonnenexposition bei 73 % der untersuchten israelischen Sportlerinnen und Sportlern eine 25(OH)D Serum Konzentration  $< 30$  ng/ml. Die 25(OH)D Serum Konzentration war in den Monaten Mai-Oktober höher als in den Monaten November-April (Constantini et al., 2011). Diese jahreszeitliche Schwankung der 25(OH)D Serum Konzentration deckt sich mit Untersuchungen aus Finnland (68  $<$  37,5 nmol/l in den Wintermonaten & 1,6 % in den Sommermonaten) (Lehtonen-Veromaa et al., 1999) und bei amerikanischen College Athletinnen und Athleten (Halliday et al., 2011). Unabhängig der jahreszeitlichen Schwankungen zeigen sich höhere 25(OH)D Serum Konzentrationen bei „Outdoor“ im Vergleich zu „Indoor“ Sportlerinnen und Sportlern (Constantini et al., 2011; Halliday et al., 2011). Diese Ergebnisse machen deutlich, dass eine jahreszeitliche Schwankung und Unterschiede zwischen Sportarten (Indoor vs. Outdoor) zu erwarten sind. Die einzig verfügbaren Daten mit deutschen Sportlerinnen stammen aus einer Untersuchung mit Turnerinnen der ehemaligen DDR und beschreibt 37 % als defizitär (25(OH)D  $<$  25 nmol/l) (Banner et al., 1991).

Weitere systematische Daten zu deutschen Sportlerinnen und Sportlern, insbesondere im Nachwuchsleistungssport liegen bisher nicht vor. Ziel des Forschungsprojektes war es daher den Vitamin-D-Status von Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportlern zu erfassen.

## 2 Methode

Im Rahmen regelmäßiger medizinischer Untersuchungen des Deutschen Forschungszentrums für Leistungssport (momentum) werden die Ernährungssituation und körperliche Aktivität von Leistungssportlerinnen und Leistungssportlern erfasst. Das dazu eingesetzte 7 Tage Ernährungs- und Aktivitätenprotokoll wurde speziell für diese Personengruppe entwickelt und mittels diverser Referenzmethoden validiert (Koehler et al., 2010). Am Morgen nach Beendigung der Protokollperiode wurde bei jeder Testperson eine Nüchternblutprobe entnommen und anthropometrische Daten erfasst. Jede Athletin/jeder Athlet bzw. eine erziehungsberechtigte Person gaben vor der Untersuchung ein schriftliches Einverständnis. Von jeder Testperson wurden Aliquote der Serumproben bei  $-80^{\circ}\text{C}$  für Nachanalysen gesichert. Die Bestimmung der für den Vitamin-D-Status notwendigen Parameter (Calcidiol (25(OH)D) und Parathormon) wurden von einem externen Fachlabor durchgeführt. Zur Bestimmung des Calcidiol Serumspiegel wurde ein Einschnitt-Immunoassay (ADVIA Centaur VitD-Test, Siemens Healthcare, Deutschland) eingesetzt.

Für die Evaluierung des Vitamin-D-Status bei Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportlern wurde ein Datensatz von  $N=308$  (13-18 Jahre) aus 29 Sportarten im Zeitraum April 2007 bis September 2010 ausgewertet (vgl. Tab. 1 und Tab. 3). Der Kaderstatus der untersuchten Sportlerinnen und Sportler umfasst B-Kader (3 %), C-Kader (16 %), D/C Kader (15 %), D-Kader (31 %) und sonstige Kader (13 %). Keinem Kaderstatus gehörten 3 % der Athletinnen und Athleten an, von 20 % lagen keine Informationen zum Kaderstatus vor.

Tab. 1: Anthropometrische Daten und Trainingsumfang der untersuchten Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportlern (N = 308) im Zeitraum April 2007 bis September 2010.

		m (N = 148)		w (N = 160)	
		MW	SD	MW	SD
Alter:		15,6	1,6	15,4	1,5
Körpergewicht:	kg	70,2	14,7	58,4	13,5
Körpergröße:	cm	178,9	11,0	168,1	11,0
BMI:	kg/m <sup>2</sup>	21,7	2,8	20,6	2,6
Lean Body Mass:	kg	63,1	12,0	48,1	12,0
Körperfett:	%	9,6	4,7	17,2	6,1
Trainingsumfang:	Min./Tag	99,0	46,1	103,9	52,6

## Ergebnisse

Die mittlere alimentäre Vitamin-D-Zufuhr lag bei  $1,9 \pm 2,2$   $\mu\text{g}$  pro Tag. Geschlechtsspezifische Unterschiede in der Vitamin-D-Zufuhr waren nicht zu beobachten (Tab. 2).

Tab. 2: Alimentäre Vitamin-D-Zufuhr und Serum-25(OH)D Status der untersuchten Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportlern (N = 308).

		m (N = 148)		w (N = 160)		Gesamt (N = 308)	
		MW	$\pm$ SD	MW	$\pm$ SD	MW	$\pm$ SD
Vitamin-D-Zufuhr	$\mu\text{g}/\text{Tag}$	1,9	1,5	1,9	2,2	1,9	2,2
25(OH)D Status	ng/ml	26,6	14,8	22,6	9,0	24,5	12,3
Anteil < 20ng/ml	%	39		47		43	
Anteil < 32ng/ml	%	78		87		82	

Der 25 (OH)D Status der gesamten Untersuchungsgruppe lag bei  $24,5 \pm 12,3$  ng/ml. Die Nachwuchssportler ( $26,6 \pm 14,8$  ng/ml) hatten einen signifikant höheren 25(OH)D Status ( $p = 0,003$ ) als die Nachwuchssportlerinnen ( $22,6 \pm 9,0$  ng/ml).

Unter allen Athletinnen und Athleten zeigten 43 % einen 25(OH)D Status unter 20ng/ml, sowie 82 % einen 25(OH)D Status unter 32ng/ml.

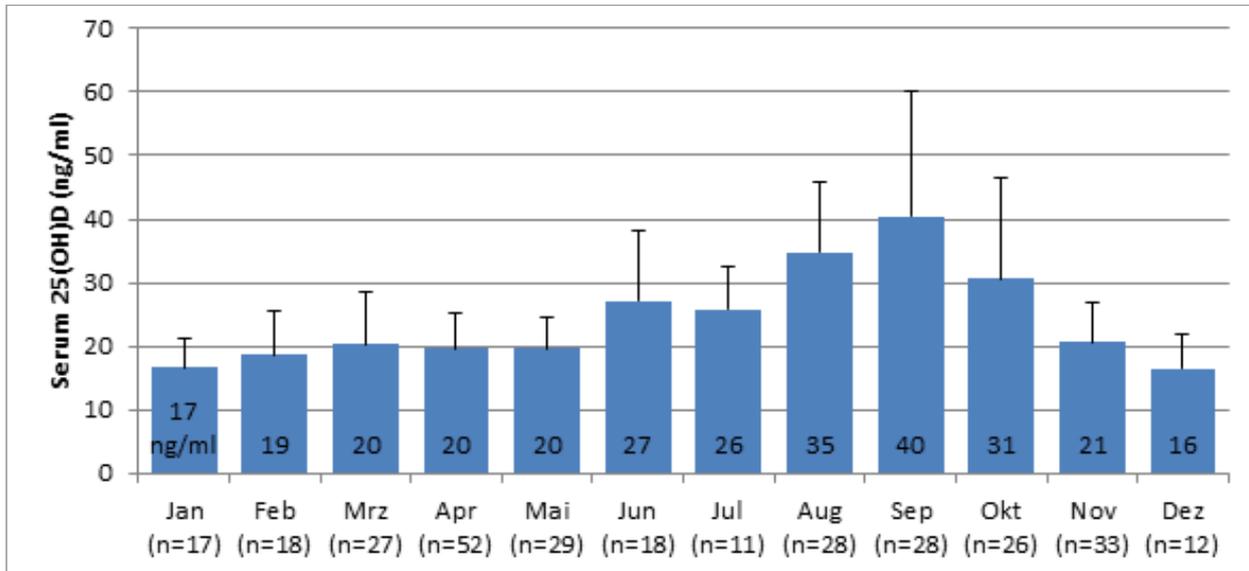


Abb. 1: Mittlerer Serum 25(OH)D Wert (in ng/ml) im Monatsverlauf

Die Darstellung (Abb. 1) des 25(OH)D Status im Jahresverlauf zeigt für die Monate Dezember bis Mai durchschnittliche Werte von  $\leq 20$  ng/ml. Nur in den Monaten August und September werden mittlere 25(OH)D Werte von  $> 32$  ng/ml erreicht. Trotzdem lagen in den beiden Sommermonaten 47 % der untersuchten Jugendlichen bei einem 25(OH)D Wert  $< 32$  ng/ml. In den Monaten November bis Mai lagen 96 % der zu diesem Zeitpunkt untersuchten Sportlerinnen und Sportler in einem Bereich  $< 32$  ng/ml.

Tab. 3 zeigt die Verteilung der Athletinnen und Athleten auf die einzelnen Sportarten und den mittleren 25(OH)D Wert. Bei der Einordnung in „Indoor“ und „Outdoor“ Sportart wurde vom vorwiegenden Trainings- und Wettkampfort ausgegangen. Im Mittel ist der Vitamin-D-Status der Indoor Athletinnen und Athleten ( $27,7 \pm 16,4$  ng/ml) signifikant höher ( $p = 0,001$ ) als bei den Outdoor Sportlerinnen und Sportlern ( $22,5 \pm 8,0$  ng/ml).

Tab. 3: Verteilung der Nachwuchssportlerinnen und -sportler ( $N = 308$ ) auf Sportarten und mittlerer 25(OH)D Wert (in ng/ml) innerhalb der Sportarten.

Indoor	Anzahl	25(OH)D MW	Outdoor	Anzahl	25(OH)D MW
Badminton	16	19,7	Biathlon	3	28,8
Basketball	6	18,0	Bob	2	19,2
Boxen	4	27,3	Bogenschießen	5	15,8
Fechten	7	39,4	Fußball	34	23,4
Handball	19	28,5	Hockey	1	30,1
Judo	21	19,6	Kanu/Kajak	10	31,0
Ringens	3	16,6	Kanu	21	20,3
Schwimmen	10	20,6	Leichtathletik	36	22,7

<b>Indoor</b>	<b>Anzahl</b>	<b>25(OH)D</b>	<b>Outdoor</b>	<b>Anzahl</b>	<b>25(OH)D</b>
		<b>MW</b>			<b>MW</b>
Taekwondo	1	22,9	Nord. Kombination	6	26,4
Tischtennis	1	13,5	Radsport	7	20,3
Kunstturnen	10	21,9	Rodeln	11	25,4
Volleyball	1	12,9	Rudern	19	22,1
Wasserball	21	49,9	Skeleton	7	20,8
			Skilanglauf	1	37,9
			Tennis	18	23,6
			Triathlon	7	20,0
<b>Gesamt</b>	<b>120</b>	<b>27,7</b>	<b>Gesamt</b>	<b>188</b>	<b>22,5</b>

### 3 Diskussion

Die Ergebnisse zur Vitamin-D-Zufuhr verdeutlichen, dass die Athletinnen und Athleten nicht in der Lage sind eine angemessene alimentäre Vitamin-D-Zufuhr zu erzielen. Dies deckt sich mit der Vitamin-D-Zufuhr in der vergleichbaren Altersgruppe der Gesamtbevölkerung (BFL, 2008). Eine deutliche Steigerung der Vitamin-D-Zufuhr über die Nahrung erscheint aufgrund des generell geringen Vitamin-D-Gehalts unserer Lebensmittel nur bedingt möglich (DGE, 2012). Entsprechend empfiehlt die Deutsche Gesellschaft für Ernährung bei unzureichender endogener Synthese die Differenz zum Schätzwert gegebenenfalls über ein Vitamin-D-Präparat abzudecken (DGE, 2012).

Der Vitamin-D-Status wird über den 25(OH)D Serumspiegel beurteilt. Dieser ist bei einem großen Anteil der Sportlerinnen und Sportler (82 %) als unzureichend zu bewerten. Diese Ergebnisse decken sich mit den beobachteten Daten anderer Untersuchungen (Bannert et al., 1991; Lehtonen-Veromaa et al., 1999; Halliday et al., 2011; Powers et al., 2011; Morton et al., 2012; Wolman et al., 2013). Es kann davon ausgegangen werden, dass die geringe alimentäre Vitamin-D-Zufuhr nicht ausreichend durch die endogene Synthese ausgeglichen werden konnte. Die Ursachen für den festgestellten unzureichenden oder gar defizitären Vitamin-D-Status kann im Rahmen dieser Untersuchung nicht beurteilt werden, da die Dauer und Ort des Sonnenaufenthalts, der Einsatz von Sonnenschutzmittel sowie individuelle Eigenschaften wie z. B. Hauttyp nicht erfasst wurden. Dies sollte bei weiteren Studien zu Vitamin D systematischer erhoben werden.

Bereits bekannt sind jahreszeitliche Schwankungen im Vitamin-D-Status (Lehtonen-Veromaa et al., 1999; Halliday et al., 2011; Powers et al., 2011; Morton et al., 2012; Wolman et al., 2013). Unsere Daten zeigen ergänzend, dass selbst in den Sommermonaten August und September viele Sportlerinnen und Sportler (47 %) einen unzureichenden 25(OH)D Serumspiegel von < 32ng/ml aufweisen. Eine mögliche Ursache könnte das Meiden von direkter Sonneneinstrahlung oder die Verwendung von Sonnenschutzmittel mit hohem Lichtschutzfaktor sein.

Das in der Literatur häufig beschriebene Phänomen eines unterschiedlichen Vitamin-D-Status zwischen Indoor und Outdoor Sportarten (Constantini et al., 2011; Halliday et al., 2011) konnte bei den Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportlern nicht beobachtet werden. Vielmehr haben die sogenannten Indoor Sportarten einen signifikant höheren 25(OH)D Status als die Outdoor Sportar-

ten. Eine genauere Betrachtung der Daten zeigt relativ hohe 25(OH)D Werte bei der Indoor-Sportart Wasserball (N = 21). Wird dieser Datensatz bei der Auswertung nicht berücksichtigt, reduziert sich der mittlere 25(OH)D Wert auf  $23,0 \pm 10,3$  ng/ml und der signifikante Unterschied zwischen den Gruppen wird hinfällig ( $p = 0,633$ ). Zudem zeigt sich, dass die Wasserballer vorwiegend im September und Oktober zu ihrem Untersuchungstermin kamen, was den relativen hohen 25(OH)D Wert erklären könnte. Entsprechend ist im Bereich der untersuchten Nachwuchssportlerinnen und -sportler möglicherweise weniger die Sportart und die Trainingsumgebung für den Vitamin-D-Status relevant, sondern die Phase der Untersuchung und der häufig nicht bekannte Anteil an Sonnenexposition außerhalb des Trainings.

Generell wurde im Rahmen dieser Studie ein niedriger 25(OH)D-Spiegel beobachtet. Es scheint, dass die endogene Synthese nicht ausreicht, um den 25(OH)D-Spiegel auf Werte  $> 32$  ng/ml anzuheben. Wobei nach wie vor unklar ist in welchem Bereich ein optimaler 25(OH)D-Wert liegt. Die genauen Ursachen für die unzureichende endogene Synthese sind unklar. Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung empfiehlt jedoch bei nicht ausreichender endogener Synthese eine Supplementierung mit Vitamin D (DGE, 2012).

Es wird in der Zukunft zu diskutieren sein, welche strategische Vorgehensweise bei Sportlerinnen und Sportlern gewählt werden sollte, um zumindest einen defizitären Vitamin-D-Status zu vermeiden. Eine Möglichkeit wäre die systematische Erfassung des 25(OH)D-Status im Oktober/November. Welche Konsequenzen sich daraus für Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Nachwuchssportlerinnen und -sportler ergeben, kann mit dieser Studie nicht beurteilt werden, sollte jedoch in weitergehenden Untersuchungen geprüft werden. Eine Möglichkeit wäre im Rahmen einer placebo-kontrollierten Untersuchung die Auswirkung einer Vitamin-D-Supplementierung in den kritischen Wintermonaten auf den Vitamin-D-Status und in diesem Zusammenhang diskutierten Effekte auf Gesundheit und Leistungsfähigkeit bei Sportlerinnen und Sportlern zu untersuchen.

## 4 Literatur

- Bannert, N., Starke, I., Mohnike, K. & Frohner, G. (1991). Parameters of mineral metabolism in children and adolescents in athletic training. *Kinderärztliche Praxis* 59 (5), 153-156.
- Braun, H., Koehler, K., Mester, J. & Schaenzer, W. (2008). Nutrition status and physical activity of german elite junior athletes: preliminary results. In J. Cabri, F. Alves, D. Araújo, J. Barreiros, J. Diniz & A. Veloso (eds.), *13th annual congress of the European College of Sport Sciences, book of abstracts*. Estoril, Portugal. 27-28.
- Braun, H., Koehler, K., Mester, J., Thevis, M. & Schaenzer, W. (2011). Micronutrient Intake of Young Elite German Athletes. In T. Cable & K. Georg (eds.), *16th Annual Congress of the European College of Sport Science, book of abstracts*, Liverpool, United Kingdom. 295-296.
- BfL Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel. *Nationale Verzehrs Studie II, Ergebnisbericht, Teil 2*. Max Rubner Institut 2008; <http://www.was-esse-ich.de/> - Zugriff 15.03.2012
- Clarke, N.M. & Page, J.E. (2012). Vitamin D deficiency: a paediatric orthopaedic perspective. *Current opinion in pediatrics*, 24 (1), 46-49.
- Constantini, N.W., Arieli, R., Chodick, G., & Dubnov-Raz, G. (2010). High prevalence of vitamin D insufficiency in athletes and dancers. *Clinical journal of sport medicine*, 20, 368-371.
- DGE Deutsche Gesellschaft für Ernährung. *DACH Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr*. 1. Aufl, 4. korrigierter Nachdruck 2012. <http://www.dge.de/pdf/ws/Referenzwerte-2012-Vitamin-D.pdf> - Zugriff 15.03.2012

- Foo, L.H., Zhang, Q., Zhu, K., Ma, G., Trube, A., Greenfield, H. & Fraser, D. (2009). Relationship between vitamin D status, body composition and physical exercise of adolescent girls in Beijing. *Osteoporosis international*, 20, 417-425.
- Halliday, T., Peterson, N., Thomas, J., Kleppinger, K., Hollis, B. & Larson-Meyer, E. (2011). Vitamin D status relative to diet, lifestyle, injury and illness in college athletes. *Medicine and science in sports and exercise* 43, 335-343.
- Holick, M.F. (2007). Vitamin D deficiency. *The New England journal of medicine*, 357 (3),266-281.
- Holick, M.F. & Chen, T.C. (2008). Vitamin D deficiency: a worldwide problem with health consequences. *American journal of clinical nutrition*, 87, 1080S-1086S.
- IOC Consensus Statement on Sports Nutrition (2011). *Journal of sport science*, 29 (S1), S3-S4.
- Koehler, K., Braun, H., de Marées, M., Fusch, G., Fusch, C., Mester, J. & Schaenzer, W. (2010). A new nutrition and activity record for athletes: Validation against doubly-labelled water, 24-h urea excretion and indirect calorimetry. *Journal of sport science*, 28, 1435-1449.
- Lappe, J., Cullen, D., Haynatzki, G., Recker, R., Ahlf, R. & Thompson, K. (2008). Calcium and vitamin d supplementation decreases incidence of stress fractures in female navy recruits. *Journal of bone and mineral research*, 23 (5), 741-749.
- Lehtonen-Veromaa, M., Mottonen, T., Irjala K., et al. (1999). Vitamin D intake is low and hypovitaminosis D common in healthy 9- to 15-year-old Finnish girls. *European journal of clinical nutrition*, 53 (9), 746-751.
- Maughan, R.J., Depiesse, F. & Geyer, H. (2007). The use of dietary supplements by athletes. *Journal of sport science*, 25, S103-113.
- Meyer, F., O'Conner, H. & Shirreffs, S. (2007). Nutrition for the young athlete. *Journal of sport science*, 25 (S1), S73-S82.
- Morton, J.P., Iqbal, Z., Drust, B., Burgess, D., Close, G. L. & Brukner, P. D. (2012). Seasonal variation in vitamin D status in professional soccer players of the English Premier League. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 37 (4), 798-802.
- Powers, S., Nelson, B. & Larson-Meyer, E. (2011). Antioxidant and Vitamin D supplements for athletes: Sense or nonsense?, *Journal of sports sciences*, 29 (1), S47-S55.
- Ward, K.A., Das, G., Berry, J.L., Roberts, S.A., Rawer, R., Adams, J.E. & Mughal, Z. (2009). Vitamin D status and muscle function in post-menarchal adolescent girls. *Journal of clinical endocrinology and metabolism*, 94, 559-563.
- Wolman, R., Wyon, M.A., Koutedakis, Y., Nevill, A.M., Eastell, R. & Allen, N. (2013). Vitamin D status in professional ballet dancers: Winter vs. summer. *Journal of science and medicine in sport*, 16 (5), 388-391.



# Bewegungsvariabilität bei funktioneller Instabilität des Sprunggelenks

(AZ 070115/13)

Patrick Fürst<sup>1</sup>, Dominic Gehring<sup>1</sup> (Projektleiter), Matthias Winkler<sup>1</sup>, Heinz Lohrer<sup>1,2</sup>, Tanja Nauck<sup>2</sup> & Albert Gollhofer<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup> Sportmedizinisches Institut Frankfurt am Main e. V.

## 1 Problem

Das Sprunggelenk ist mit ungefähr 25 % aller im Sport auftretenden Verletzungen eine der am häufigsten verletzten Regionen des Körpers (Hupperets et al., 2008; Verhagen et al., 2004). Nach einem initialen Trauma verbleiben bei 20-41 % der betroffenen Personen funktionelle Einschränkungen (Delahunt et al., 2007; Konradsen et al., 2002), aus denen sich eine chronische Sprunggelenkinstabilität ("chronic ankle instability", CAI) entwickelt. Diese Instabilität lässt sich in eine mechanische (MI) sowie eine funktionelle Instabilität (FI) unterteilen (Tropp, 2002). Die Ursache der FI ist laut Literatur in propriozeptiven und neuromuskulären Defiziten zu erwarten (Tropp, 2002), bislang ist die Forschungslage hierzu jedoch spärlich und uneinheitlich (McKeon & Hertel, 2008). So kommen jüngste Studien zu dem Schluss, dass neue Forschungsansätze notwendig scheinen, um Einschränkungen der Sprunggelenkkontrolle zu evaluieren (Duysens & Levin, 2010; Gutierrez et al., 2009).

Neueste Ergebnisse legen nahe, dass die intraindividuelle Bewegungsvariabilität bei komplexen, sportarttypischen Bewegungen eine bisher nicht beachtete Rolle im Erklärungsmodell für Sportverletzungen spielt. So weisen jüngste Studienergebnisse darauf hin, dass Personen mit FI bei sportartspezifischen Bewegungen offensichtlich eine veränderte Bewegungsvariabilität im Sprunggelenk, aber auch in Knie- und Hüftgelenk im Vergleich zu Gesunden haben (Brown et al., 2012; Kipp et al., 2012). Gleichermaßen liefern auch Ergebnisse eines Supinationstraumas einer Person mit FI während einer biomechanischen Messung Hinweise darauf, dass die Variationsbreite des Bewegungsmusters eine entscheidende Rolle im Erklärungsmodell von Sprunggelenkverletzungen zu spielen scheint (Gehring et al., 2013). Ein Verlassen der für eine Athletin bzw. einen Athleten typischen Variationsbreite kann als mögliche Ursache für akute Verletzungen angenommen werden.

Im vorliegenden Studienvorhaben werden Unterschiede zwischen Personen mit FI und Personen mit MI sowie Personen mit stabilen Sprunggelenken (CON) bei Bewegungen unterschiedlicher Komplexität evaluiert. Wir nehmen an, dass Personen mit funktioneller Instabilität und Personen mit mechanischer Instabilität beim Gehen und Laufen eine vergrößerte intraindividuelle Bewegungsvariabilität im Sprunggelenk aufweisen. Ferner erwarten wir, dass diese vergrößerte intraindividuelle Bewegungsvariabilität unter erschwerten Bedingungen verstärkt ausgeprägt ist.

## 2 Methodik

Für jede Untersuchungsgruppe wurden 18 Personen rekrutiert. Der Status der funktionellen Instabilität wurde anhand des CAIT (Cumberland Ankle Instability Tool) Fragebogens bewertet. Der Grad der mechanischen Instabilität wurde mittels zweier Verfahren evaluiert – einer manuellen orthopädischen Stabilitätsprüfung (Talusvorschub und Taluskippung) sowie der Bestimmung des Talusvorschubes mittels eines Sprunggelenk-Arthrometers (Nauck et al., 2010). Die Personen der FI-Gruppe zeichneten sich durch eine funktionelle Instabilität ohne mechanische Auffälligkeiten aus, wohingegen die Personen der MI-Gruppe sowohl funktionell als auch mechanisch als instabil zu bewerten

waren. Die Personen der Kontrollgruppe wiesen keinerlei Krankheitsgeschichte hinsichtlich lateraler Sprunggelenkverletzungen auf.

Die Testpersonen gingen bzw. liefen mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit (3,5 km/h und 8 km/h) auf dem Laufband. Beide Fortbewegungsarten wurden einerseits mit herkömmlichen Sportschuhen ausgeführt und andererseits dadurch erschwert, dass die Testpersonen einen Instabilitätsschuh (Reflex Control®, Orthotech, Gauting) trugen (Nauck & Lohrer, 2007).

Um den Anforderungsgrad darüber hinaus noch zu steigern, wurden beide Bewegungen zudem in Dual-Task Situationen (Doppeltätigkeit) untersucht. Dabei mussten die Testpersonen während des Gehens und Laufens entweder eine kognitive Aufgabe (Merken und Wiedergeben von Zahlenreihen in umgekehrter Reihenfolge (Rahnama et al., 2010)) oder eine motorische Aufgabe (Halten von zwei Stäben, an deren Enden sich ineinander verschlungene Drahringe befinden, die sich nicht berühren sollen (Granacher et al., 2010)) ausführen.

Für jede Bedingung wurden Daten während 100 Gangzyklen aufgezeichnet und analysiert. Sowohl die muskuläre Aktivierung selektierter sprunggelenkumgreifender Muskeln (M. peroneus longus, M. tibialis anterior) als auch die dreidimensionale Gelenkbewegung der unteren Extremität wurden erfasst. Hierzu wurde ein Bewegungsanalysesystem (Vicon MX System, Vicon, Oxford, Großbritannien) verwendet, welches die synchrone Datenaufzeichnung ermöglichte. Die muskuläre Aktivität des M. peroneus longus (PER) und des M. tibialis anterior (TIB) wurde mittels Hautoberflächen-Elektromyographie (EMG) erhoben. Integrale (iEMG) über folgende Zeitintervalle wurden betrachtet:

- › Präaktivationsphase: 100 ms vor Fußaufsatz (PER\_pre/TIB\_pre)
- › Frühe Bodenkontaktphase: erste 100 ms nach Fußaufsatz (PER\_100/TIB\_100)
- › weitere Bodenkontaktphase: zweite 200 ms nach Fußaufsatz (PER\_200/TIB\_200)
- › Gesamte Bodenkontaktphase (PER\_gc/TIB\_gc)

Neben der Bestimmung gewöhnlicher Parameter einer Bewegungsanalyse (Mittelwerte und Maxima von Gelenkwinkeln), erfolgte die Bestimmung der Variabilität von charakteristischen ganganalytischen Kenngrößen (Maxima und Werte zu definierten Zeitpunkten) und der muskulären Aktivität (in den definierten Intervallen) mittels des Variationskoeffizienten (CV). Die statistische Überprüfung hinsichtlich signifikanter Unterschiede zwischen den Testgruppen (FI vs. MI vs. CON) erfolgte mittels einer Varianzanalyse mit Messwiederholung mit den Faktoren Gruppe (FI, MI, CON), Schuh (Instabilitätsschuh, herkömmlicher Sportschuh) und Zusatzaufgabe (kognitiv, motorisch, ohne).

### 3 Ergebnisse

Für Laufen und Gehen konnten sowohl für die Mittelwerte als auch für die Variationskoeffizienten der Kinematik und der EMG-Daten multivariate Haupteffekte von Schuh und Aufgabe gezeigt werden ( $p \leq 0.009$ ). Für den Faktor Gruppe ergaben sich zunächst keine signifikanten Haupt- und Interaktionseffekte.

Spezifisch zeigten sich durch den Instabilitätsschuh ein Anstieg der maximalen Sprunggelenkinversion während Bodenkontakt (Gehen  $p = 0.02$ ; Laufen  $p = 0.055$ ) sowie eine Vergrößerung der Variabilität der maximalen Eversion bei Bodenkontakt (Gehen  $p = 0.004$ ; Laufen  $p = 0.001$ ). Begleitet wurden diese und andere Effekte in der Kinematik auch durch Veränderungen der neuromuskulären Aktivierung. So wiesen die gelenkumgreifenden Muskeln beispielsweise in der Präaktivationsphase beim Gehen (PER und TIB:  $p < 0.001$ ) und beim Laufen (PER:  $p < 0.001$ ) eine Erhöhung der muskulären Aktivität auf.

Die Addition einer kognitiven oder motorischen Aufgabe bewirkte eine Veränderung der Sprunggelenkflexion bei Fußaufsatz (Gehen:  $p < 0.001$ ; Laufen  $p < 0.001$ ), wobei hier die motorische Zusatzaufgabe eine Verschiebung in Richtung Dorsalflexion beim Laufen ( $p = 0.003$ ) und die kognitive Aufgabe eine Verschiebung in Richtung Plantarflexion (Gehen:  $p = 0.002$ ; Laufen:  $p < 0.001$ ) bewirkte. Die Variabilität der Sprunggelenkwinkel wurde nicht beeinflusst.

In Bezug auf die neuromuskuläre Aktivierung bewirkte die kognitive Aufgabe eine Abnahme fast aller EMG-Amplituden ( $p \leq 0.019$ ; außer TIB\_100 im Laufen). Die Variabilität der EMG-Signale war in den Phasen nach Fußaufsatz ebenfalls verringert ( $p \leq 0.037$ ; außer TIB\_100 im Gehen). Die motorische Aufgabe hatte gemischte Effekte auf die Amplitude und reduzierte ebenfalls die Variabilität der meisten signifikant unterschiedlichen Parameter.

Der Faktor Gruppe hingegen hatte lediglich im Gehen und Laufen mit dem normalen Sportschuh Einfluss auf wichtige neuromuskuläre Parameter (Abb. 1). Beim Vergleich der FI-Gruppe mit der CON-Gruppe im Gehen wies die FI-Gruppe eine signifikant reduzierte Aktivität des TIB in den ersten 100 ms nach Bodenkontakt ( $p = 0.009$ ) und über die gesamte Bodenkontaktphase ( $p = 0.029$ ) im Vergleich zur CON-Gruppe auf. Für die Aktivität des PER ergaben sich keine signifikanten Unterschiede, jedoch eine tendenziell, erniedrigte Aktivierung der FI-Gruppe über die gesamte Bodenkontaktzeit ( $p = 0.057$ ). Beim Laufen war die Aktivität des PER der FI-Gruppe in den ersten 100 ms des Bodenkontakts signifikant kleiner als die der CON-Gruppe ( $p = 0.036$ ).

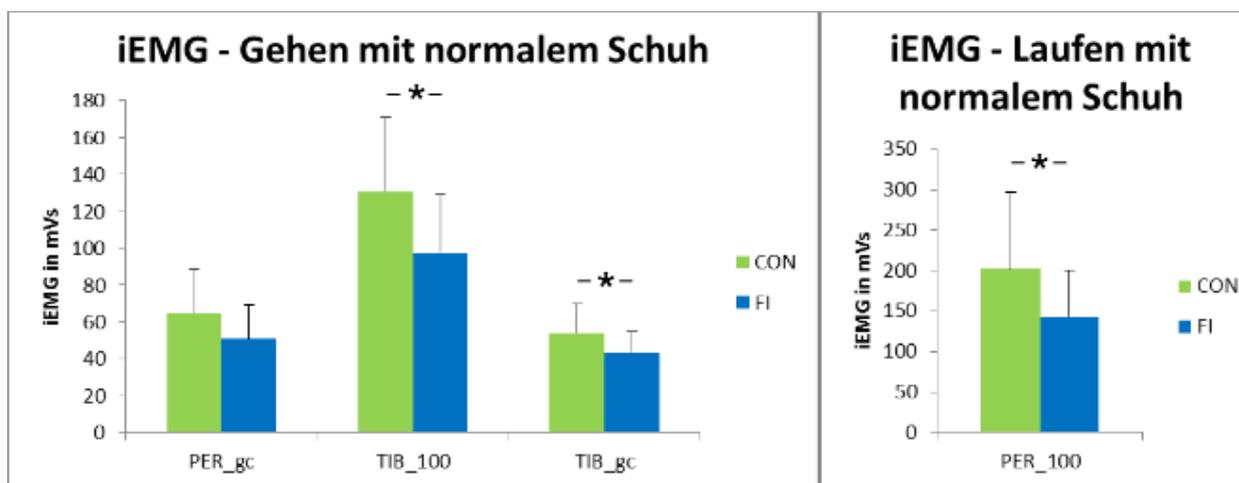


Abb. 1: iEMG des PER und TIB im Gehen und Laufen mit dem normalen Schuh

## 4 Diskussion

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, wie sich (a) das Tragen eines Instabilitätsschuhs, (b) das Ausführen einer kognitiven bzw. motorischen Interferenzaufgabe sowie (c) eine chronische Instabilität auf die funktionelle Stabilisierung des Sprunggelenks während der Lokomotion auswirken.

### 4.1 Einfluss des Schuhs

Im Mittel bewirkte der Instabilitätsschuh in den meisten neuromuskulären Parametern eine Erhöhung der muskulären Aktivität. Dies kann dadurch erklärt werden, dass durch den Steg, der sich mittig unter der Sohle des Schuhs befindet, erhöhte Anforderungen an das neuromuskuläre System gestellt werden, um die Stabilität aufrecht zu erhalten (Nauck & Lohrer, 2007). Die bereits in der Präaktivati-

onsphase beim Gehen (PER, TIB) und Laufen (PER) erhöhte muskuläre Aktivität, ist als antizipative Strategie zu interpretieren, die das Sprunggelenk stabilisieren und auf den instabileren Bodenkontakt vorbereiten soll.

Auch auf viele kinematische Parameter hatte das Instabilitätsmodell einen Einfluss. Bei Gehen und Laufen war beispielsweise die Variabilität der maximalen Eversion während des Bodenkontaktes erhöht. Der Instabilitätsschuh macht es offensichtlich schwieriger, ein einheitliches Gangmuster in der Frontalebene beizubehalten. Ebenso stieg die maximale Sprunggelenkinversion während Bodenkontakt mit dem Instabilitätsschuh an (Gehen  $p = 0.02$ ; Laufen  $p = 0.055$ ).

Insgesamt führt der Instabilitätsschuh folglich zu einer mechanischen Destabilisierung, welche sich in einer erhöhten Anforderung an das neuromuskuläre System widerspiegelt. Dies legt nahe, dass durch den Instabilitätsschuh ein spezifischer Reiz gesetzt wird, welcher sich verletzungspräventiv bezüglich (repetitiver) Supinationstraumen auswirken könnte.

## 4.2 Einfluss der Aufgabe

Der Einfluss der verschiedenen Aufgabentypen (kognitiv und motorisch) kann sehr schön anhand der neuromuskulären Aktivierungsmuster gezeigt werden. Bei der kognitiven Zusatzaufgabe waren für Gehen und Laufen sowohl die Amplituden als auch die Variabilitätsparameter bei PER und TIB reduziert. Das bedeutet, die Testpersonen aller Gruppen aktivierten ihre betreffende Muskulatur weniger stark, dafür aber mit einem zeitstabileren Muster. Die geringere Aktivierungsamplitude könnte sich damit erklären lassen, dass kognitive Kapazitäten, die für die Zusatzaufgabe aufgewendet werden müssen, nicht mehr für die Aktivierung der Muskulatur zur Verfügung stehen. Dies unterstützt die weit verbreitete Theorie, dass es hier zu einer Interferenz der primären motorischen Aufgabe (Gehen bzw. Laufen) mit der sekundären kognitiven Aufgabe kam (Pashler, 1994). In zukünftigen Studien sollte deshalb eruiert werden, inwieweit eine kognitive Beanspruchung mit dem Auftreten von Supinationstraumen in Verbindung gebracht werden kann.

In Bezug auf die Kinematik lieferte die Analyse der Bewegungsvariabilität keine eindeutigen Erkenntnisse in Bezug auf systematische Veränderungen. Verschiedene Parameter entwickelten sich unter verschiedenen Bedingungen in unterschiedliche Richtungen, sodass eine generelle Tendenz kaum festzustellen war.

Die kognitive Zusatzaufgabe bewirkte jedoch bei Fußaufsatz eine Verschiebung in Richtung Plantarflexion, was mit der geringeren EMG-Aktivität des TIB in Zusammenhang gebracht werden kann. Dies belegt anschaulich, dass aus einer kognitiven Beanspruchung heraus neuromuskuläre Veränderungen resultieren, welche sich wiederum in der Mechanik der Bewegung widerspiegeln. In zukünftigen Studien sollten daher weiter evaluiert werden, welche Bedeutung kognitive Aspekte bei der funktionellen Gelenkstabilisierung haben.

## 4.3 Einfluss der Gruppenzugehörigkeit

Bei der Analyse der EMG-Daten zeigten sich interessante Unterschiede im Vergleich der FI-Gruppe mit der Kontrollgruppe mit dem normalen Sportschuh. Dabei weist die FI-Gruppe im Gehen im TIB eine signifikant geringere Aktivierung in den ersten 100 ms nach Fußaufsatz sowie über die gesamten Bodenkontaktphase auf. Auch die Aktivität des PER über die gesamte Kontaktphase betrachtet, zeigt eine Tendenz hin zu einer geringeren Aktivierung. Im Laufen ist die Aktivität des PER direkt nach Fußaufsatz bei der FI-Gruppe geringer als bei der aus Gesunden bestehenden CON-Gruppe. Eine geringere Aktivität des TIB in der verletzungsrelevanten Phase kurz nach Fußaufsatz (Mok et al., 2011)

könnte eine erhöhte Plantarflexion zur Folge haben, und eine geringere Aktivität des PER kann zu einer vergrößerten Inversion führen. Eine größere Plantarflexion bewegt das Sprunggelenk aufgrund der trapezförmigen Struktur des Calcaneus weg von einer stabilen „close-packed“-Position (Gutierrez et al., 2012) hin in eine instabilere Position, in der der Calcaneus mehr Spielraum zwischen den Knöcheln der Malleonengabel besitzt. Eine hinzukommende verringerte Aktivität des PER, möglicherweise in Verbindung mit einer verstärkten Inversion, erhöht die Gefahr eines Inversionstraumas. Zusammengenommen deuten diese Ergebnisse auf eine bei funktioneller Sprunggelenkinstabilität in Mitleidenschaft gezogene neuromuskuläre Kontrolle der Sprunggelenkbewegung hin, welche für betroffene Personen mit einem erhöhten Risiko wiederholter Sprunggelenksverletzungen in Verbindung stehen könnte.

In Bezug auf unsere Hypothesen bleibt festzuhalten, dass sich die angenommenen Unterschiede zwischen den Gruppen in Bezug auf die Bewegungsvariabilität nicht zeigten. Auch unter erschwerten Bedingungen (Dual-Task) traten keine Unterschiede in der Variabilität auf. Dennoch liefert die Studie Erkenntnisse über mögliche Einschränkungen des neuromuskulären Systems bei funktioneller Instabilität. Die verringerten Werte in den iEMG-Daten von PER und TIB decken mögliche Defizite bei funktionell instabilen Testpersonen auf, die in Zusammenhang mit einem erhöhten Risiko wiederholter Sprunggelenksverletzungen stehen könnten.

## 5 Literatur

- Brown, C., Bowser, B. & Simpson, K.J. (2012). Movement variability during single leg jump landings in individuals with and without chronic ankle instability. *Clinical biomechanics*, 27 (1), 52–63.
- Delahunt, E., Monaghan, K. & Caulfield, B. (2007). Ankle function during hopping in subjects with functional instability of the ankle joint. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 17 (6), 641–648.
- Duysens, J. & Levin, O. (2010). Ankle sprains: getting off on the wrong foot. *Exercise and sport sciences reviews*, 38 (3), 143–149.
- Gehring, D., Wissler, S., Mornieux, G. & Gollhofer, A. (2013). How to sprain your ankle – a biomechanical case report of an inversion trauma. *Journal of biomechanics*, 46 (1), 175–178.
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Bridenbaugh, S., Bleiker, E., Wehrle, A. & Kressig, R.W. (2010). Balance training and multi-task performance in seniors. *International journal of sports medicine*, 31 (5), 353–8.
- Gutierrez, G.M., Kaminski, T.W. & Douex, A.T. (2009). Neuromuscular control and ankle instability. *PM & R: The journal of injury, function, and rehabilitation*, 1 (4), 359–65.
- Gutierrez, G.M., Knight, C.A., Swanik, C.B., Royer, T., Manal, K., Caulfield, B. & Kaminski, T.W. (2012). Examining neuromuscular control during landings on a supinating platform in persons with and without ankle instability. *The American journal of sports medicine*, 40 (1), 193–201.
- Hupperets, M.D.W., Verhagen, E.A.L.M. & van Mechelen, W. (2008). The 2Bfit study: is an unsupervised proprioceptive balance board training programme, given in addition to usual care, effective in preventing ankle sprain recurrences? Design of a randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal disorders*, 9, 71.
- Kipp, K. & Palmieri-Smith, R. M. (2012). Principal component based analysis of biomechanical inter-trial variability in individuals with chronic ankle instability. *Clinical biomechanics*, 27 (7), 706–10.

- Konradsen, L., Bech, L., Ehrenbjerg, M. & Nickelsen, T. (2002). Seven years follow-up after ankle inversion trauma. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 12 (3), 129–35.
- McKeon, P.O. & Hertel, J. (2008). Systematic review of postural control and lateral ankle instability, part I: can deficits be detected with instrumented testing. *Journal of athletic training*, 43 (3), 293–304.
- Mok, K.-M., Fong, D. T.-P., Krosshaug, T., Engebretsen, L., Hung, A. S.-L., Yung, P. S.-H. & Chan, K.-M. (2011). Kinematics analysis of ankle inversion ligamentous sprain injuries in sports: 2 cases during the 2008 Beijing Olympics. *The American journal of sports medicine*, 39 (7), 1548–52.
- Nauck, T. & Lohrer, H. (2007). Neuer Spezialschuh zum sensomotorischen Training. *Orthopädieschuh-technik*, 7 (8), 22–26.
- Nauck, T., Lohrer, H. & Gollhofer, A. (2010). Clinical evaluation of a new noninvasive ankle arthrometer. *The physician and sportsmedicine*, 38 (2), 55–61.
- Pashler, H. (1994). Dual-task interference in simple tasks: data and theory. *Psychological Bulletin*, 116 (2), 220–244.
- Rahnama, L., Salavati, M., Akhbari, B. & Mazaheri, M. (2010). Attentional demands and postural control in athletes with and without functional ankle instability. *The journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 40 (3), 180–187.
- Tropp, H. (2002). Commentary: Functional Ankle Instability Revisited. *Journal of athletic training*, 37 (4), 512–515.
- Verhagen, E., van der Beek, A., Twisk, J., Bouter, L., Bahr, R. & van Mechelen, W. (2004). The effect of a proprioceptive balance board training program for the prevention of ankle sprains: a prospective controlled trial. *The American journal of sports medicine*, 32 (6), 1385–93.

# Etablierung und biochemische Validierung eines indirekten Verfahrens zur Messung von Doping-einstellungen

(070302/12-13)

Wanja Wolff<sup>1</sup>, Ralf Brand (Projektleiter)<sup>1</sup> & Detlef Thieme<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universität Potsdam, Professur für Sportpsychologie

<sup>2</sup>Institut für Dopinganalytik und Sportbiochemie Dresden in Kreischa

## 1 Problem

Zur Evaluation von Dopingpräventionsprogrammen ist es von zentraler Bedeutung adäquate Effektmaße auf Ebene des individuellen Verhaltens und Erlebens zur Verfügung zu haben. Die Doping-einstellungen von Sportlerinnen und Sportlern könnten hierfür eine interessante Zielgröße darstellen. Doping-einstellungen können allerdings nur schwer valide erfasst werden, da Athletinnen und Athleten zu sozial erwünschten Antworten tendieren, wenn sie über ihre Einstellung zum Thema Doping sprechen sollen. Unser Forschungsprojekt wendet sich dieser Schwierigkeit zu: Gegenstand war die Entwicklung eines indirekten reaktionszeitbasierten Testverfahrens zur Messung von Doping-einstellungen. Vor allem sollten Kennwerte zur Testvalidität, durch Abgleich von Doping-einstellungsmessungen mit Ergebnissen aus biochemisch analysierten Dopingproben ermittelt werden.

## 2 Methode

Die am häufigsten eingesetzten reaktionszeitbasierten indirekten Testverfahren zur Messung von Einstellungen gehören zur Klasse der Impliziten Assoziationstests (Greenwald, McGhee & Schwartz, 1998). Sie gelten als hinreichend praktikabel und zeichnen sich u. a. durch eine vergleichsweise hohe Robustheit gegenüber Ergebnisverfälschungsversuchen aus. Auf Basis von eigenen Voruntersuchungen und konzeptuellen Überlegungen wurde als Basis-Testprozedur für das hier beschriebene Forschungsprojekt der Brief IAT (BIAT; Sriram & Greenwald, 2009) ausgewählt.

Zur Überprüfung der Testeigenschaften eines Doping BIAT erschien es sinnvoll, als Untersuchungsgruppe Athleten aus der Sportart Bodybuilding zu wählen. In dieser Gruppe bietet sich eine ausreichend große Merkmalsvarianz sowohl in der Ausprägung von Doping-einstellungen als auch im faktischen Dopingverhalten. Als biochemisches Außenkriterium boten sich sowohl Haar- als auch Urinalysen an. Insofern Bodybuilder vergleichsweise selten eine für die Probenabnahme erforderliche Haarmindestlänge aufweisen (was vermutlich in der aktuellen Mode zu komplett rasierten Körpern in dieser Szene begründet liegt), wurde auf die Verwendung von Urinproben ausgewichen.

## 3 Ergebnisse

Die *erste Projektphase* diente der Entwicklung des bildbasierten Doping BIAT und ersten psychometrischen Überprüfungen dieses neu entwickelten Tests. Unter anderem konnte gezeigt werden, dass sich die Doping-einstellung von Sportlerinnen bzw. Sportlern aus einer dopingaffinen Sportart (Bodybuilding) im Vergleich mit Sportlerinnen bzw. Sportlern aus einer weniger dopingaffinen Sportart (Handball) unterscheiden. Die mittels Reaktionszeitmessung erfassten Einstellungen der Bodybuilder erwiesen sich als signifikant positiver (Brand, Heck, & Ziegler, 2014).

Die Gefahr, dass Testpersonen versuchen, ihre Testergebnisse absichtlich zu verfälschen, stellt ein Kardinalproblem bei der Messung der Dopingeinstellung dar und war Thema der zweiten *Projektphase*. Hierzu wurden drei Experimente durchgeführt.

- Für die Praxis von besonderem Interesse sind die Effekte von Strategien und Übung auf den Verfälschungserfolg, denn es muss davon ausgegangen werden, dass Testpersonen sich in Bezug auf mögliche/erfolgreiche Verfälschungsstrategien untereinander austauschen, und dass besonders effektive Strategien auch weitergegeben werden. Ebenfalls erscheint es möglich, dass sich Lerngradienten bei wiederholten Testnahmen (Verfälschungsversuchen) ausbilden und Testergebnisse verfälschen. Auch wollten wir der Frage nachgehen, ob Verfälschungsversuche in den Datensätzen von Probandinnen bzw. Probanden mit statistischen Methoden *post hoc* aufgedeckt werden können. Die Ergebnisse zeigen, dass es grundsätzlich möglich zu sein scheint den reaktionszeitbasierten Doping BIAT in Richtung einer eher negativen Dopingeinstellung zu verfälschen (Wolff & Brand, *under review*). Jedoch wirken sich Verfälschungsversuche wesentlich weniger negativ auf das Testergebnis aus, als dies beim Einsatz von Fragebögen zu erwarten wäre. Der Verfälschungserfolg erwies sich in unseren Untersuchungen als unabhängig sowohl von den angewandten Strategien als auch von Übungseffekten. Außerdem war es möglich, verfälschte Werte mit extrem hoher Sicherheit statistisch zu detektieren.
- Während im ersten Experiment Testpersonen explizit zur Verfälschung ihrer Testdurchgänge aufgefordert und angeleitet wurden, stand im zweiten Experiment die Untersuchung eigenmotivierter Verfälschungsversuche im Vordergrund. Ziel war es eine experimentelle Situation zu schaffen, in der Versuchspersonen intrinsisch motiviert wären, ihr Testergebnis zu verfälschen. Unsere Ergebnisse zeigen, dass durch induzieren von Verfälschungsmotivation (den Testpersonen wurde der Eindruck vermittelt, dass sie bei nachweislich positiver Dopingeinstellung an einem zeitaufwändigen Präventionsprogramm teilnehmen müssten) nur die mittels Fragebogen erfasste Dopingeinstellung nicht aber die mittels Reaktionszeitmessung im Doping BIAT erfasste Dopingeinstellung verfälscht werden konnte (Wolff, Schindler & Brand, *under review*).
- Als drittes Experiment der Verfälschungstestreihe wurde die Frage untersucht, welche Prozesse auf kortikaler Ebene beobachtet werden können, wenn Versuchspersonen versuchen, ihr BIAT Testergebnis zu verfälschen. Ziel war es, die Verfälschungsreaktion in ihrer Vorbereitung und in ihrem Ablauf abzubilden. Die Analyse ereigniskorrelierter Potentiale (EKP) mittels Elektroenzephalographie (EEG) erlaubt zeitlich extrem hochauflösende Auswertungen und wurde als Methode für diese Untersuchung ausgewählt. In der Zusammenarbeit mit Experten der Universität Bielefeld konnte u. a. gezeigt werden, dass sich die EKP von Verfälschern schon sehr schnell nach Stimuluspräsentation von nicht-Verfälschern unterscheiden (Schindler, Wolff, Kissler & Brand, *under review*). Schon ca. 500 Millisekunden bevor eine Reaktion im Doping BIAT sichtbar wird, zeigten sich in der P300 signifikante Unterschiede zwischen Testpersonen und Bedingungen. Solches Wissen bietet u. a. Grundlage für Testweiterentwicklungen, die zum Beispiel zu einer weiteren Reduktion der Verfälschungsanfälligkeit des Doping BIAT führen könnten. Beispielsweise bestünde eine Idee nun darin, vor Testdurchgängen neuronale Ressourcen der am Verfälschungshandeln beteiligten Strukturen einzuschränken, indem beispielsweise Techniken zur temporären mentalen Erschöpfung genutzt werden.

Schließlich wurden im *dritten Projektabschnitt* mit dem Doping BIAT gemessene Dopingeinstellungen, mit den Ergebnissen aus biochemisch analysierten Urinproben verglichen. Untersuchungsleitend war die Hypothese, dass die Dopingeinstellungen von dopenden Athletinnen bzw. Athleten (im Gruppenmittel) positiver ausfallen sollten, als die Dopingeinstellungen von Sportlern, die nicht dopen. Als Stichprobe wurden 61 männliche Bodybuilder rekrutiert, die zuvor detailliert über Vorgehen und Inhalte der Untersuchung informiert wurden. Im Studienablaufplan bearbeiteten die Teilnehmer zuerst den Doping BIAT und danach einen kurze Fragebogen zur Erfassung soziodemografischer Merkmale. Schließlich wurde von jedem der Teilnehmenden eine Urinprobe zur biochemischen Analytik genommen. Alle Dopingproben wurden nach geltenden WADA-Richtlinien (2013) im Institut für Dopinganalytik und Sportbiochemie Dresden in Kreischa (IDAS) ausgewertet. So konnte jeder der Teilnehmenden eindeutig entweder der Gruppe Doper oder der Gruppe Nicht-Doper zugeordnet werden. Hypothesenkonform wiesen Doper signifikant positivere Werte im Doping BIAT auf als Nicht-Doper (Brand, Wolff & Thieme, under review).

## 4 Diskussion

Zusammengefasst lautet unser Fazit über das Forschungsprojekt, dass es sich beim neu entwickelten Doping BIAT um eine sehr gut geeignetes Testverfahren zur indirekten (reaktionszeitbasierten) Messung der Dopingeinstellungen von Sportlerinnen und Sportlern handelt. Aufgrund der Kürze des Verfahrens (weniger als 5 Minuten) ist es zur Anwendung in der Praxis gut geeignet. Insofern dem Verfahren als Test-Stimulusmaterial Bilder anstatt von Worten zu Grunde liegen, ist es sogar möglich dieses international, jenseits von Sprachbarrieren zu nutzen. Unsere Ergebnisse sprechen für die Validität des Verfahrens. Besonders hervorheben sind unseres Erachtens die Ergebnisse aus den Verfälschungsstudien. Hier konnten in Kooperation mit Experten der Universität Bielefeld international bahnbrechende Erkenntnisse gewonnen werden, die weit über das hinausgehen was zur Zeit der Antragstellung für möglich befunden wurde.

## 5 Literatur

- Brand, R., Heck, P., & Ziegler, M. (2014). Illegal performance enhancing drugs and doping in sport: a picture-based brief implicit association test for measuring athletes' attitudes. *Substance abuse treatment, prevention, and policy*, 9 (7), doi: 10.1186/1747-597X-9-7.
- Brand, R. Wolff, W. & Thieme, D. (under review). *Using response-time latencies to measure athletes' doping attitudes. The brief implicit attitude test identifies substance abuse in bodybuilders.*
- Greenwald, A. G., McGhee, D. E., & Schwartz, J. L. K. (1998). Measuring individual differences in implicit cognition: The implicit association test. *Journal of personality and social psychology*, 74 (6), doi: 10.1037/0022-3514.74.6.1464.
- Sriram, N., & Greenwald, A. G. (2009). The Brief Implicit Association Test. *Experimental psychology*, 56 (4), 283-294. doi: 10.1027/1618-3169.56.4.283.
- Schindler, S., Wolff, W., Kissler, J. & Brand, R. (under review). *Cerebral correlates of faking the implicit association test.*
- Wolff, W. & Brand, R. (under review). *Faking the Brief IAT. An experimental study on faking attempts, faking strategies and the statistical detectability of faked scores in a doping attitude test.*
- Wolff, W., Schindler, S. & Brand, R. (under review). *Differences in faking success when participants are intrinsically motivated to fake: comparing the doping BIAT with a doping attitude questionnaire.*



# Internationaler Rechtsvergleich staatlicher Normen im Kampf gegen Doping in Deutschland und Österreich

(AZ 070303/12-13)

Markus Parzeller (Projektleiter und Verfasser des Beitrags)<sup>1</sup>, Cornelius Prittwitz (Projektmitarbeiter und Verfasser des Beitrags)<sup>2</sup>, Sabina Prittwitz (Projektmitarbeiterin und Verfasserin des Beitrags)<sup>1</sup>, Laura Steinmann (Projektmitarbeiterin)<sup>1</sup>, Johannes Laux (Projektmitarbeiter)<sup>1</sup> & Steffen Drolshagen (Projektmitarbeiter)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Goethe-Universität Frankfurt am Main, Institut für Rechtsmedizin, Universitätsklinikum

<sup>2</sup>Goethe-Universität Frankfurt am Main, Institut für Kriminalwissenschaften und Rechtsphilosophie

## 1 Problem

Zahlreiche Dopingfälle im Leistungs- und Spitzensport, z. B. bei der Tour de France, haben aufgezeigt, dass es sich beim Doping im Leistungs- und Spitzensport um keine Einzelfälle handelt, sondern um ein weltweit verbreitetes Problem. In Artikel 1 des Übereinkommens des Europarates gegen Doping im Sport vom 16.11.1989, das am 01.06.1994 in Deutschland in Kraft getreten ist, haben sich die Vertragsstaaten innerhalb der Grenzen ihrer jeweiligen verfahrensrechtlichen Bestimmungen verpflichtet, notwendige Maßnahmen im Kampf gegen Doping im Sport zu ergreifen (vgl. Europarat, Europäisches Übereinkommen). Trotz dieser gemeinsamen Zielsetzung bestehen Unterschiede in den europäischen Staaten sowohl in der materiell-rechtlichen Beurteilung strafbaren Verhaltens als auch in den prozessualen Vorgehensweisen gegen Doping im Sport. Eine Gegenüberstellung dieser national unterschiedlichen gesetzlichen Vorgaben bietet die Chance, die Effektivität der unterschiedlichen nationalen Ansätze zu vergleichen. Insbesondere stellte sich die Frage, ob effektive Regelungen anderer Länder als Vorbild für die deutsche Gesetzgebung dienen können. Während in Österreich ein eigenes Anti-Doping-Bundesgesetz besteht, sind in Deutschland staatliche Sanktionsnormen vor allem im AMG (§ 6a (Verbotnorm), § 95 (Strafnorm) AMG) enthalten, deren Effektivität immer wieder bezweifelt wird. Von der Rechtskommission des Sports gegen Doping (ReSpoDo) wurden bereits 2005 Regelungs- und vor allem Vollzugsdefizite im Bereich des deutschen Straf- bzw. Strafprozessrechts aufgezeigt.

Ziel des Projekts war daher ein Rechtsvergleich der strafrechtlichen und strafprozessualen Normen sowie sonstiger staatlicher Normen im Kampf gegen Doping im (Leistungs- bzw. Spitzen)sport in Deutschland und Österreich. In dem Forschungsvorhaben sollten mittels einer Gesetzesanalyse die nationalen Unterschiede staatlicher Normen zwischen Deutschland und Österreich herausgearbeitet werden, um anhand konkreter Vorschläge an den Gesetzgeber (Änderungs- und Verbesserungsvorschläge) effiziente Maßnahmen zum Kampf gegen Doping vor allem auch im Spitzen- und Leistungssport insbesondere bei der Strafverfolgung zu entwickeln. Bei der Analyse der Normen in Deutschland erfolgte eine Aktualisierung der Ergebnisse aus dem internationalen Rechtsvergleich Doping (Az. IIA1-071705/08-09). Die Auswertung der Normen in Österreich umfasste insbesondere das StGB, das AMG, das Rezeptpflichtgesetz und das Anti-Doping-Bundesgesetz sowie die relevanten Änderungen vom Januar 2010. Ebenfalls erfolgte u. a. eine Darstellung der nebenstrafrechtlichen Vorgaben des Arzneimittelgesetzes (AMG) in Deutschland. Zudem wurde eine Analyse der Evaluation des Gesetzes zur Verbesserung der Bekämpfung des Dopings im Sport (DBVG) (vgl. Bundesregierung, 2012) durch die Bundesregierung vorgenommen.

## 2 Methode

### 2.1 Projektablauf und Projektdauer

Die Projektdauer von der Antragstellung im Februar 2011 bis zur Fertigstellung des Abschlussberichts im Dezember 2013 umfasste einen Zeitraum von etwas über 2,75 Jahren. Der Untersuchungsstand der einzelnen Ländergutachten (Stand der Gesetzgebung, Rechtsprechung und Literatur) ist 2013.

### 2.2 Untersuchungsgegenstand

#### 2.2.1 Untersuchte Länder

In die Analyse wurde die Rechtslage in Deutschland und Österreich einbezogen.

#### 2.2.2 Analyisierte Materialien

Zur Gewinnung von Erkenntnissen und zur Klärung der Projektziele erfolgte eine Analyse unterschiedlichster Materialien und Vorgaben aus den einzelnen Ländern. Die Recherche erfolgte anhand von juristischen Urteilsdatenbanken, z. B. Juris oder Beck-Online, Angaben in der juristischen Fachliteratur und Veröffentlichungen im Internet. In der Forschungsarbeit wurden die einschlägigen strafrechtlichen und strafprozessualen sowie sportrechtlichen Normen von Deutschland und Österreich im Kampf gegen Doping im (Leistungs- bzw. Spitzen)sport untersucht. Anhand veröffentlichter Rechtsprechung wurde eruiert, welche Rolle Doping im Sport im Gerichtsalltag spielt und welche rechtlichen Probleme sich bei der Bekämpfung im Rechtsalltag widerspiegeln. In die Analyse wurden die Erkenntnisse, Anregungen und Kritikpunkte der einschlägigen aktuellen straf- und sportrechtlichen Literatur einbezogen.

## 3 Ergebnisse

In den Projektergebnissen werden Möglichkeiten zur Verbesserung der Bekämpfung des Dopings im Sport aufgezeigt und Gründe für die Ineffizienz derzeitiger staatlicher Regelungen im Kampf gegen Doping insbesondere im Leistungssport auch anhand der Evaluation des Gesetzes zur Verbesserung der Bekämpfung des Dopings im Sport (DBVG) dargelegt und präzisiert sowie eigene Lösungsvorschläge unterbreitet.

### 3.1 Analyse des Evaluierungsberichts der Bundesregierung

(siehe Parzeller et al., 2013, Teil I und II; Parzeller, 2014)

Der Evaluierungsbericht enthält zahlreiche Schwachpunkte, wie der zu kurze Untersuchungszeitraum und die fehlenden Differenzierungsmöglichkeiten bei den Staatsanwaltschaften für den § 95 AMG. Die positiven Rückschlüsse, die gerade für hohe Effektivität gezogen werden, lassen sich durch den Bericht eigentlich widerlegen bzw. zum Untersuchungszeitraum nicht belegen, da ein hoher Prozentsatz der Ermittlungsverfahren eingestellt bzw. noch nicht abgeschlossen war. Deutlich wird zudem, dass Doping im Bereich des Leistungs- und Spitzensports durch die gesetzgeberischen Maßnahmen der letzten Jahre kaum aufgedeckt wurde (so auch Stickelberger, 2013; Bosch & Wußler, 2013), was eigentlich eine der Handlungsmaximen für die Gesetzesnovellierung in 2007 war. Dafür wird aber das Dunkelfeld des Dopings in der Bodybuilding- und Fitnessszene erhellt, auf die sich das Gros der strafrechtlichen Ermittlungsverfahren bezieht. Deutlich wird zudem eine uneinheitliche strafrechtliche Würdigung bei der Besitzstrafbarkeit durch die Staatsanwaltschaften in Deutschland sowie Ungeheimtheiten bei der internationalen Rechtshilfe usw.

### 3.2 Rechtsvergleich zwischen Deutschland und Österreich

(Wörtliche Auszüge aus diesem Rechtsvergleich (S. 63 ff.) Prittowitz & Prittowitz, 2013)

„Die völkerrechtlichen und verfassungsrechtlichen Grundlagen staatlicher Reaktionen auf Doping stimmen in Österreich und Deutschland vollständig bzw. weitgehend überein. Dennoch bestehen erhebliche Unterschiede im aktuellen Recht: das staatliche Dopingspezialrecht steht in Österreich auf zwei Säulen, einer sportrechtlichen und einer strafrechtlichen, während es sich in Deutschland mit Ausnahme einer Präventionsvorschrift auf Strafnormen beschränkt.

Österreich hat seine sportrechtlichen Regelungen in seinem Anti-Doping-Gesetz 2007 als Verpflichtung zur Vereinbarung bestimmter Förderungsvoraussetzungen mit den Sportorganisationen ausgestaltet. Entscheidende materielle Punkte sind die Überantwortung sämtlicher Dopingkontrollverfahren und der Disziplinalgewalt von den Sportverbänden auf die NADA Austria sowie die grundsätzliche Verpflichtung zur Rückzahlung von Sportförderungen seitens der Sportverbände und auch der individuellen Sportler im Falle eines Verstoßes gegen Dopingvorschriften.

In Deutschland besteht keine gesetzliche Verpflichtung zur Formulierung bestimmter Förderungsbedingungen. Diese Rolle übernehmen die Förderrichtlinien. In den einschlägigen Förderrichtlinien wird nur die Übertragung der Trainingskontrollen auf die NADA Deutschland gefordert. Trotz der seit 2008 bestehenden Möglichkeit der Sportverbände, zusätzlich die Wettkampfkontrollen freiwillig auf die NADA Deutschland zu übertragen und der seit 2010 bestehenden Möglichkeit, auch das Disziplinarverfahren freiwillig auf die NADA zu übertragen, werden beide Verfahren weiter hauptsächlich von den Sportverbänden durchgeführt. So scheint das erklärte Ziel der NADA Deutschland, das gesamte Dopingkontrollverfahren sowie das Ergebnismanagement durchzuführen, nicht zeitnah erreichbar. Insofern besteht in Bezug auf die Sportförderung auch im tatsächlichen (noch) ein erheblicher Unterschied zu Österreich.

Strafrechtlich bestehen bezüglich der die Gesundheit schützenden Dopingspezialnormen vor allem Gemeinsamkeiten. Das gilt vor allem in Bezug auf die inkriminierten Tathandlungen; Unterschiede im Detail finden sich bezüglich des Tatgegenstands. Die Strafbarkeit von Umfeld und Händlern entspricht sich im Wesentlichen. Der Hauptunterschied besteht in der Strafbarkeit der Sportlerinnen und Sportler bzw. in der Formulierung des Besitztatbestandes.

Wegen Besitzes (zum Eigengebrauch) kann sich in Österreich keine Sportlerin und kein Sportler strafbar machen. Freizeitsportlerinnen und -sportler bleiben daher straffrei. Das österreichische Anti-Doping-Gesetz pönalisiert die Sportlerin bzw. den Sportler nicht. In Deutschland hingegen können Sportlerinnen und Sportler wegen Besitzes zum Eigenverbrauch belangt werden, wenn sie die erheblichen Hürden der dafür erforderlichen vorzuhaltenden Menge an Dopingmitteln nehmen. In der Rechtspraxis kommt es daher nur zur Strafverfolgung und Verurteilung von Dopingsubstanzen bevorzugen Bodybuildern, bisher in keinem Fall von Spitzensportlerinnen bzw. -sportlern. Allerdings wird der Anfangsverdacht für den Besitztatbestand in Deutschland derzeit vielfach so weit ausgelegt, dass bereits im Falle kleiner aufgefundenen Mengen, also bei einfachem Besitz, ein Ermittlungsverfahren eingeleitet wird, das dann im Folgenden vielfach eingestellt werden muss. In Deutschland werden vor allem Verfahren in der Bodybuildingszene geführt (der Leistungssport blieb bisher bis auf Einzelfälle außen vor) – sowohl gegen die Händler als auch gegen die Sportlerinnen und Sportler selbst.

Für Leistungssportlerinnen bzw. -sportler hingegen ist in Österreich seit 2009 der sogenannte „Dopingbetrug“, § 147 Abs. 1a öStGB, als spezielle Form des schweren Betrugs einschlägig. Anwendungsfälle gibt es bisher nicht, auch nicht bzgl. des im Vorfeld der Einführung des Dopingbetruges einschlägigen (einfachen) Betrugs. Österreich hat also den „Dopingbetrug“, aber keine Strafverfahren.

In Deutschland hingegen werden Ermittlungsverfahren wegen Betrugs gegen Spitzensportlerinnen und -sportler geführt. Nachdem diese bisher sämtlich mit einer Einstellung durch die Staatsanwaltschaft geendet hatten, findet nunmehr das erste Hauptverfahren gegen einen Spitzensportler wegen Betrugs statt (Ergänzung und Aktualisierung zum Verfahrensausgang siehe Fn. 82 in Parzeller, 2014). In beiden Rechtsordnungen handelt es sich – obwohl nach herrschender Meinung in beiden Ländern ein Betrug der Leistungssportlerin bzw. des Leistungssportlers durch Doping zum Nachteil von Veranstalter, Preisspender, Sponsor, Verein oder Arbeitgeber möglich ist – um eine bisher nur theoretische Strafmöglichkeit.

Die mögliche Betrugsstrafbarkeit ermöglicht allerdings – dieser Punkt hat besondere Bedeutung für die deutsche Diskussion auch um vermeintlich notwendige Gesetzesinitiativen – die Einleitung von Ermittlungsverfahren wegen Betrages gegen Leistungssportlerinnen bzw. -sportler (mit den in der deutschen Diskussion so ersehnten Konsequenzen), ohne die derzeit praktizierte bedenkliche Annahme eines Verdachts auf Besitz in nicht geringen Mengen auf der Grundlage einer positiven Dopingprobe. Von entscheidender Bedeutung wird hier der zukünftige Verfolgungswille der Staatsanwaltschaften sein.“

## 4 Diskussion

(ausführlich in Parzeller et al., 2013, Teil I und II; Parzeller, 2014; Prittwitz & Prittwitz, 2013)

Der Ländervergleich zwischen Österreich und Deutschland zeigte zwar einige Gemeinsamkeiten aber auch gravierende Unterschiede bei der staatlichen Bekämpfung des Dopings im (Leistungs- bzw. Spitzen)sport auf. Wie bereits im Abschlussbericht zum ersten Rechtsvergleich (Az. IIA1-071705/08-09) ausgeführt, sind als mögliche Ursachen der geringen Effektivität bei den Delikten gegen Leib und Leben die Schwierigkeit des Kausalitätsbeweises der Dopinghandlung für den späteren Schaden anzuführen. Als weitere Gründe für die geringe Durchschlagskraft des Strafrechts lässt sich anführen, dass es sich beim einvernehmlichen Dopen der Sportlerin bzw. des Sportlers durch Dritte um ein so genanntes opferloses Delikt handelt, bei dem keiner der Beteiligten (Sportlerin/Sportler, Dritte) ein Interesse an der strafrechtlichen Verfolgung aufweist. Wie sich bei der Evaluierung der nebenstrafrechtlichen Bestimmungen gezeigt hat, wurde durch diese gesetzlichen Änderung des AMG Doping im Leistungs- und Spitzensport nicht tangiert, sondern lediglich die Bekämpfung des Dopings im Bereich des Bodybuildings und der Fitnessszene verbessert.

Als Reformvorschläge sind Verbesserungen für eine aussagekräftige Datengrundlage (Verbesserung bei der Erfassung von Dopingdelikten und darauf basierenden Evaluierungen mit längeren Beobachtungszeiträumen) zu nennen. Für neue Straftatbestände besteht keine gesetzgeberische Notwendigkeit, wenn bestehendes Recht (z. B. § 263 StGB) konsequent angewandt wird und bestehende Unklarheiten (z. B. in der Verbotsvorschrift des § 6a AMG) korrigiert werden. Statt einer vorrangigen Bekämpfung des Dopings im Sport mit den Mitteln des Strafrechts sollten systemische Veränderungen durch eine finanziell bessere Ausstattung der NADA, eine gezielte staatliche Förderung des sauberen Sports und bei der Prävention herbeigeführt werden.

## 5 Literatur

- Europarat, *Europäisches Übereinkommen vom 16.11.1989 gegen Doping*. Siehe Zustimmungsgesetz mit Abdruck des Übereinkommens. BGBl. II 1994, S. 334-351.
- Bundesregierung, *Bericht zur Evaluation des Gesetzes zur Verbesserung der Bekämpfung des Dopings im Sport* (DBVG), September 2012.
- Parzeller, M., Prittowitz, S. & Prittowitz, C. *Doping und Dopingbekämpfung in der Bundesrepublik Deutschland – Teil I: Situationsbeschreibung und Kurzdarstellung des Berichts der Bundesregierung zur Evaluation des Gesetzes zur Verbesserung der Bekämpfung des Dopings im Sport* (DBVG), StoffR 2013, 67-76.
- Parzeller, M., Prittowitz, S. & Prittowitz, C. *Doping und Dopingbekämpfung in der Bundesrepublik Deutschland – Teil II: Kritische Diskussion des Berichts der Bundesregierung zur Evaluation des Gesetzes zur Verbesserung der Bekämpfung des Dopings im Sport (DBVG) und Fazit unter Berücksichtigung von weiteren gesellschaftlichen Formen des Dopings*, StoffR 2013, 109-119.
- Parzeller, M. (2014). Das in 2007 reformierte Arzneimittelgesetz (AMG) – Ein Erfolgsmodell im Kampf gegen Doping im Sport? *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 65, 279-288.
- Stickelberger, R. *Verbesserung der strafrechtlichen Dopingbekämpfung*. DRiZ 2013, 154-155.
- Bosch, J. & Wußler, S., *Konzentrierte strafrechtliche Dopingverfolgung*. DRiZ 2013, 168-171.
- Prittowitz, S. & Prittowitz, C. *Staatliche Normen im Kampf gegen Doping im Sport – Rechtsvergleich der Situation in Österreich und in Deutschland* (Rechtsgutachten im Rahmen des Projekts), Stand August 2013.



# Längsschnittstudie zur belastungsinduzierten Anpassung, Schädigung bzw. Degeneration der Schulter bei Rollstuhlathletinnen und -athleten

(AZ 070403/09-11)

*Uwe Tegtbur (Projektleiter) & Hauke Horstmann*

Medizinischen Hochschule Hannover, Institut für Sportmedizin

In Kooperation mit dem Klinikum Agnes-Karll Laatzen, Gemeinschaftspraxis Radiologie/Nuklearmedizin in Langenhagen und dem Olympiastützpunkt Niedersachsen

## 1 Fragestellung

Die Belastbarkeit einzelner Bewegungsorgane hat im Spitzensport zentrale Bedeutung. Auf Grund der Trainingshäufigkeit und -intensität im Leistungssport ergeben sich disziplinabhängig hohe Belastungsmuster. Besonders Gelenksysteme sind den intensiven Belastungsreizen ausgesetzt. Die Regenerationsfähigkeit der Gelenkstrukturen beeinflusst Trainingsumfänge und Intensität, andererseits auch das Auftreten von Überlastungsschäden. Für die Gelenkeinheit der Schulter, knöcherne Strukturen, Sehnen, Labrum wie auch die Muskulatur stellt sich die Überlastungsproblematik im besonderen Maße.

Bei behinderten Menschen im Rollstuhl sowie bei Athletinnen und Athleten in Sportarten wie Rollstuhlbasketball, Leichtathletik-Rollstuhl-Rennsport oder Handbiken besteht eine hohe Prävalenz des chronischen Schulterschmerzes (50-80 %). Athletinnen und Athleten im Rollstuhl haben, vor allem, wenn die Querschnittslähmung durch Unfall im Erwachsenenalter hervorgerufen ist, sehr viel kürzere Zeiten der Anpassungen der Gewebsstrukturen in der Schulter. Daher liegt die Vermutung nahe, dass hier wenig ausgewogene Belastungs-/Regenerationsverhältnisse den Schulterschmerz fördern.

Die Gefahr der Chronifizierung von Schulterschmerzen ist besonders bei Rollstuhlfahrerinnen und -fahrern sehr hoch, da diese sowohl im Alltag wie auch im Training im Schultergelenk hoch belastet sind. Dysbalancen der Schultermuskulatur können einer Chronifizierung zuträglich sein und weitere Schädigungen fördern.

Die Rollstuhlathletin und der Rollstuhlathlet ist sowohl der sportartbedingten Mehrbelastung der Schulter wie auch der Alltagsbelastung im Rollstuhl praktisch ohne Schulterregenerationsphasen ausgesetzt.

Daher war das Ziel des Projektes, Determinanten der Anpassungen und frühzeitig pathologische Veränderungen der Rollstuhlathletinnen und -athleten mit bildgebenden Verfahren sowie mit funktionellen Untersuchungen zu diagnostizieren, die Resultate zu korrelieren und Empfehlungen zu Untersuchungsmethoden und präventiven Trainingsmaßnahmen abzuleiten.

## 2 Methodik

### 2.1 Probandengruppe

- 10 Hochleistungs-Rollstuhlathletinnen und -athleten im Rollstuhlbasketball, im Handbiken und im Leichtathletik-Rollstuhl-Rennsport (Gruppe HS)
- 30 Rollstuhlfahrerinnen und -fahrer (Gruppe RKG)
- 19 gehende Leistungssportlerinnen und -sportler im Schwimmen/ Basketball/Kajak (Gruppe GKG)

Einschlusskriterien waren Sporttauglichkeit und Paraplegie.

Ausschlusskriterium war das Versagen der Sporttauglichkeit aus medizinischen Gründen, wie zum Beispiel eine schwere Herzerkrankung.

## 2.2 Untersuchungen

### › Messzeitpunkt T0 (1. Monat):

Anamnese, körperliche Untersuchung inkl. der großen DOSB-Orthopädie, Constant Score, Wheelchair User's Shoulder Pain Index (WUSPI), Magnetresonanztomographie (MRT) beider Schultern, funktionelle Beurteilung der Kraft der Schulter durch isokinetische Messungen, Maximalkraft und Kraftausdauer,

### › Messzeitpunkt T1 (12. Monat):

Anamnese, körperliche Untersuchung inkl. der großen DOSB-Orthopädie, Constant Score, Wheelchair User's Shoulder Pain Index, funktionelle Beurteilung der Kraft der Schulter durch isokinetische Messungen, Maximalkraft und Kraftausdauer

### › Messzeitpunkt T2 (24. Monat):

Anamnese, körperliche Untersuchung inkl. der großen DOSB-Orthopädie, Constant Score, Wheelchair User's Shoulder Pain Index, MRT beider Schultern, funktionelle Beurteilung der Kraft der Schulter durch isokinetische Messungen, Maximalkraft und Kraftausdauer.

## 2.3 Zielgrößen

Primäres Prüfziel der Studie war die Maximalkraft Schulter in der Isokinetik Innenrotation bei 60°/sec. Als sekundäre Zielgrößen wurden Constant Score, Wheelchair User's Shoulder Pain Index, MRT-Befunde, Maximalkraft Schulter in der Isokinetik geprüft.

## 3 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Charakteristika der Testpersonen und Ergebnisse der Untersuchungen aufgeführt:

### 3.1 Charakteristika der Sportlerinnen und Sportler

Tab. 1: Charakteristika der Testpersonen (N = 59) (MW ± SD; Signifikanzen  $p < 0,05$ )

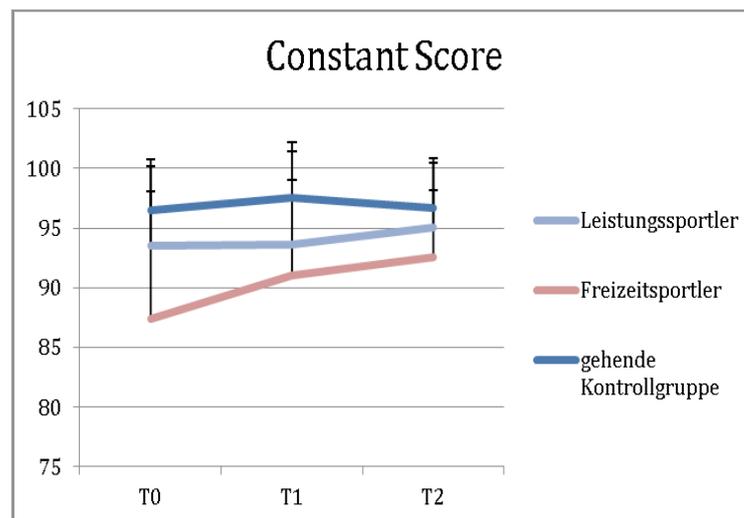
	Alter	Trainingsjahre Hauptsportart	Trainings- stunden pro Woche	Körper- größe (cm)	Körper- gewicht (kg)	BMI
HS (N = 10)	32,8 ± 10,6 <sup>a</sup>	8,7 ± 5,5 <sup>b</sup>	9,6 ± 4,8	167,7 ± 18,9 <sup>b</sup>	58,4 ± 13,9 <sup>a,b</sup>	20,8 ± 4,3 <sup>a,b</sup>
RKG (N = 30)	42,2 ± 13,6 <sup>a,c</sup>	8,9 ± 8,6 <sup>c</sup>	7,0 ± 5,4	177,7 ± 8,0	78,8 ± 16,9 <sup>a</sup>	25,0 ± 5,3 <sup>a</sup>
GKG (N = 19)	30,8 ± 7,6 <sup>c</sup>	12,7 ± 7,7 <sup>b,c</sup>	7,1 ± 2,3	182,4 ± 9,5 <sup>b</sup>	81,7 ± 13,5 <sup>b</sup>	24,4 ± 2,5 <sup>b</sup>

*a* signifikanter Unterschied Leistungssportlerin/-sportler (HS) zu Freizeitsportlerin/-sportler (RKG)

*b* signifikanter Unterschied Leistungssportlerin/-sportler (HS) zu gehender Kontrollgruppe (GKG)

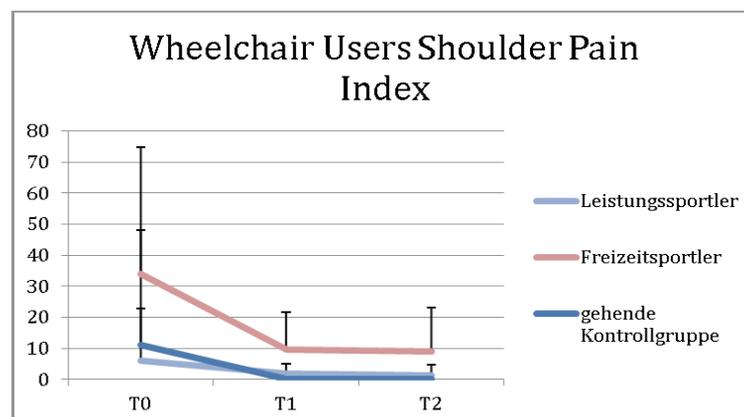
*c* signifikanter Unterschied Freizeitsportlerin/-sportler (HS) zu gehender Kontrollgruppe (GKG)

- › Die Rollstuhl-Leistungssportlerinnen/-sportler hatten mehr Kraft in der Innenrotation gegenüber der Rollstuhlkontrollgruppe.
- › Die Rollstuhl-Leistungssportlerinnen/-sportler hatten eine bessere Schulterfunktion, gemessen im Constant Score, gegenüber der Rollstuhlkontrollgruppe (Siehe Grafik 1).



Grafik 1: Constant Score T0-T1-T2

- › Es zeigte sich eine geringere subjektive Beschwerdesymptomatik im Wheelchair Users Shoulder Pain Index von Rollstuhl-Leistungssportlerinnen/-sportler im Vergleich zur Rollstuhlkontrollgruppe (Siehe Grafik 2).



Grafik 2: WUSPI T0-T1-T2

- › Zur MRT-Auswertung wurde ein Score definiert, der es ermöglicht, unterschiedliche Pathologien zu vergleichen.
- › Die Auswertung konnte keine signifikanten Unterschiede bei Pathologien zwischen den Sportlergruppen darstellen, wobei die Rollstuhlkontrollgruppe vermehrte Pathologien MRT hatten (siehe Tab. 2 und 3).

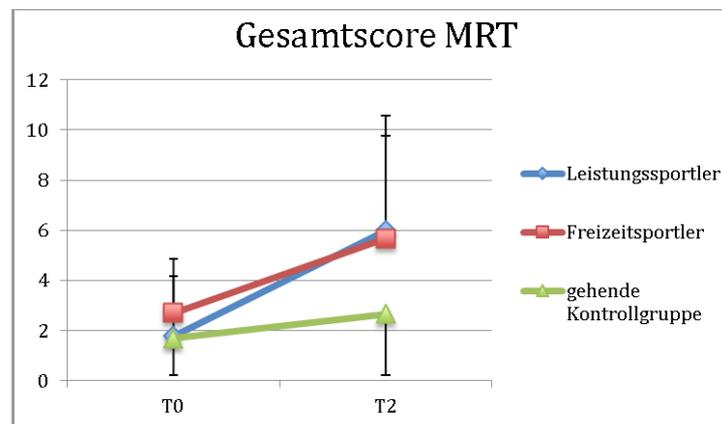
Tab. 2: Magnetresonanztomographie – MRT deskriptive Analyse und Darstellung Summenscore T0 (Score siehe Anhang) (N = 43) (MW ± SD; Signifikanzen  $p < 0,05$ )

Rechtes Schultergelenk Magnetresonanztomographie Anzahl Pathologien									Humeruskopf
	AC-Gelenk	Supra-spinatussehne	Infra-spinatussehne	Lange Bizepssehne	Subscapularis-sehne	Glenoid	Bursa	Gesamt	Distanz
HS	0,67 ± 0,87	0,33 ± 0,5	0 ± 0	0,38 ± 1,06	0,22 ± 0,44	0 ± 0	0,44 ± 0,53	2,00 ± 1,94	6,17 ± 0,87
RKG	1,23 ± 1,03	0,88 ± 0,93	0,06 ± 0,24	0 ± 0	0,24 ± 0,44	0,25 ± 0,68	0,59 ± 0,62	3,18 ± 2,90	5,76 ± 1,6
GKG	0,75 ± 0,93	0,38 ± 0,5	0 ± 0	0 ± 0	0,62 ± 0,25	0,13 ± 0,5	0,44 ± 0,63	1,75 ± 1,06	5,94 ± 0,93
Linkes Schultergelenk Magnetresonanztomographie Anzahl Pathologien									Humeruskopf
	AC-Gelenk	Supra-spinatussehne	Infra-spinatussehne	Lange Bizepssehne	Subscapularis-sehne	Glenoid	Bursa	Gesamt	Distanz
HS	0,78 ± 0,97	0,56 ± 0,73	0 ± 0	0 ± 0	0,11 ± 0,33	0 ± 0	0,33 ± 0,5	1,77 ± 2,12	6,3 ± 1,20
RKG	1,12 ± 1,17	0,81 ± 0,75	0,06 ± 0,25	0 ± 0	0,13 ± 0,35	0,12 ± 0,49	0,53 ± 0,62	2,71 ± 2,39	6,18 ± 1,52
GKG	0,44 ± 0,81	0,38 ± 0,5	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0	0,38 ± 0,81	0,53 ± 0,64	1,69 ± 1,45	5,94 ± 0,88

Tab. 3: Magnetresonanztomographie – MRT deskriptive Analyse und Darstellung Summenscore T2 (Score siehe Anhang) (N = 17) (MW ± SD; Signifikanzen  $p < 0,05$ )

Rechtes Schultergelenk Magnetresonanztomographie Anzahl Pathologien									Humeruskopf
	AC-Gelenk	Supra-spinatussehne	Infra-spinatussehne	Lange Bizepssehne	Subscapularis-sehne	Glenoid	Bursa	Gesamt	Distanz
HS	1,00 ± 1,41	1,50 ± 0,71	0,50 ± 0,71	1,50 ± 2,12	1,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	6,50 ± 4,95	5,00 ± 0,00
RKG	1,83 ± 0,98	1,50 ± 1,05	0,83 ± 1,17	0,50 ± 1,22	0,67 ± 0,52	1,33 ± 1,03	1,20 ± 0,84	7,67 ± 5,05	4,50 ± 2,38
GKG	1,00 ± 0,87	0,67 ± 0,71	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,44 ± 0,88	0,63 ± 0,74	2,67 ± 1,87	6,00 ± 0,50
Linkes Schultergelenk Magnetresonanztomographie Anzahl Pathologien									Humeruskopf
	AC-Gelenk	Supra-spinatussehne	Infra-spinatussehne	Lange Bizepssehne	Subscapularis-sehne	Glenoid	Bursa	Gesamt	Distanz
HS	1,00 ± 1,41	1,00 ± 1,41	0,50 ± 0,71	0,00 ± 0,00	1,00 ± 0,00	1,00 ± 1,41	1,00 ± 0,00	5,50 ± 4,95	5,50 ± 0,71
RKG	1,00 ± 0,89	1,00 ± 0,63	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,33 ± 0,52	0,67 ± 1,03	0,67 ± 0,82	3,67 ± 3,33	5,60 ± 0,55
GKG	0,78 ± 0,83	0,56 ± 0,73	0,00 ± 0,00	0,33 ± 1,00	0,11 ± 0,33	0,44 ± 0,88	0,57 ± 0,79	2,67 ± 3,00	6,11 ± 0,33

- › Im Längsschnitt zeigte sich eine Verringerung des Wheelchair Users Shoulder Pain Index ohne signifikante Unterschiede.
- › Constant Score und Kraft Niveaus blieben unverändert nach 2 Jahren.
- › Der Gesamtscore zur Beschreibung der Pathologien im MRT stieg nach 2 Jahren nicht signifikant an (siehe Grafik 3).



Grafik 3: Gesamtscore MRT T0-T2

## 4 Diskussion

Die vorliegende Studie zeigt die Belastbarkeit des Gelenkssystems Schulter für rollstuhlfahrende Hochleistungssportlerinnen und -sportler. Die Belastbarkeit der Schulter wird differenziert im Constant Score als klinischen/subjektiven Score, dem Wheelchair Users Shoulder Pain Index (WUSPI) als subjektiven Schmerz Score, der isokinetischen Kraftmessung und der Kernspintomographie beschrieben. Die Rollstuhl-Hochleistungssportlerinnen und -sportler hatten im Constant Score wie auch im WUSPI signifikant geringere Beschwerden.

Die Auswertung des Constant Score als Parameter für die Schulterfunktion zeigte interessanterweise für die Untergruppen Schmerz, Alltagsaktivität, Motilität und Kraft pro Kilogramm Körpergewicht signifikant bessere Werte für die Rollstuhl-Hochleistungssportlerinnen bzw. -sportler im Verhältnis zu der rollstuhlfahrenden Kontrollgruppe.

Mögliche Ursache für die Unterschiede ist das regelmäßige und strukturierte Training mit enger Anbindung an physiotherapeutische und sportmedizinische Institutionen bei den Rollstuhl-Hochleistungssportlerinnen und -sportler. Das höhere Alter und Körpergewicht der rollstuhlfahrenden Kontrollgruppe muss als Grund für die schlechtere Schulterfunktion in Erwägung gezogen werden (Dyson-Hudson et al, 2004).

Der WUSPI zeigt eine geringe subjektive Beschwerdesymptomatik der Hochleistungssportlerinnen und -sportler. Diese zeigt sich niedriger als bei der gehenden Kontrollgruppe und sogar signifikant erniedrigt im Vergleich zu der rollstuhlfahrenden Kontrollgruppe. In der Längsschnittdarstellung reduziert sich der WUSPI nach dem ersten Untersuchungszeitpunkt. Diese Reduktion der Beschwerden ist auf ein Informationszugewinn der Testpersonen zurückzuführen (Fullerton et al, 2003). Jede Teilnehmerin und jeder Teilnehmer an der Studie wurde explizit darauf hingewiesen sein Training im Verlauf der Studienteilnahme nicht zu verändern. Die Quantität der physiotherapeutischen Maßnahmen unterschied sich zwischen den Gruppen zu keinem Untersuchungszeitpunkt, welches somit als Grund für die Reduktion der Schmerzen im WUSPI ausfällt.

Die Kernspintomographie hat vermehrt Pathologien bei der rollstuhlfahrenden Kontrollgruppe gegenüber der Rollstuhl-Hochleistungssportgruppe dargestellt. Als mögliche Ursache haben wir das unausgewogene Training der rollstuhlfahrenden Kontrollgruppe bei gleichzeitig erhöhtem Körpergewicht detektiert. Zudem haben die Rollstuhl-Hochleistungssportlerinnen und -sportler einen Informations- und Therapievorsprung durch den engen Kontakt zu medizinischen Einrichtungen.

Der Anstieg der Anzahl der Pathologien in der Kernspintomographie zum Messzeitpunkt T2 für alle Untersuchungsgruppen ist am ehesten auf degenerative Veränderungen mit erhöhtem Lebensalter zurückzuführen (Akbar et al, 2011).

Messungen zu einem späteren Untersuchungszeitpunkt zur Verifizierung der Bedeutung des Alters auf die Entstehung von sowohl klinischen Symptomen als auch Pathologien in der bildgebenden Diagnostik halten wir für dringend notwendig. Der Untersuchungszeitpunkt sollte aus unserer Sicht einen Zeitraum von 10 Jahren nicht unterschreiten (Alm et al, 2008).

## 5 Empfehlungen für die Praxis

- › Anpassung der Diagnostik im Rahmen von Kaderuntersuchungen:
  - Jährlich durchzuführen sind:
    1. objektivierende Kraftuntersuchung für Abduktion, Ante-, Retroversion sowie Innen- und Außenrotation im Rahmen einer Isokinetischen Untersuchung
    2. Constant Score zur Beschreibung der Schulterfunktion
    3. Wheelchair Users Shoulder Pain Index im Rahmen der Anamnese
  - Bildgebende Diagnostik wie MRT oder Sonographie ist nicht in der Untersuchungsroutine anzuwenden und sollte als weiterführendes Diagnostikum angewendet werden.
- › Präventive Maßnahmen:
  - Kooperationen mit medizinischem und sportwissenschaftlichem Fachpersonal zur Sensibilisierung und Aufklärung der Rollstuhlsportlerinnen und -sportler
  - ausgewogenes Kraft und Ausdauertraining mit Einbeziehung aller Bewegungsgrade (Ante-/Retroversion, Ab-/Adduktion, Innen-/Außenrotation)
- › Enge Anbindung an medizinische Versorgung zur direkten therapeutischen Intervention bei Überlastungserscheinungen
- › Kontrolluntersuchungen nach Karriereende zur Vermeidung von Langzeitschäden.

## 6 Literatur

- Akbar, M., Brunner, M., Balean, G., Griser, T., Bruckner, T., Loew, M. & Raiss, P.A. (2011). cross-sectional study of demographic and morphologic features of rotator cuff disease in paraplegic patients. *Journal of shoulder and elbow surgery*, 20 (7), 1108-1113.
- Alm, M., Saraste, H. & Norrbrink, C. (2008). Shoulder pain in persons with thoracic spinal cord injury: prevalence and characteristics. *Journal of rehabilitative medicine*, 40 (4), 277-283.
- Dyson-Hudson, T.A. & Kirshblum, S.C. (2004). Shoulder pain in chronic spinal cord injury, Part I: Epidemiology, etiology, and pathomechanics. *The journal of spinal cord medicine*, 27 (1), 4-17.
- Fullerton, H.D., Borckardt, J.J. & Alfano, A.P. (2003). Shoulder pain: a comparison of wheelchair athletes and nonathletic wheelchair users. *Medicine and science in sports and exercise*, 35 (12), 1958-1961.
- Horstmann, H., Weitzel, T. & Tegtbur, U. (2012). Beschreibung der Schulterfunktion bei Hochleistungs- vs. Freizeitathleten im Rollstuhlsport. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 63 (7-8), 228.

# Spielanalyse Goalball

(AZ 070405/12-13)

Daniel Link<sup>1</sup> (Projektleiter), Christoph Weber<sup>1</sup> & Thomas Prokein<sup>2</sup> (Goalball Bundestrainer)

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

<sup>2</sup>Deutscher Behindertensportverband e.V.

## 1 Einleitung

Goalball gehört zu den beliebtesten Sportarten für sehbehinderte und blinde Menschen. Institutionell ist die Sportart der Abteilung Goalball innerhalb des Deutschen Behindertensportverbandes (DBS) zugeordnet. Das Spiel ist eine Weiterentwicklung der Sportart Torball und seit den Spielen 1976 in Toronto fest im Programm der Paralympischen Spiele verankert. Drei Spielerinnen bzw. Spieler pro Mannschaft versuchen auf einem Volleyballfeld den Spielball in ein 9 Meter breites Tor zu werfen bzw. zu rollen. Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung des Balles identifizieren die Spielerinnen und Spieler über das Klingelgeräusch der Glöckchen, die sich in seinem Inneren befinden.

In der internationalen Goalballszene lässt sich eine zunehmende Professionalisierung beobachten. Diese geht einher mit einem Bedarf an spezifischen Trainingsmethoden und einer prozessbegleitenden Leistungsdiagnostik. Fast alle Nationen setzen hierbei auf Verfahren der Spielbeobachtung, wobei Videoanalysen vom Wettkampfgeschehen zum Standard geworden sind. Ziel des Projektes war die Spielbeobachtung der deutschen Nationalmannschaften auf ein Level zu heben, dass bei internationalen Vergleichen einen Wettbewerbsvorteil verspricht. Inhaltlich wurde das Projekt in die Bereiche der *Technologieentwicklung* und *Leistungsdiagnostik* unterteilt.

## 2 Technologieentwicklung

Auf Basis der Erfahrungen im Beachvolleyball (vgl. Link & Ahmann, 2013a) wurden zwei für Goalball spezialisierte Spielanalysetools entwickelt. *Goalscout* erlaubt eine effiziente Datenerfassung unter Berücksichtigung des sportartspezifischen Spielrhythmus, während *Goalview* eine spezifische Datenanalyse ermöglicht.

*Goalscout* wird über eine Touch-Oberfläche gesteuert, in der die Abwurf- und Verteidigungsposition direkt *im Videobild* per Finger erhoben wird (Abb. 1). Die weiteren Beobachtungsmerkmale erscheinen situationsabhängig rechts und links neben dem Videobild. Hierbei sind häufig erfasste Parameter groß und spielfeldnah positioniert, im Gegensatz zu selten vorkommenden Parametern die kleiner und spielfeldferner zu finden sind. Diese Anordnung führt zu einer intuitiven Eingabe der Beobachtungsparameter ohne den Blick vom Spielgeschehen abwenden zu müssen (Details siehe Weber & Link 2012; Link, Weber & Prokein, 2014). Je nach Spielgeschwindigkeit und der Fähigkeit des Beobachters die Merkmale zu erfassen, können zwischen drei und neun „Klicks“ pro Einheit anfallen, aus denen bis zu 18 Beobachtungsmerkmale abgeleitet werden. Die spezifische Anordnung der Elemente und die Anpassung an den Spielfluss erlauben eine Live-Erfassung parallel zum Spiel.



Abb. 1: Spielbeobachter während der WM 2014 in Finnland. Links: Annotation des Spiels mittels Beobachtungsbogen vom Scout der spanischen Mannschaft. Rechts: Annotation des deutschen Scouts mittels Goalscout. Während die gegnerischen Teams mehrere Stunden für die Aufbereitung der Daten benötigen, haben die deutschen Teams bereits während des Wettkampfes Zugriff auf Spielszenen und leistungsdiagnostische Reports.

Das Analysetool GoalView besteht im Wesentlichen aus Steuerelementen zur Definition der Filter, einer Ergebnisliste sowie einem Videofenster für die qualitative Analyse. Darüber hinaus können sogenannte „Reports“ zur Visualisierung von Spielstrukturen (siehe Abb. 2) im Rahmen der quantitativen Voranalyse generiert werden (vgl. Link & Ahmman, 2013b).

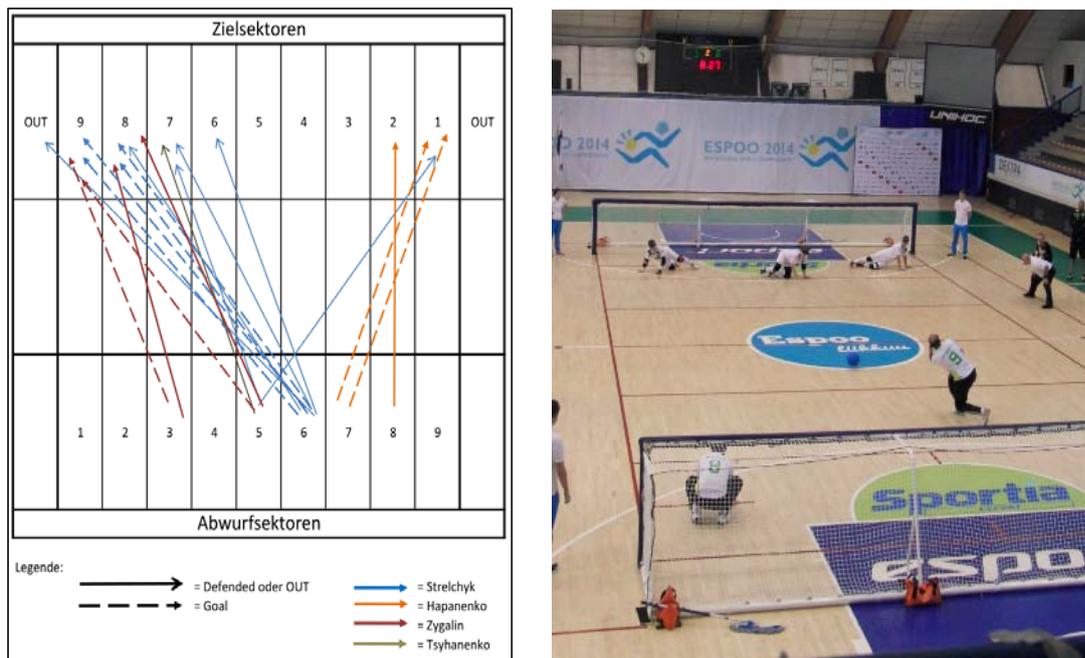


Abb. 2: Links: Wurfbild der Herrenmannschaft der Ukraine in Penalty Situationen, EM Konya 2013, Bis auf den Spieler Hapanenko werfen alle Spieler nach links. Rechts: Szene einer 3:3 Spielsituation während der WM 2014 in Finnland.

Die Vorgehensweise bei der Filterung hängt von den individuellen Präferenzen der Trainerinnen bzw. Trainer ab. Beispielsweise bietet es sich im Goalball an Würfe nach Spielerinnen/Spielern, Abwurfsektoren oder Wurftechniken zu filtern. Goalview aktualisiert seine Daten während des Spiels auf Basis der Eingaben im Goalscout, so dass die Auswertungen bereits in Auszeiten genutzt werden können.

### 3 Leistungsdiagnostik

Die leistungsdiagnostische Komponente des Projektes lässt sich in die Bereiche *Theoretische* und *Praktische Leistungsdiagnostik* unterteilen. Im ersten Fall ist eine Aufklärung der Leistungsstruktur in Form von generalisierten Zusammenhangsaussagen zwischen Leistungskomponenten angestrebt, während bei der Praktischen Leistungsdiagnostik die methodische Unterstützung bei der Generierung von trainingspraktischen Hinweisen oder der Entwicklung von Wettkampfstrategien im Vordergrund steht.

Im Bereich der *Praktischen Leistungsdiagnostik* wurden die Deutschen Nationalteams auf den wesentlichen Wettkämpfen begleitet. In Vorbereitung auf die Weltmeisterschaft 2014 in Finnland erfolgte bspw. eine Analyse der Penalty-Situation der ukrainischen Herrenmannschaft auf Basis von Videoaufnahmen der Europameisterschaft 2013 in Konya (Abb. 2). Die Ukraine bekam in diesen Spielen insgesamt 18 Penaltys zugesprochen von denen 8 verwandelt wurden. Die Erfolgsquote der Mannschaft liegt damit knapp unter dem Durchschnitt der Spitzenteams (44 % vs. 54 %). Wichtigster Penalty-Schütze war der Spieler Strelchyk (4 Tore/10 Würfe), alternative Schützen sind Zhygalin (1/4), Haponenko (2/3) und Tshyanenko (1/1). Auf Basis der Wurfrichtung wurde den deutschen Spielern empfohlen für den Fall, dass der werfende Spieler vorher nicht identifiziert werden konnte, die rechten Sektoren aus Sicht der Abwehr zu verteidigen (78 % der Würfe diese Sektoren als Ziel). Wenn Hapanenko als Penalty-Schütze identifiziert wird, sollten die linken Sektoren abgedeckt werden (Tendenz zu Longline-Würfen).

In der *Theoretischen Leistungsdiagnostik* wurde unter anderem untersucht, ob bestimmte Torsektoren eine höhere Torwahrscheinlichkeit aufweisen. Insbesondere bei den Überschneidungssektoren zwischen den Abwehrspielern besteht in der Praxis die Vermutung, dass hier leichter Tore erzielt werden können. Um dieses zu überprüfen, wurden Würfe nach ihrem Zielsektor klassifiziert (Ort der hypothetischen Torlinienüberschreitung; 9 Sektoren a 1 Meter). Würfe, die weniger als 3 Meter am Torpfosten vorbeigingen, wurden „aus“ gewertet, bei einem größeren Abstand wurden diese exkludiert (hier wurde taktische Absicht unterstellt bspw. um Zeit zu gewinnen).

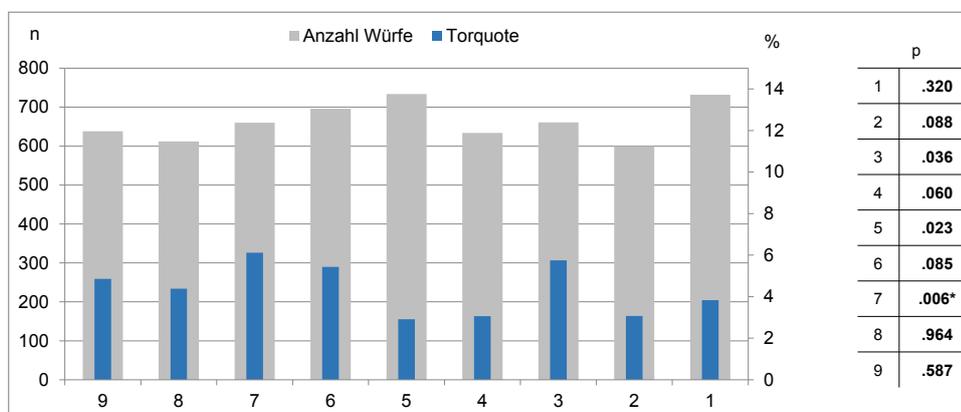


Abb. 3: Analyse der Wurfverteilung und Torquote nach Zielsektor im Herren Goalball (n=5967 Würfe). Zielsektoren sind gleichverteilt.  $\chi^2$ -Tests zeigen lediglich in Sektor 7 eine überzufällig erhöhte Trefferquote (nach Bonferroni-Korrektur).

Abb. 3 zeigt die Ergebnisse dieser Analyse für Herren. Es lässt sich feststellen, dass alle Zielsektoren mit gleicher Häufigkeit angeworfen wurden ( $\chi^2 = 72.0$ ,  $p > .23$ ), sofern die Ausbälle den Randsektoren zugeordnet werden. Die Erfolgsquoten liegen je nach Sektor zwischen 2,9 und 6,9 %, eine Tendenz zu einer höheren Erfolgsquote in den häufigsten Überschneidungssektoren 3 und 7 lässt sich vermuten. Inferenzstatistisch lässt sich allerdings lediglich bei Sektor 7 einen signifikant höhere Trefferquote nachweisen ( $\chi^2 = 7.50$ ,  $p \leq .006$ ), so dass die Auffassung der Praxis zumindest in dieser Stichprobe statistisch nicht vollständig bestätigt werden kann. In einer ersten Interpretation ist dem Zielsektor damit höchstens eine nachgeordnete Bedeutung für den Erfolg zuzusprechen.

## 4 Fazit und Ausblick

Im Rahmen des Projektes wurden zwei Ziele erreicht: Erstens steht den Deutschen Nationalteams ein methodisch und technologisch erprobtes Verfahren zur Verfügung, das einen unmittelbaren Wettbewerbsvorteil verspricht. Zahlreiche Anfragen anderer Nationen (z. B. Finnland, Japan, Spanien) auf den Turnieren belegen dies. Zweitens konnten bereits erste Strukturanalysen durchgeführt werden, die dazu beitragen die Leistungskomponenten im Goalball nicht nur besser zu verstehen, sondern auch wissenschaftlich abzusichern.

In einem Nachfolgeprojekt (Bisp-Projekt IIA1-070406/14) werden zum einen weitere Reports zur Visualisierung von Spielstrukturen weiterentwickelt, zum anderen werden Verfahren zu Bildererkennung integriert, die es erlauben, einen Teil der Beobachtungsmerkmale automatisch zu erfassen (z. . Abwurfsektoren, Ballgeschwindigkeit). Zusätzlich zu diesen technischen Aspekten steht die weitere leistungsdiagnostische Betreuung der Nationalteams im Fokus.

## 5 Literatur

- Link, D. & Ahmann, J. (2013a). Spielanalyse im Beachvolleyball. *Leistungssport*, 43 (1), 58 - 63.
- Link, D. & Ahmann, J. (2013b). Moderne Spielbeobachtung im Beach-Volleyball auf Basis von Positionsdaten. *Sportwissenschaft*, 43 (1), 1-11.
- Link, D., Weber, C. & Prokein, T. (2014). *Spielanalyse Goalball*. Unveröffentlichter Endbericht zum Bisp-Projekt (IIA1-070405/12-13). Technische Universität München.
- Weber, C. & Link, D. (2012). Spielbeobachtung im Goalball. In S. König, D. Memmert & M. Kolb (Hrsg.), *Sport-Spiel-Unterricht*. Kongressband zum 8. Sportspiel-Symposium der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft. S.161-162 Weingarten. Berlin: Logos Verlag.

# Weiterentwicklung leistungsdiagnostischer Methoden im Skilanglauf der Behindertensportler zur Optimierung von Lauftechnik und Material sowie zur Steuerung des Trainings

(AZ 070403/13)

Veit Wank (Projektleiter)<sup>1</sup>, Hendrik Heger<sup>1</sup>, Valentin Keppler<sup>1</sup> & Walter Rapp<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Medizinische Universitätsklinik Tübingen, Abt. Sportmedizin

## 1 Problemstellung

Von 2011 bis 2012 wurde im Rahmen von Projekten des Bundesinstituts für Sportwissenschaft ein Messplatz zur Bewegungsanalyse von Sitzschlitten-Skiläuferinnen bzw. -läufern des Deutschen Behinderten-Sportverbandes (DBS) entwickelt. Die Messergebnisse wurden über Kabel erfasst und mit Videobildern synchronisiert. Aufgrund der Kabelanbindung konnten die Sensorstöcke nur auf Skilanglauf-Laufbändern eingesetzt werden. Das Messsystem wurde bis zum Frühjahr 2013 zur Leistungsdiagnose von Sitzschlitten-Skiläuferinnen und -läufern verwendet (Rapp et al., 2012; Wank et al., 2014 und 2014a). Im Laufe dieser Zeit wurde ein umfangreiches Softwarepaket zur Erfassung/Messung, Auswertung und Visualisierung der Stock-Messdaten entwickelt, so dass die bei zentralen Lehrgängen der DBS-Kader erfassten Daten zeitnah und anschaulich (in der Regel noch während der Lehrgänge) Athletinnen bzw. Athleten und Trainern präsentiert werden konnten. Somit war im Rahmen der verfügbaren Möglichkeiten eine sinnvolle Steuerung des Techniktrainings möglich.

Die Weiterentwicklung dieser weltweit einmaligen Kombination von Stockkraft- und Stocklagedaten-Sensorik sollte mit folgenden Schwerpunkten erfolgen:

- Reduktion des Gesamtgewichts der Kraftsensoren und der IMU-Erfassungshardware sowie Verbesserung der Zuverlässigkeit und Verschleißfestigkeit der Kraftsensoren (Abrieb, Querkraftempfindlichkeit)
- Ersatz der kabelgebunden Übertragung von Kraft- und IMU-Daten sowie der Stromversorgung durch ein Lithium-Batterie-gepuffertes Loggersystem
- Verbesserung bzw. Optimierung der Algorithmen zur Berechnung von Raumlage-Winkelkoordinaten auf der Basis der IMU-Sensordaten.

## 2 Methode

Die bis 2013 verwendete Kraftmessdose von der Fa. Velomat aus Aluminium wurde durch eine Miniaturmessdose der Fa. ME-Mess-Systeme aus Edelstahl (5 g, bei 750 N Nennkraft) ersetzt. Daneben wurde eine neue SMD-Platine für die Verstärkung der DMS-Signale entwickelt, die nur etwa 1/10 des Gewichts der alten Einheit hat. Insgesamt konnte durch die Neuentwicklung der Kraftsensorik (neues und leichteres Krafteinleitungssystem im Stockgriff) und der Platinen für die DMS-Signalverarbeitung, AD-Wandler, IMU-Sensoren und Loggerdaten-Erfassung ca. 40 g Gewicht pro Stock eingespart werden, so dass nun Sensorstöcke vorliegen, die komfortabel gehandhabt werden können (keine Kabel mehr) und beim Laufen kaum noch Unterschiede zu Stöcken ohne Sensorik aufweisen

(Gewicht). Zentraler Bestandteil der Auswertelektronik ist eine Platine mit Inertialsystem-Sensoren und integriertem 1GB-Datenlogger. Diese Platine wird als Standardmodul (DX3-Board) von der Fa. Xybermind angeboten. Für unsere Anwendung musste die Software/Firmware des Controllers speziell angepasst werden. Zur Erfassung der analogen Daten des Stockkraftsensors und für die Stromversorgung der DMS-Verstärkerplatine wurde eine Zusatzplatine mit 12-Bit AD-Wandler und einem Controller zur Datenaufzeichnung mit doppelter und vierfacher Geschwindigkeit entwickelt. Diese AD-Platine wird über eine Busleitung mit dem DX3-Board verbunden.

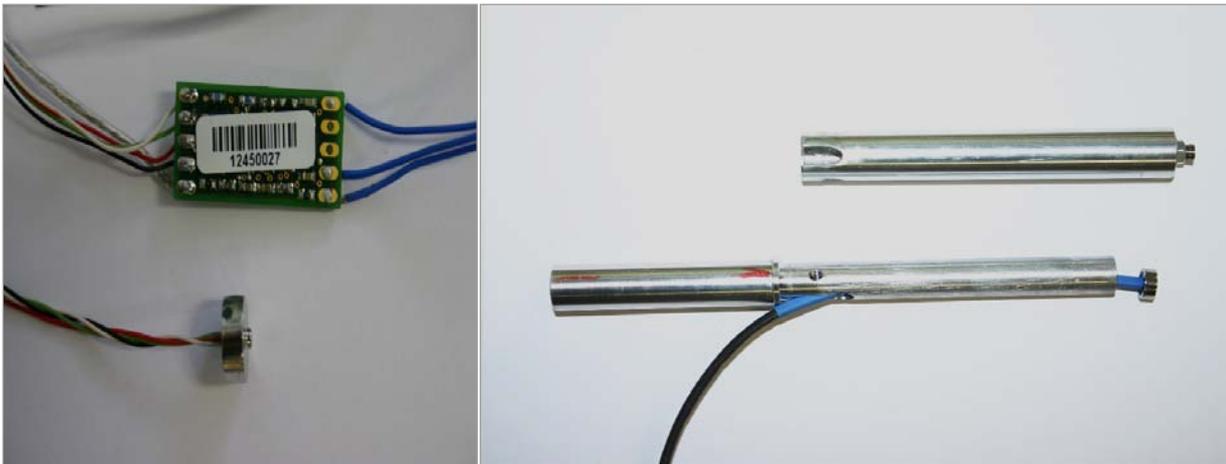


Abb.1: DMS-Kraftsensor der Fa. ME-Mess-Systeme mit DMS-Verstärker-Platine (links) und Integration des Kraftsensors in die querkraftentkoppelte Griffhülse mit Kabelauführung zum DMS-Verstärker (rechts).

Mit dieser Entwicklung ist es möglich, neben den mit 400 Hz aufgezeichneten Standarddaten des Inertialsystem-Sensors (3D-Beschleunigung bis 16G, 3D-Magnetfeldsensor und 3D-Drehratensensor bis 2000°/s) zeitsynchron zusätzlich die Analogsignale der Stockkraftsensoren mit einer Messfrequenz von wahlweise 800 Hz oder 1600 Hz zu erfassen.

Das System wird von einem Mini-Lithium-Polymer-Akku versorgt, der innerhalb von einer Stunde über einen USB-Port aufgeladen werden kann und eine Laufzeit von ca. 1:30 Stunden hat.

Alle beschriebenen Komponenten sind kompakt in einem Gehäuse mit USB-Schnittstelle verpackt. Das Gehäuse wird an der Außenseite (der Läuferin bzw. dem Läufer abgewandte Seite) des Stockrohres nahe dem Griffansatz befestigt. Im Stockgriff befindet sich der entkoppelte Stockkraftsensor, der mit einem kurzen Kabel für Stromversorgung und Messsignal mit der Messelektronik (Gehäuse) verbunden ist. Auf diese Weise sind die Messstöcke wie normale Skistöcke verwendbar – ohne Verkabelung und ohne Funkverbindung. Vor der Messung wird das System über eine USB-Verbindung (beide Stücke zeitgleich) initialisiert. Die Quarze der autonomen Timer sind von hoher Synchronität, so dass über einen Zeitraum von 30 Minuten Gangabweichungen zwischen den Messungen in beiden Stöcken im Bereich von weniger als 3 Samples ( $< 0.0075$  s bei 400 Hz) gemessen wurden. Die Synchronisation mit Videosystemen erfolgt über ein weiteres DX-3 Board mit Analog-Eingang, das gegebenenfalls die Bildtrigger-Signale von Videokameras aufzeichnen kann. Somit ist eine bildgenaue Zuordnung der Messergebnisse (Stockkräfte und Lagewinkel) möglich.



Abb.2: Sensorstöcke mit im Griff integrierten Axialkraftsensoren und einer Messbox mit IMU, Datenlogger und Stromversorgung.

Für den Einsatz unter Feld- bzw. Trainingsbedingungen wurde ein spezielles Software-Modul entwickelt, mit dem die Sensorfunktionen der IMU und der angeschlossenen Peripherie (Kraftmessdaten) konfiguriert werden können. Nach dem synchronen Starten des Messvorganges in beiden Stöcken (links und rechts) sowie der Triggerbox für Videosynchronisation kann über einen Zeitraum von über einer Stunde mit hoher Messfrequenz (400 Hz bei IMU-Daten und 1600 Hz bei den Analog-Kanälen für die Kraftmessung) gemessen werden.

Die Daten werden nach der Messung über eine USB-Leitung auf einen PC übertragen und als CSV-Datei abgespeichert. Mit einer komfortablen Messoberfläche lassen sich die Messdaten im Überblick darstellen und gegebenenfalls interessierende Zeitabschnitte für weitere Berechnungen und Analysen selektieren. Die Berechnung der Stocklage wurde mit einem aufwendigen Algorithmus von Madgwick (2010) und Madgwick et al. (2011) durchgeführt. Dieser basiert auf Komplementärfiltern und hat sich als wesentlich robuster und zuverlässiger erwiesen als die in Industrieanwendungen üblichen Kalman-Filter.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Mit dem Mess-System kann nun auch über längere Strecken der Zeitverlauf der Stockkräfte bestimmt werden. Die Zuordnung der Position der Läuferin bzw. des Läufers auf einer Trainingsrunde kann entweder durch GPS-Synchronisation oder anhand des Luftdruck-Profiles erfolgen. Der von den Modulen aufgezeichnete Luftdruck ist empfindlich genug, um Streckenprofile ablesen zu können (sofern die Laufstrecke Höhendifferenzen enthält).

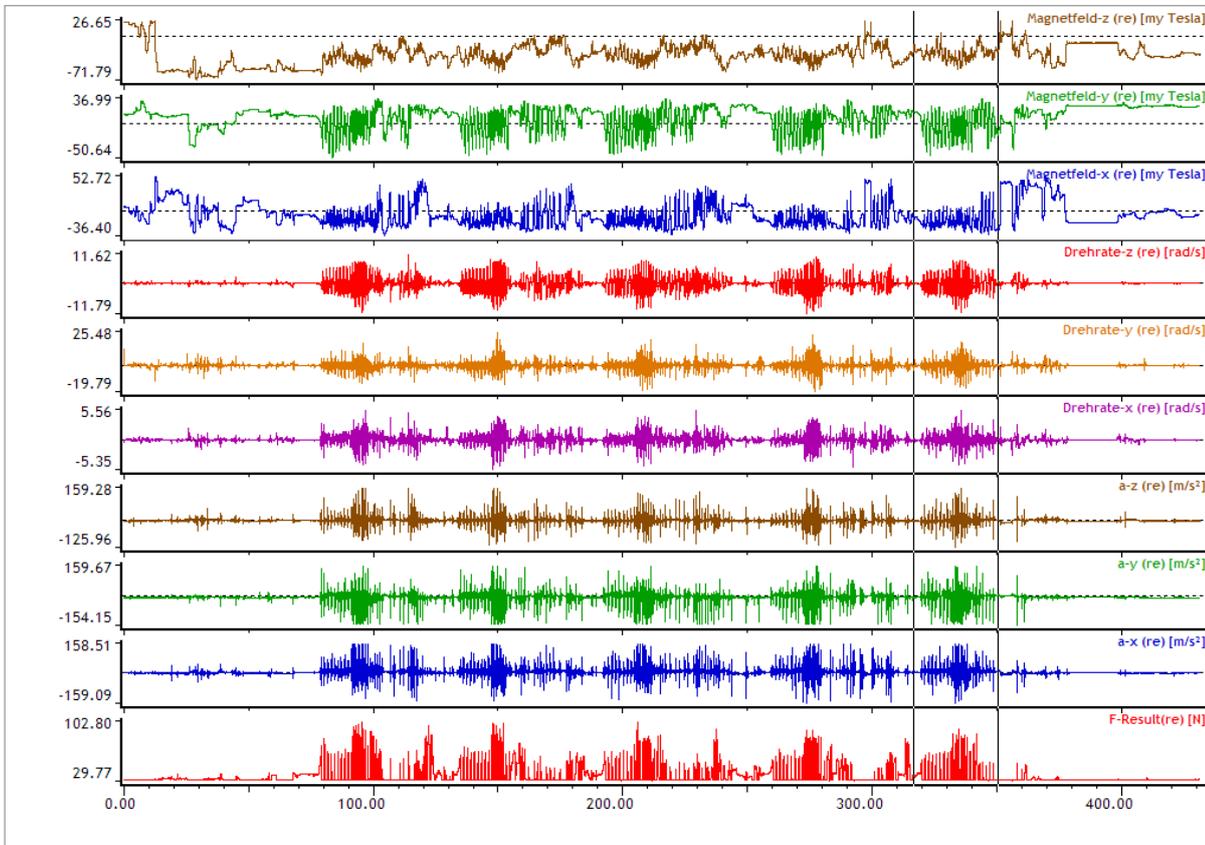


Abb.3: Messdatensatz (nur rechter Stock) für ein Intervalltraining mit 5 Runden (Zeit in s).

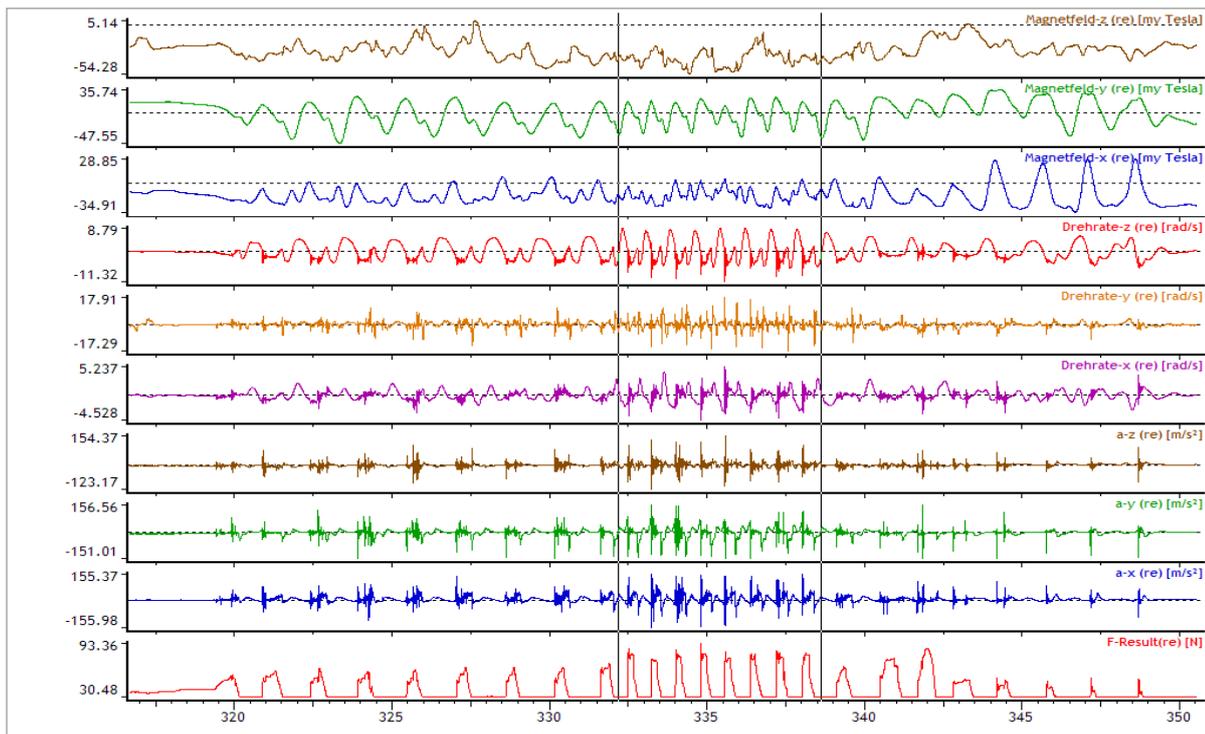


Abb.4: Ausschnitt der Runde 5 aus Messdatensatz von Abb.3 (t in s).

Klassische Kalman- und auch Komplementärfilter benutzen zur Driftkompensation Informationen der Beschleunigungssensoren. Da aber beim Impact (Stockaufsatz) extreme Beschleunigungen auftreten, aus denen sich die Schwerkrafttrichtung nicht separieren lässt, führt diese Methode zu Fehlern bei der Winkelberechnung. Um diesen Impacteinfluss zu eliminieren, wurde der Algorithmus für diesen Zeitbereich modifiziert und die Wichtung der Drehratendaten temporär höher gesetzt. Die betreffenden Zeitabschnitte wurden anhand von Zusatzinformationen aus den Stockkraftdaten definiert. So gelang es, die Winkelverläufe in der Sagittalebene (Schwungwinkel) sehr realistisch aus den IMU-Daten zu berechnen.

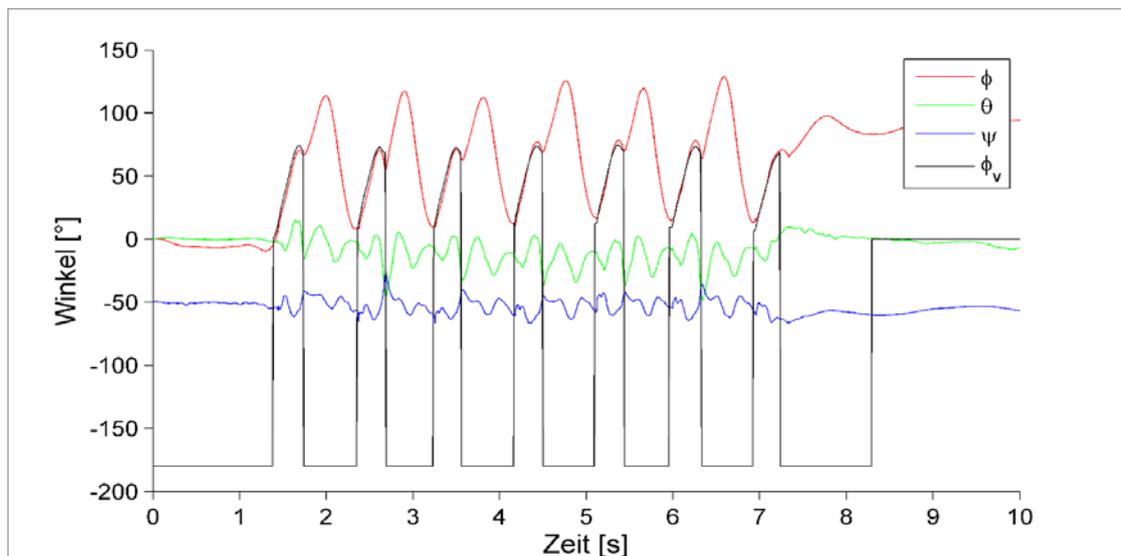


Abb.5: Ergebnisse der 3D-Stockwinkel nach Integration aus Drehraten, Beschleunigungsvektoren und Magnetfeld-Daten. Der Anfangswinkel der Laufrichtung wurde auf  $-50^\circ$  gesetzt. (rot Schwungwinkel Sagittalebene, grün: Neigung quer/seitlich, blau: Rotationswinkel von oben = Schwungrichtung mit Längsachsenrotation, schwarz: Schwungwinkel Sagittalebene aus Videomessung – nur Stützphase).

Auf dem Gebiet der Datenvisualisierung wurden ebenfalls neue Optionen entwickelt. Die wichtigste ist, dass nun eine Kopplung von Videobildsequenzen von Aufnahmen auf der freien Strecke mit Stocksensordaten möglich ist.

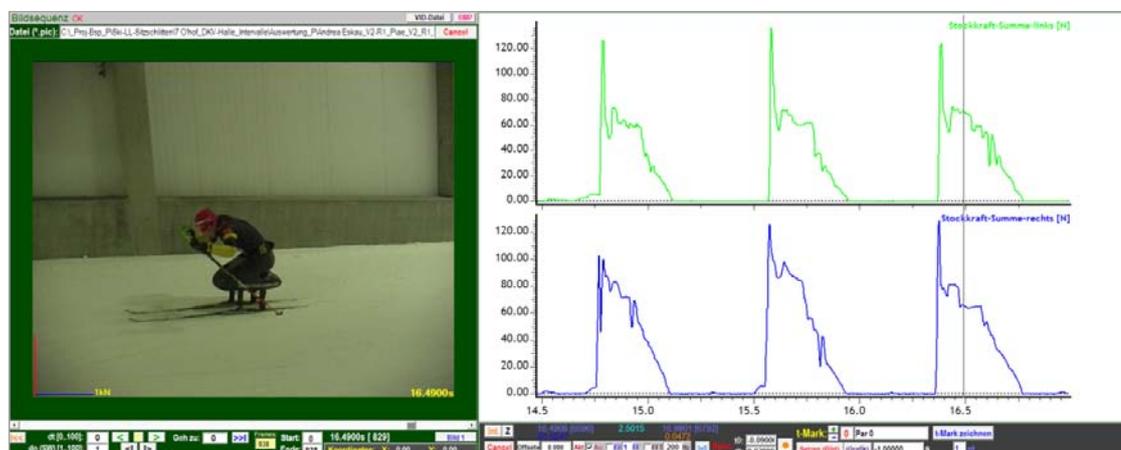


Abb.6: Bildgenaue Zuordnung der Stockkraft-Daten beim Laufen auf freier Strecke (z. B. in der Skihalle).

## 4 Literatur

- Madgwick, S.O.H., Harrison, A.J.L. & Vaidyanathan, R. (2011). *Estimation of IMU and MARG orientation using a gradient descent algorithm*. Rehabilitation Robotics (ICORR), 2011 IEEE International Conference. June 29 2011-July 1 2011 doi: 10.1109/ICORR.2011.5975346.
- Madgwick, S.O.H. (2010). *An efficient orientation Filter for inertial and inertial/magnetic sensor arrays*. Internal Report.
- Rapp, W., Wank, V., Lindinger, S., Göpfert, C., Ohtonen, O., Lemmettylä, T. & Linnamo, V. (2012). Pole force measurement and inertial sensor technology in cross-country skiing. In V. Linnamo & S. Lindinger (Eds.), *Science and Nordic Skiing- ICSNS 2012* (S. 243-251). Jyväskylä (Fin): University Press.
- Wank, V., Heger, H., Schwarz, M., Rapp, W., Blab, F. & Schwarz, O. (2012). Entwicklung von leistungsdiagnostischen Methoden im Langlauf der Sitzschlittensfahrerinnen und -fahrer (AZ 080402/11). In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2011/12* (S.101-106). Köln: Sportverlag Strauß.
- Wank, V., Heger, H. & Rapp, W. (2014). Optimierung der Lauftechnik entsprechend den individuellen Voraussetzungen der Athleten im Sitzschlitten-Skilanglauf (AZ IIA1-070403/13). In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch 2012/13* (S.141-146). Köln: Sportverlag Strauß.
- Wank, V., Rapp, W., Blab, F., Heger, H. & Schwarz, O. (2014). Die Optimierung der Lauftechnik im Sitzschlitten-Skilanglauf auf der Basis von Schubkraftmessungen. In T. Milani & C. Maiwald (Hrsg.), *Neue Ansätze in der Bewegungsforschung. Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, Bd. 235* (S. 119-124). Hamburg: Czwalina.

# Trainingsinduzierte Adaptation der mechanischen und morphologischen Eigenschaften der Sehne – Effekt der Dehnungsrate und Dehnungsdauer der Sehne

(AZ: 070501/11-13)

*Sebastian Bohm & Adamantios Arampatzis (Projektleiter)*

Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Sportwissenschaft,  
Abteilung für Trainings- und Bewegungswissenschaften

## 1 Problem

Sehnen übertragen die Muskelkräfte auf den Knochen und ihre mechanischen Eigenschaften tragen zur Effizienz alltäglicher Bewegungen bei (Karamanidis, Arampatzis & Mademli, 2008; Lichtwark, Bougoulias & Wilson, 2007) bzw. determinieren athletische Performance wie Sprintleistung (Stafilidis & Arampatzis, 2007) und Laufökonomie (Albracht & Arampatzis, 2013). Desweiteren sind Sehneneigenschaften vor dem Hintergrund der Prävention von Sehnenverletzungen höchst relevant (Fredberg, Bolvig & Andersen, 2008). Sehnen sind anpassungsfähig auf mechanische Belastungen. Die externe Dehnung (Deformation) der Sehne infolge von Muskelkontraktionen wird auf die mechanosensitiven Sehnenzellen übertragen und initiiert Molekularreaktionen, die die mechanischen, morphologischen und Materialeigenschaften von Sehnen bestimmen (Heinemeier & Kjaer, 2011; Lavagnino & Arnoczky, 2005). Mechanobiologisch können vier Parameter der Dehnung den adaptiven Stimulus beeinflussen: die Magnitude, die Frequenz, die Dauer und die Rate (Arnoczky, Tian, Lavagnino, Gardner, Schuler, Morse, 2002; Yamamoto, Kogawa, Tokura, Hayashi, 2005). Jüngste Interventionsstudien unserer Arbeitsgruppe zeigten, dass eine hohe Magnitude (4.5-5.0 %) nötig ist, um Anpassungsreaktionen der Sehne auszulösen und dass eine niedrigere Frequenz stärkere Adaptation hervorruft (0,17 Hz vs. 0,5 Hz) (Arampatzis, Karamanidis & Albracht, 2007; Arampatzis, Peper, Bierbaum & Albracht, 2010). Ein zusätzlicher Effekt der Dehnungsdauer und Dehnungsrate wurde bisher nicht untersucht. Das Sehnenewebe weist viskoelastische Eigenschaften auf (Wang, 2006), sodass die Übertragung der externen Dehnung auf die Sehnenzellen vermutlich zeitabhängig ist und damit eine längere Dehnungsdauer einen zusätzlichen Stimulus darstellt. Weiterhin wurden dehnungsrateabhängige Flüssigkeitsverschiebungen und assoziierte Schubspannungen an der Zellwand als ein weiterer Anpassungsreiz *in vitro* identifiziert (Giori, Beaupre, Carter, 1993; Lavagnino, Arnoczky, Kepich, Caballero, Haut, 2008). Die vorliegende Studie untersucht den Effekt der Dehnungsdauer und der Dehnungsrate auf die Plastizität der mechanischen, morphologischen und Materialeigenschaften der Sehne *in vivo*. Die Dauer und die Rate werden in Bezug zu einem Referenzprotokoll, welches die stärksten Anpassungen in unseren früheren Studien zeigte (Arampatzis, Karamanidis & Albracht, 2007), moduliert. Aufgrund der dargestellten Mechanismen stellen wir die Hypothesen auf, dass (a) eine längere Dehnungsdauer und (b) eine höhere Dehnungsrate der Achillessehne eine stärkere Anpassung der Sehneneigenschaften im Vergleich zum Referenzprotokoll hervorrufen.

## 2 Methode

Zur Untersuchung des Effektes der Dehnungsdauer und der Dehnungsrate wurden zwei separate Trainingsinterventionen (14 Wochen, 4 x/Woche, 5 Sätze) durchgeführt sowie eine passive Kontrollgruppe rekrutiert (N = 13). Die Achillessehne wurde durch isometrischen Plantarflexionen bei 90 % der maximal willkürlichen Kontraktionskraft, die einer hohen Sehnenelastizität entspricht, belastet (Arampatzis, Karamanidis, Albracht, 2007). In beiden Interventionen wurde je ein Bein randomisiert mittels des Referenzprotokolls trainiert (4 x 3 s Belastung/3 s Entspannung, Abb. 1). In der ersten Intervention (N = 14) wurden auf dem zweiten Bein 72 Einbeinsprünge pro Satz absolviert, um die Dehnungsrate gegenüber dem Referenzprotokoll mittels der kurzen Bodenkontaktzeiten während des Springens zu modulieren (Faktor ~3, Abb. 1). In der zweiten Intervention (N = 12) wurde eine einzelne 12-sekündige Kontraktion trainiert und damit eine viermal längere Dehnungsdauer appliziert (Abb. 1). Das Belastungsvolumen (Plantarflexionskraft über die Zeit) wurde in allen Protokollen gleichgehalten.

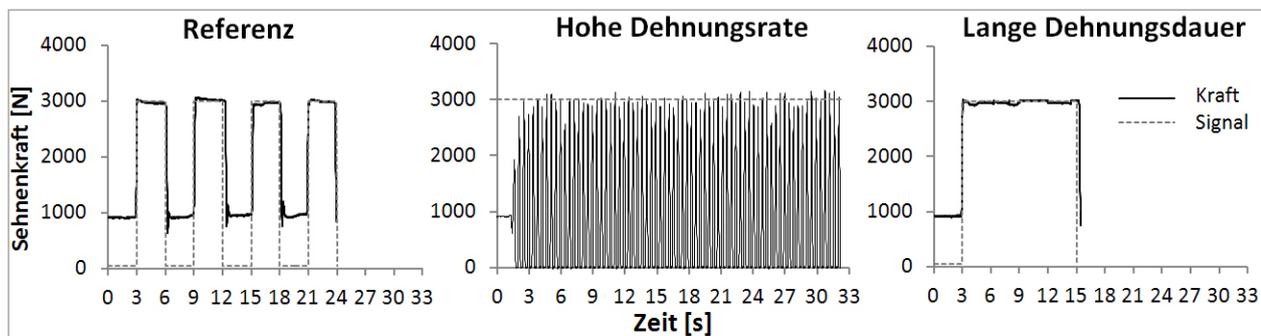


Abb. 1: Belastungsprofil des Referenzprotokolls (4 x 3 s Belastung/3 s Entspannung), des Protokolls mit hoher Dehnungsrate (72 Einbeinsprünge, Erhöhung um Faktor ~3) und mit langer Dehnungsdauer (1 x 12 s Belastung, Erhöhung um Faktor 4) der beiden Interventionen (14 Wochen, 4 x/Woche, 5 Sätze) mit dem selben Belastungsvolumen. Plantarflexionen bei 90 % der maximal willkürlichen Kraft (hohe Dehnungsmagnitude) wurden zur Belastung der Sehne verwendet. Signal: Signal zur Kontrolle der Magnitude und des Belastungsvolumens, Kraft: Plantarflexionskraft über die Zeit

Vor und nach den Interventionen wurden die Sehne aus Magnetresonanztomographiebildern (G-Scan, Esaote, Italy, 0,25 T, 3D HYCE, Schichtdicke 3 mm) rekonstruiert und ihr mittlerer Querschnitt berechnet. Zur Quantifizierung der Sehnensteifigkeit und des Young's modulus führten die Testpersonen maximale Plantarflexionen auf einem Dynamometer (Biodex-System 3, Biodex Medical Systems Inc., USA) aus, bei der die korrespondierende Sehnenelongation mittels Ultraschographie (My Lab 60, Esaote, Italy) analysiert wurde. Die resultierende Kraft-Elongations-Kurve diente der Berechnung der Steifigkeit und nach Umrechnung in das Spannungs-Dehnungs-Verhältnis der Kalkulation des Young's modulus. Eine Varianzanalyse für wiederholte Messungen wurde angewandt, um die Effekte der Intervention und der Protokolle zu prüfen (Signifikanzniveau  $\alpha = 0,05$ ).

### 3 Ergebnisse

Das Referenzprotokoll und das Protokoll mit langer Dehnungsdauer induzierte eine signifikante Zunahme ( $p < 0,05$ ) der Sehnensteifigkeit (57 % vs. 25 %, Abb. 2), des Young's modulus (51 % vs. 17 %) und der Querschnitte (4,2 % vs. 5,3 %). Die Zunahme der Steifigkeit und des Young's modulus war stärker ausgeprägt infolge des Trainings mit dem Referenzprotokoll. Obgleich eine regionspezifische Sehnenhypertrophie auch nach dem Training mit der hohen Dehnungsrate detektiert wurde, zeigte die Steifigkeit ( $p = 0,08$ ) und der Young's modulus ( $p = 0,09$ ) nur eine tendenzielle Zunahme. Die Sehneigenschaften der Kontrollgruppe blieben unverändert ( $p > 0,05$ ).

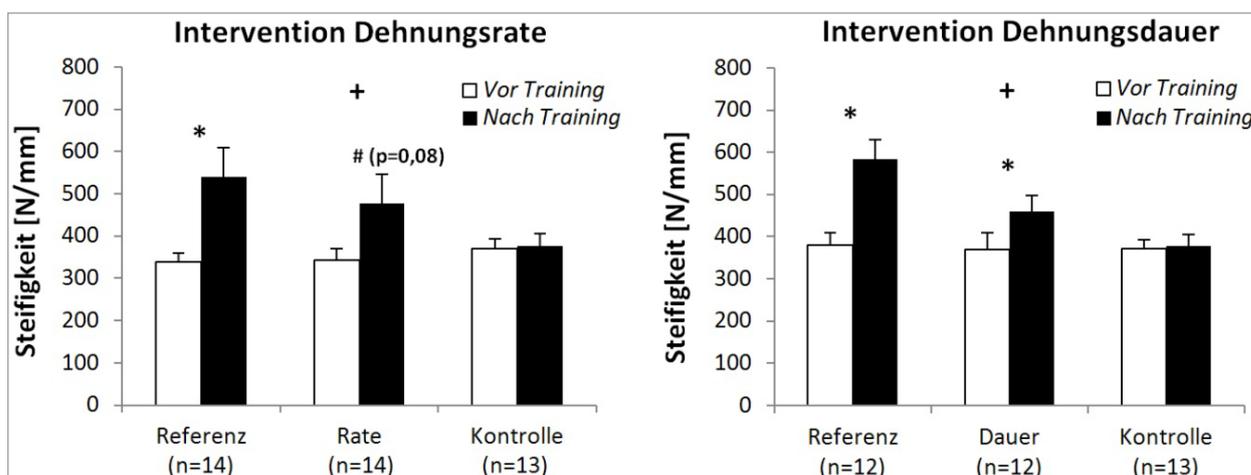


Abb. 2: Steifigkeit der Achillessehne (Mittelwert  $\pm$  Standardfehler) vor (Vor Training) und nach (Nach Training) den Trainingsinterventionen Dehnungsrate und Dehnungsdauer mit dem entsprechenden Referenzprotokoll (Referenz), dem Protokoll mit hoher Dehnungsrate (Rate) und langer Dehnungsdauer (Dauer) sowie für die Kontrollgruppe (Kontrolle).

+ Statistisch signifikante Interaktion der Faktoren Intervention und Protokoll ( $p < 0,05$ ).

\* Statistisch signifikanter Unterschied zwischen vor und nach der Intervention ( $p < 0,05$ ).

(#) Tendenz zu einem Unterschied zwischen vor und nach der Intervention ( $p = 0,08$ ).

### 4 Diskussion

Die Ergebnisse zeigten eine deutliche Zunahme der Sehnensteifigkeit, des Querschnittes und des Young's modulus infolge des Trainings mit dem Referenzprotokoll und dem Protokoll mit langer Dehnungsdauer aber nicht infolge des Protokolls mit hoher Dehnungsrate. Da keine zusätzlichen Effekte einer langen Dauer und hohen Rate gefunden wurden, mussten beide Hypothesen verworfen werden. Es kann vermutet werden, dass infolge der viskoelastischen Sehnengewebeeigenschaften, die Zeit zur Übertragung der externen Dehnung auf die Sehnenzellen als Anpassungsreiz bei den Einbeinsprüngen (Protokoll hohe Dehnungsrate) zu kurz war und den potenziellen Stimulus der flüssigkeitsverschiebungsassoziierten Schubspannung übertrafen. Die Anpassungen der Steifigkeit und des Young's modulus waren stärker ausgeprägt infolge des Referenzprotokolls im Vergleich zum Protokoll mit langer Dauer. Dieses Ergebnis deutet an, dass obwohl eine bestimmte Dehnungsdauer notwendig ist, der zusätzliche Effekt einer längeren Dauer limitiert ist und der repetitiven Belastung des Referenzprotokolls unterlegen war. Scheinbar erfolgte die Dehnungsübertragung auf zellulärer Ebene als effektiver Adaptationsreiz bereits innerhalb der ersten 3 Sekunden.

Als allgemeine Trainingsregeln für eine effektive Anpassung der Sehne lässt sich ableiten:

- › Trainingsprotokolle sollten hohe Muskelkräfteeinsätze berücksichtigen, um effektive Reize zur Adaptation der Sehne zu bieten, da nur starke aktive Muskelkontraktionen eine hohe Dehnung der Sehne auslösen.
- › Die Dauer der Muskelkontraktion und damit indirekt die Dehnung der Sehne sollte mindestens 3 Sekunden gehalten werden, um eine effektive Übertragung der externen Dehnung auf zellulärer Ebene zu gewährleisten. Bei dynamischen Übungen sollten konsequenter Weise geringe Ausführungsgeschwindigkeiten gewählt werden.
- › Repetitive Belastungen sind geeigneter als konstant langanhaltende Belastungen und höhere Dehnungsraten durch plyometrisches Training scheinen zur Verbesserung der Sehneneigenschaften wenig effektiv.

## 5 Literatur

- Albracht, K. & Arampatzis, A. (2013). Exercise-induced changes in triceps surae tendon stiffness and muscle strength affect running economy in humans. *European journal of applied physiology*, 113, 1605–1615.
- Arampatzis, A., Karamanidis, K. & Albracht, K. (2007). Adaptational responses of the human Achilles tendon by modulation of the applied cyclic strain magnitude. *Journal of experimental biology*, 210, 2743–2753.
- Arampatzis, A., Peper, A., Bierbaum, S. & Albracht, K. (2010). Plasticity of human Achilles tendon mechanical and morphological properties in response to cyclic strain. *Journal of biomechanics*, 43, 3073–3079.
- Arnoczky, S.P., Tian, T., Lavagnino, M., Gardner, K., Schuler, P. & Morse, P. (2002). Activation of stress-activated protein kinases (SAPK) in tendon cells following cyclic strain: the effects of strain frequency, strain magnitude, and cytosolic calcium. *Journal of orthopedic research*, 20, 947–952.
- Fredberg, U., Bolvig, L., & Andersen, N.T. (2008). Prophylactic training in asymptomatic soccer players with ultrasonographic abnormalities in Achilles and patellar tendons: the Danish Super League Study. *American journal of sports medicine*, 36, 451–460.
- Giori, N., Beaupre, G., & Carter, D. (1993). Cellular-Shape and Pressure May Mediate Mechanical Control of Tissue Composition in Tendons. *Journal of orthopedic research*, 11, 581–591.
- Heinemeier, K.M. & Kjaer, M. (2011). In vivo investigation of tendon responses to mechanical loading. *Journal of musculoskeletal and neuronal interaction*, 11, 115–123.
- Karamanidis, K., Arampatzis, A. & Mademli, L. (2008). Age-related deficit in dynamic stability control after forward falls is affected by muscle strength and tendon stiffness. *Journal of electromyography and kinesiology*, 18, 980–989.
- Lavagnino, M. & Arnoczky, S.P. (2005). In vitro alterations in cytoskeletal tensional homeostasis control gene expression in tendon cells. *Journal of orthopedic research*, 23, 1211–1218.
- Lavagnino, M., Arnoczky, S.P., Kepich, E., Caballero, O. & Haut, R.C. (2008). A finite element model predicts the mechanotransduction response of tendon cells to cyclic tensile loading. *Biomechanics and modeling in mechanobiology*, 7, 405–416.

- Lichtwark, G.A., Bougoulias, K. & Wilson, A.M. (2007). Muscle fascicle and series elastic element length changes along the length of the human gastrocnemius during walking and running. *Journal of biomechanics*, 40, 157–164.
- Stafilidis, S. & Arampatzis, A. (2007). Muscle – tendon unit mechanical and morphological properties and sprint performance. *Journal of sports sciences*, 25, 1035–1046.
- Wang, J.H.-C. (2006). Mechanobiology of tendon. *Journal of biomechanics*, 39, 1563–1582.
- Yamamoto, E., Kogawa, D., Tokura, S. & Hayashi, K. (2005). Effects of the frequency and duration of cyclic stress on the mechanical properties of cultured collagen fascicles from the rabbit patellar tendon. *Journal of biomechanical engineering*, 127, 1168–1175.

### **Projektbezogene Veröffentlichungen**

- Bohm, S., Mersmann, F., Marzilger, R., Schroll, A. & Arampatzis, A. (2014). Asymmetry of Achilles tendon mechanical and morphological properties between both legs. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, doi: 10.1111/sms.12242.
- 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. (Revision).
- Bohm, S., Mersmann, F., & Arampatzis, A. (2014) Chronic Mechanical Loading and Tendon Adaptive Responses: A Systematic Review and Meta-Analysis. (Revision).

### **Transfer:**

- Kongress: European Society of Sport Biomechanics
- Kongress: European College of Sport Science
- Trainer-Weiterbildungen



# Auswirkungen von dynamischen Kraftbelastungen und simultaner elektrischer Stimulation auf akute metabolische, enzymatische und hormonelle Reaktionen sowie langfristige Anpassungen differentieller Kraft-, Ausdauer- und Schnelligkeitsparameter an einen 6-wöchigen Trainingsblock

(AZ 070509/13)

*Nicolas Wirtz & Heinz Kleinöder (Projektleiter)*

Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik

## 1 Problem

Elektromyostimulation (EMS) ist als effektiver Reiz etabliert, um Kraft-, Sprint- und Sprungfähigkeiten von Athletinnen und Athleten zu verbessern (Review von Filipovic, Kleinöder et al., 2012). Die Ergebnisse der meisten Studien basieren auf EMS-Interventionen mit zumeist maximaler Stimulation in isometrischen oder rein konzentrischen Kontraktionsphasen. Zudem beschränkt sich die Stimulation isoliert auf einzelne Muskelgruppen, im speziellen oft auf den Beinstrecker. Solche maximal tolerierbaren Stromstärken lassen nur eine eingeschränkte willkürliche Bewegungsregulation zu. Die Kombination von hochintensiven mechanischen Kraftbelastungen und submaximaler EMS bei dynamischer Bewegungsausführung kann Vorteile beider Methoden vereinen. Dies sind neuronale und strukturelle Anpassungen an intensive mechanische Reize und EMS-spezifische Anpassungen aufgrund der höheren Aktivierung schneller Muskelfasern (Maffiuletti, Pensini et al., 2002; Paillard, 2008). Hinzu kommt eine höhere Aktivierung und Kraftentfaltung über das gesamte Bewegungsausmaß (Paillard, Noe et al., 2005). Diese Art des Trainings könnte effektiver als die Stimulation eines einzelnen Muskels bei einer bestimmten Länge funktionelle Fähigkeiten wie Sprung- und Sprintleistungen verbessern. Zusätzlich zur submaximalen Stimulation der Muskulatur über ein festgelegtes Bewegungsausmaß in dynamischer Ausführung können moderne Ganzkörper-EMS Geräte außerdem mehrere Muskelgruppen simultan ansteuern und so Muskelketten unterstützend stimulieren und dadurch das Training intensivieren. Durch die simultane Stimulation von Agonisten und Antagonisten kann auch eine größere Körper- und Gelenkstabilisation erreicht werden. Um die Intensivierung der Methode beurteilen zu können, sollten physiologische Reaktionen und Effekte auf athletische Fähigkeiten untersucht werden.

## 2 Methode

Um die Effekte der Überlagerung beider Trainingsreize zu untersuchen, wurde die Kniebeuge als eine typische Übung zur Verbesserung der Kraft-, Sprint- und Sprungkraftfähigkeiten gewählt (Cormie, McGuigan et al., 2010). Während dieser Übungsform mit einer Zusatzlast (10 RM) wurden die Hauptmuskelgruppen der Beine und des Rumpfes bei maximaler Reizintensität unter Berücksichtigung der grundsätzlichen Bewegungsfähigkeit stimuliert (ca. 70 % des individuellen Schmerzmaximums). Es wurde untersucht, welche physiologischen Reaktionen (VO<sub>2</sub>, Laktat, hormonelle Blutparameter) während und nach dynamischem Training mit mechanischen Reizen und EMS-Überlagerung auf-

treten und welche Effekte ein 6-wöchiger Trainingsblock auf athletische Fähigkeiten hat. Hierzu haben 2 Trainingsgruppen identisch standardisierte, dynamische Kraftbelastungen (Kniebeugen mit Zusatzlast) durchgeführt, wobei eine Gruppe mit simultan applizierter EMS trainierte (S = „Strength“-Gruppe; S+E = „Strength+EMS“-Gruppe). Hauptmerkmal der Intervention war die Anwendung von EMS in dynamischer Bewegungsausführung von Muskelketten und simultaner Stimulation agonistischer und antagonistischer Muskulatur der Hauptmuskelgruppen (Rumpf-, Gesäß-, Ober- und Unterschenkelmuskulatur). Der Studienverlauf und die Standardisierung der Methode sind in Tab. 1-2 dargestellt.

Tab. 1: Studienverlaufsplan.

Studienwoche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Training 2x/Woche		x	x	x	x	x	x			
DOMS vor und nach jeder TE		x	x	x	x	x	x			
Leistungsdiagnostik	x							x		x
Trainingsbegleitende Diagnostik (VO <sub>2</sub> , Laktat, Hormone)		x					x			

Tab. 2: Standardisierung der Belastungsmerkmale (x1-13) für beide Gruppen (S; S+E) nach Toigo und Boutilier (2006) und zusätzliche EMS-spezifische Belastungsmerkmale (y1-5) für die Gruppe S+E nach Lake (1992).

Belastungsmerkmale	Standardisierung
Zusatzlast (x1)	10 RM
Wiederholungszahl (x2)	10
Anzahl der Serien (x3)	4
Pause zwischen den Serien [s] (x4)	90
Trainingseinheiten [pro Woche] (x5)	2
Dauer des Trainingsblocks [Wochen] (x6)	4
Gestaltung der Kontraktionsphasen (vorgegebene Dauer [s] für kon-, exzentrische und isometrische Phase: (k-i-e-i) (x7)	2-1-2-1
Pause zwischen den Wiederholungen (x8)	-
Zeit unter Spannung [s] (x9)	240
Bewegungsausmaß (x11)	Kniewinkel: 90°-180°
Trainingspause zwischen den Trainingseinheiten [h] (x12)	min. 48
Übungsform (x13)	Kniebeuge
Impulszeit und Impulspause („duty-cycle“) während einer Wiederholung [s] (y1)	5-1 (83 %)
Impulsart (y2)	Bipolar
Impulsintensität (y3)	individuell submaximal (70 %)
Impulsbreite (y4)	400 µs
Impulsanstieg (y5)	Rechteckförmig
Stimulationsfrequenz (y6)	85 Hz

Zur Überprüfung der Leistungsfähigkeit wurden vor und nach dem 6-wöchigen Trainingsblock innerhalb folgender Diagnostikverfahren Parameter erhoben: Stufentest (VO<sub>2</sub>max, Laktat, V<sub>2</sub> und V<sub>4</sub>-Schwelle); Wingate Test (Peak-Power); 30-m-Linearsprint und 3 x 10-m-Pendelsprint (Zeit); Counter Movement Jump (Sprunghöhe), Drop Jump (Sprunghöhe und Kontaktzeit); differentielle Kraftdiagnostik in der Leg Press und Leg Curl Machine (F<sub>max</sub>, P<sub>max</sub>), sowie Abdominal Press und Back Extension Machine (F<sub>max</sub>).

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Die wesentlichen Ergebnisse der Untersuchungen sind, dass keine signifikanten Unterschiede in physiologischen Reaktionen auftreten und beide Gruppen ähnlichen Anpassungen unterliegen. EMS simultan zu ausbelastenden mechanischen Kraftbelastungen scheint akut kaum oder nur geringe zusätzliche Effekte auf den Organismus zu haben. Im Bereich der Kraftanpassungen der Beinmuskulatur sind die Effekte ebenfalls ähnlich zwischen den Gruppen, mit zusätzlich spezifischen Verbesserungen der Beinbeugemuskulatur für die S+E-Gruppe. Diese Verbesserungen konnten allerdings nicht in die Bewegungsspezifik des Linearsprints übertragen werden. Anschließende Untersuchungen sollten Programme zum Übertrag dieses gewonnenen Potentials in die Bewegungsspezifik (Utilisation) entwickeln und überprüfen. Beide Gruppen zeigten signifikante Verbesserungen in Sprungkraftfähigkeiten und keine signifikanten Veränderungen der Ausdauerfähigkeiten.

Tab. 4: Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung der Gruppen „Strength“ (S) und „Strength + EMS“ (S+E) für Parameter der Intensitätsbeschreibung bei Trainingseinheit 1 (TE1) und TE12 [\* = signifikant unterschiedlich zu TE1 ( $p < 0.05$ )], prozentuale Veränderung von TE1 zu TE12 (%Delta) und Effektstärken nach Cohen.

Parameter	Group	TE 1	TE 12	% Delta TE 1-12	Cohen's d (TE 1:12)
Zusatzlast (kg)	S+E	91,5 $\pm$ 12,5	106,5 $\pm$ 15,7*	+16,4	1,06
	S	85,0 $\pm$ 11,4	97,75 $\pm$ 15,9*	+15,0	0,92
Elektrische Reizintensität	S+E	28,3 $\pm$ 5,0	33,8 $\pm$ 5,8*	+19,6	1,02
	S	-	-	-	-
Sauerstoffaufnahme während der Belastung [L]	S+E	14,0 $\pm$ 2,7	15,7 $\pm$ 1,7*	+12,3	0,75
	S	13,6 $\pm$ 2,5	14,4 $\pm$ 2,3	+5,5	0,33
EPOC [L]	S+E	4,2 $\pm$ 1,1	5,3 $\pm$ 1,1*	+27,3	1,00
	S	3,7 $\pm$ 1,2	4,2 $\pm$ 1,5	+11,6	0,37
Laktatmaximum [mmol·L <sup>-1</sup> ]	S+E	8,0 $\pm$ 2,2	9,1 $\pm$ 1,6	+13,1	0,57
	S	6,4 $\pm$ 2,3	7,3 $\pm$ 2,0	+14,8	0,42
Delta CK pre-24h [U·L <sup>-1</sup> ]	S+E	375,5 $\pm$ 471,2	48,3 $\pm$ 195,9*	-327,2	0,91
	S	203,7 $\pm$ 391,3	19,1 $\pm$ 103,8*	-184,6	0,64

Tab. 5: Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung der leistungsdiagnostischen Parameter der Gruppen „Strength“ (S) und „Strength + EMS“ (S+E) für Kraftdiagnostik (LP: Leg Press; LC: Leg Curl), Stufentest ( $V_4 = 4$  mmol-Schwelle), Wingate Test (PP = Peak Power; MP = Mean Power), Sprint- (30 m linear und Pendelsprint) und Sprungtests (CMJ = Counter Movement Jump) vor (pre), nach (post) und 3 Wochen nach (re) der Intervention [ $*$  = signifikant unterschiedlich zu pre;  $\#$  = signifikant unterschiedlich zwischen den Gruppen ( $p < 0,05$ )], Effektstärken nach Cohen zwischen pre-post und pre-re.

	Parameter	Group	pre	post	re	Cohen's d (pre-post)	Cohen's d (pre-re)
LP	Frel (N·kg <sup>-1</sup> )	E+S	50,4 $\pm$ 3,3	63,3 $\pm$ 13,6*	64,8 $\pm$ 8,8*	1,30	2,16
		S	48,1 $\pm$ 11,1	57,8 $\pm$ 16,6*	61,8 $\pm$ 20,6*	0,69	0,83
	Prel (W·kg <sup>-1</sup> )	E+S	21,1 $\pm$ 3,6	22,3 $\pm$ 3,7	23,1 $\pm$ 4,5*	0,35	0,50
		S	19,6 $\pm$ 4,7	19,5 $\pm$ 4,6	21,0 $\pm$ 4,5	0,02	0,31
LC	Frel (N·kg <sup>-1</sup> )	E+S	18,0 $\pm$ 1,5	19,0 $\pm$ 1,5	19,5 $\pm$ 1,5*#	0,69	1,05
		S	15,7 $\pm$ 3,3	16,8 $\pm$ 2,5	15,8 $\pm$ 2,3	0,38	0,04
	Prel (W·kg <sup>-1</sup> )	E+S	9,8 $\pm$ 1,1	10,9 $\pm$ 1,5*	10,5 $\pm$ 1,3	0,85	0,50
		S	9,1 $\pm$ 2,0	9,1 $\pm$ 1,7	9,3 $\pm$ 2,1	0,01	0,14
Stufentest	VO <sub>2</sub> max (ml·min <sup>-1</sup> ·kg <sup>-1</sup> )	E+S	49,9 $\pm$ 3,3	49,9 $\pm$ 4,5	49,2 $\pm$ 4,0	0,00	0,19
		S	49,8 $\pm$ 3,9	49,1 $\pm$ 4,3	49,7 $\pm$ 4,7	0,17	0,02
	V <sub>4</sub> (W)	E+S	246 $\pm$ 41	246 $\pm$ 33	261 $\pm$ 36	0,00	0,39
		S	213 $\pm$ 35	226 $\pm$ 28	223 $\pm$ 33	0,41	0,29
Wingate Test	PP (W)	E+S	1111 $\pm$ 96	1101 $\pm$ 146	1165 $\pm$ 85	0,08	0,59
		S	1109 $\pm$ 125	1102 $\pm$ 85	1164 $\pm$ 84	0,06	0,52
	MP (W)	E+S	752 $\pm$ 53	744 $\pm$ 78	775 $\pm$ 56	0,12	0,42
		S	756 $\pm$ 86	770 $\pm$ 68	820 $\pm$ 95	0,18	0,70
Sprint- und Sprungtests	Linearsprint 30 m (s)	E+S	4,21 $\pm$ 0,09	4,24 $\pm$ 0,11	4,24 $\pm$ 0,09	0,30	0,33
		S	4,28 $\pm$ 0,17	4,26 $\pm$ 0,16	4,30 $\pm$ 0,17	0,12	0,12
	Pendelsprint 3 x 10 m (s)	E+S	7,52 $\pm$ 0,18	7,40 $\pm$ 0,20*	7,34 $\pm$ 0,20*	0,63	0,95
		S	7,55 $\pm$ 0,19	7,40 $\pm$ 0,21*	7,47 $\pm$ 0,18	0,75	0,43
	CMJ (cm)	E+S	38,4 $\pm$ 3,1	40,4 $\pm$ 3,7	41,1 $\pm$ 4,4*	0,58	0,70
		S	39,3 $\pm$ 5,6	42,4 $\pm$ 5,9*	43,0 $\pm$ 5,3*	0,54	0,68

Hinsichtlich metabolischer und hormoneller Parameter traten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen auf. Auch die erhöhte Trainingsintensität durch Zusatzlast und elektrische Reizintensität resultierte in ähnlichen hormonellen Reaktionen. Lediglich die Sauerstoffaufnahme während und nach der Belastung erhöhte sich für die S+E-Gruppe signifikant (+11,5 %) von TE1 zu TE12, nicht aber für die S-Gruppe (+4,6 %). Laktatkonzentrationen stiegen für beide Gruppen in TE12 über das Niveau von TE1 (S: +13,1 %; S+E: +14,8 %), allerdings nicht signifikant. CK ist für beide Gruppen 24 h nur nach TE1 signifikant erhöht (S: +72,8 %; S+E: +83,9 %) und nicht nach TE12 (S: +8,7 %; S+E: +14,6 %). Dieser Gewöhnungseffekt wurde auch in der Literatur bei Wiederholungen von mechanischen oder elektrischen Reizen gefunden (Aldayel, Jubeau et al., 2010). Trotz ähnlicher physiologischer Reaktionen während und nach TE1 traten gruppenspezifische Unterschiede in der Empfindung muskulärer Schmerzen auf, mit signifikant höheren Ratings der VAS 1-2 Tage nach dem Training für die S+E-Gruppe. Diese Muskelkatersymptome regulierten sich im Laufe der 6-wöchigen Trainingsperiode.

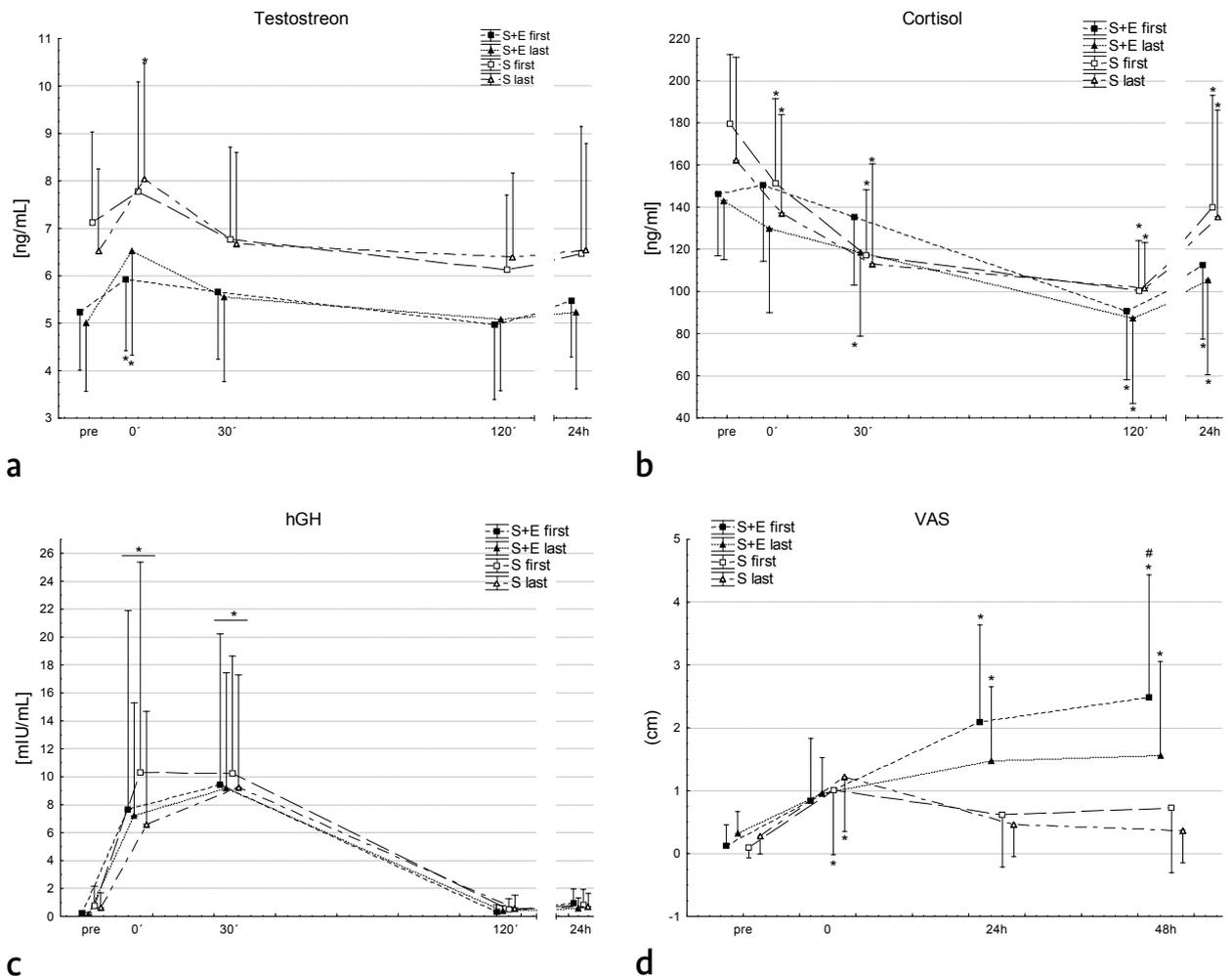


Abb. 1 a-d: Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung der Hormonparameter (a-c) und des Schmerzempfindens (d) für die Gruppen „Strength“ (S: schwarz) und „Strength + EMS“ (S+E: weiß) bei Trainings einheit (TE) 1 (first: Viereck) und TE 12 (last: Dreieck): a) Testosteron b) Cortisol c) human Growth Hormone und Schmerzempfindung anhand der d) Visual Analog Scale vor (pre) dem Training, bei Belastungsabbruch (0') und nach dem Training. \* = signifikant unterschiedlich zu pre; # = signifikant unterschiedlich zwischen den Gruppen.

Die Reaktionen von hGH, Cortisol und Testosteron unterschieden sich nicht zwischen TE1 und TE12. Dies zeigt, dass der Trainingsreiz durch die progressive Steigerung der Zusatzlast über die 12 Einheiten auch in der 12. Einheit noch groß genug ist, um Signalprozesse im Sinne von endokrinen Reaktionen auszulösen. Die Dauer und Höhe der Reaktionen ist vergleichbar mit ähnlichen Untersuchungen im Krafttraining (Raastad, Bjoro et al., 2000; McCaulley, McBride et al., 2009). Auch für Hormonausschüttungen nach EMS-Belastungen können vergleichbare Ergebnisse gefunden werden, auch wenn meist nur maximal isometrisch (Jubeau, Sartorio et al., 2008; Sartorio, Jubeau et al., 2008) oder exzentrisch (Matsuse, Nago et al., 2010) stimuliert wurde. In der durchgeführten Untersuchung dominiert hingegen der mechanische Reiz der Zusatzlast in dynamischer Bewegung und simultane EMS führt zu keiner stärkeren Reaktion des endokrinen Systems.

Zwar scheint ein hoch gewählter mechanischer Reiz die Belastung zu dominieren und Anpassungserscheinungen zu limitieren. Dennoch kann Gk-EMS als Hilfestellung für Ungeübte dienen, durch positive Auswirkungen auf Körperwahrnehmung und Gelenkstabilisierung. Als interessanter Aspekt auf hohem Leistungsniveau wurden Anpassungen der antagonistischen Muskulatur (Beinbeuger) gefunden. Die Methode bietet eine Alternative, rumpfstabilisierende (Rückenstreckung) und bei der Kniebeuge antagonistisch arbeitende Muskulatur (Beinbeuger) zu kräftigen. Folgende Untersuchungen sollten Reizkonstellationen entwickeln, welche die wiederholt gefundenen Vorteile von dynamischer EMS im Bereich der Kraftanpassungen in die Bewegungsspezifität übertragen können. Hierunter fallen sowohl typische Kraftbelastungen mit simultaner EMS und anschließender Utilisation, wobei die Zusatzlast geringer gewählt werden kann. Außerdem könnte dynamische EMS simultan zu sprint- oder sprungspezifischen Bewegungsformen (Lauf-ABC etc.) im Sinne eines kraftorientierten Techniktrainings durchgeführt werden.

## 4 Literatur

- Aldayel, A., Jubeau, M. et al. (2010). Less indication of muscle damage in the second than initial electrical muscle stimulation bout consisting of isometric contractions of the knee extensors. *European journal of applied physiology*, 108 (4), 709-717.
- Bird, S.P., Tarpenning, K.M. et al. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports medicine*, 35 (10), 841-851.
- Cormie, P., McGuigan, M.R. et al. (2010). Adaptations in athletic performance after ballistic power versus strength training. *Medicine and science in sports and exercise*, 42 (8), 1582-1598.
- Filipovic, A., Kleinoder, H. et al. (2012). Electromyostimulation – A Systematic Review of the Effects of Different EMS Methods on Selected Strength Parameters in Trained and Elite Athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 26 (9), 2600-2614.
- Jubeau, M., Sartorio, A. et al. (2008). Comparison between voluntary and stimulated contractions of the quadriceps femoris for growth hormone response and muscle damage. *Journal of applied physiology*. 104 (1), 75-81.
- Kreuzer, S.K.H. & Mester, J. (2006). Effects of whole body electro stimulation training and traditional strength training on various strength and blood parameters of juvenile elite water polo players. *Book of abstracts*. 11th Annual Congress of the European College of Sport Science, Lausanne.
- Lake, D.A. (1992). Neuromuscular electrical stimulation. An overview and its application in the treatment of sports injuries. *Sports medicine*, 13 (5), 320-336.
- Maffiuletti, N.A., Pensini, M. et al. (2002). Activation of human plantar flexor muscles increases after electromyostimulation training. *Journal of applied physiology*, 92 (4), 1383-1392.
- Matsuse, H., Nago, T. et al. (2010). Plasma growth hormone is elevated immediately after resistance exercise with electrical stimulation and voluntary muscle contraction. *The Tohoku journal of experimental medicine*, 222 (1), 69-75.
- McCaulley, G.O., McBride, J.M. et al. (2009). Acute hormonal and neuromuscular responses to hypertrophy, strength and power type resistance exercise. *European journal of applied physiology*, 105 (5), 695-704.

- Mester, J., Kleinöder, H. et al. (2010). Spezifizierung der Belastungsparameter und Trainingssteuerung beim Ganzkörper-Elektrostimulationstraining. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch-Forschungsförderung 2009/2010* (S. 141-153). Köln: Sportverlag Strauß.
- Mester, J., Nowak, S. et al. (2009). Kurz- und langfristige Trainingseffekte durch mechanische und elektrische Stimulation auf kraftdiagnostische Parameter. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch-Forschungsförderung 2008/2009* (S. 103-116). Köln: Sportverlag Strauß.
- Paillard, T. (2008). Combined application of neuromuscular electrical stimulation and voluntary muscular contractions. *Sports medicine*, 38 (2), 161-177.
- Paillard, T., Noe, F. et al. (2005). Neuromuscular effects of superimposed and combined transcutaneous electrical stimulation with voluntary activity: a review. *Annales de réadaptation et de médecine physique*, 48 (3), 126-137.
- Raastad, T., Bjoro, T. et al. (2000). Hormonal responses to high- and moderate-intensity strength exercise. *European journal of applied physiology*, 82 (1-2), 121-128.
- Sartorio, A., Jubeau, M. et al. (2008). GH responses to two consecutive bouts of neuromuscular electrical stimulation in healthy adults. *European journal of endocrinology*, 158 (3), 311-316.
- Toigo, M. & Boutellier, U. (2006). New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. *European journal of applied physiology*, 97 (6), 643-663.
- Wirtz, N., Dörmann, U., Kleinöder, H., Mester, J. (submitted). Effects of loaded squat exercise with and without application of superimposed EMS on physical performance. *Journal of strength and conditioning research*.



# Entwicklung und Evaluation einer handball-spezifischen Sprungdiagnostik

(AZ 070512/13)

Hermann Müller (Projektleiter), Jörg M. Jäger & Sascha Gail

Universität Gießen, Institut für Sportwissenschaft

## 1 Problem

Sprünge sind eine der wesentlichen Aktionen im Handball. Insbesondere der Sprungwurf stellt die am häufigsten angewendete Wurfart im Handball dar (Wagner et al., 2008). Entscheidend für den Erfolg eines Sprungwurfes ist neben Faktoren wie Wurfhärte und Wurfgenauigkeit insbesondere auch die Sprungleistung bzw. die Abwurfhöhe. Ein höherer Sprung ermöglicht es dem Werfenden, aus einer größeren Höhe abzuwerfen und damit den gegnerischen Abwehrblock zu überwerfen. Ein höherer Sprung mit längerer Flugphase erlaubt es darüber hinaus aber auch, die Wurfaktion in einem längeren Zeitfenster zeitlich zu variieren. Sprünge kommt daher im Handball insbesondere im Zusammenhang mit Sprungwürfen eine große Bedeutung für die Spielleistung zu. Aus diesem Grund führt der Deutsche Handballbund (DHB) auch eine Sprungleistungsdiagnostik im Rahmen der Talentsichtung durch (Pabst et al., 2010). Eine Diagnostik des Sprungleistungsvermögens von Handballspielerinnen und -spielern ist aber nicht nur zur Sichtung und Eignungsbeurteilung von Bedeutung, sondern auch im Rahmen der Trainingssteuerung relevant.

Für diese Diagnostik wird bisher meist der Jump-and-Reach-Test in Form des beidbeinigen Counter Movement Jumps eingesetzt. Ähnlich wie in anderen Sportarten soll damit die Ausprägung einer allgemeinen konditionellen Leistungsvoraussetzung erfasst werden, die man als „Sprungkraft“ bezeichnet. Der beim Jump-and-Reach-Test eingesetzte beidbeinige Sprung hat in seiner dynamisch kinematischen Struktur jedoch wenig Ähnlichkeiten mit den im Handball genutzten Sprungtechniken und korreliert daher auch nur wenig mit der Sprunghöhe beim Handball-Sprungwurf (Hübner et al., 2005). Die Sprunghöhe bei handballspezifischen Aktionen wird somit offensichtlich nicht nur durch eine gemeinsame zugrundeliegende allgemeine konditionelle Leistungsvoraussetzung determiniert, sondern wird auch wesentlich durch spezifische koordinative Voraussetzungen bestimmt. Für die Erfassung dieser spezifischen Leistungsanteile sollten demnach koordinativ ähnliche Testaufgaben verwendet werden. Pielbusch et al. (2011) berücksichtigen diese Spezifik und analysieren in ihrer Untersuchung speziell Würfe aus dem Rückraum. Das eigentlich relevante „Brutto“-Kriterium der Sprungleistung bei diesen Würfen, d. h. die erreichte Abwurfhöhe, wurde dabei jedoch nicht gemessen.

Konkretes Ziel des Projektes ist es daher, die für den Sprung beim Wurf aus dem Rückraum spezifischen anthropometrischen, konditionellen und koordinativen Leistungsanteile in ökonomischer Weise separat zu bestimmen. Dabei reicht es aber nicht aus, nur die Abwurfhöhe zu messen, da aus diesem Wert allein nicht auf die Anteile der einzelnen Faktoren geschlossen werden kann. Im Rahmen der Sprungdiagnostik werden daher vier primäre Messgrößen erfasst, die **Reichhöhe im Stand (RHST)**, die **Reichhöhe beim beidbeinigen Sprung (RHBS)**, die **Ballhöhe beim einbeinigen Sprung (BHES)** sowie die **Abwurfhöhe (ABWH)** (siehe Abb. 1). Aus den primären Messgrößen werden durch Differenzbildung drei Parameter berechnet (**Sprungkraft: SK** = RHBS – RHST, **Sprungtechnik: ST** = BHES – RHBS und **Wurftechnik: WT** = ABWH – BHES), die zusammen mit der Variablen „Größe“ (GR identisch mit RHST) die vier abgeleiteten Einflussgrößen darstellen, die die gewünschten separaten Leistungsanteile repräsentieren sollen.

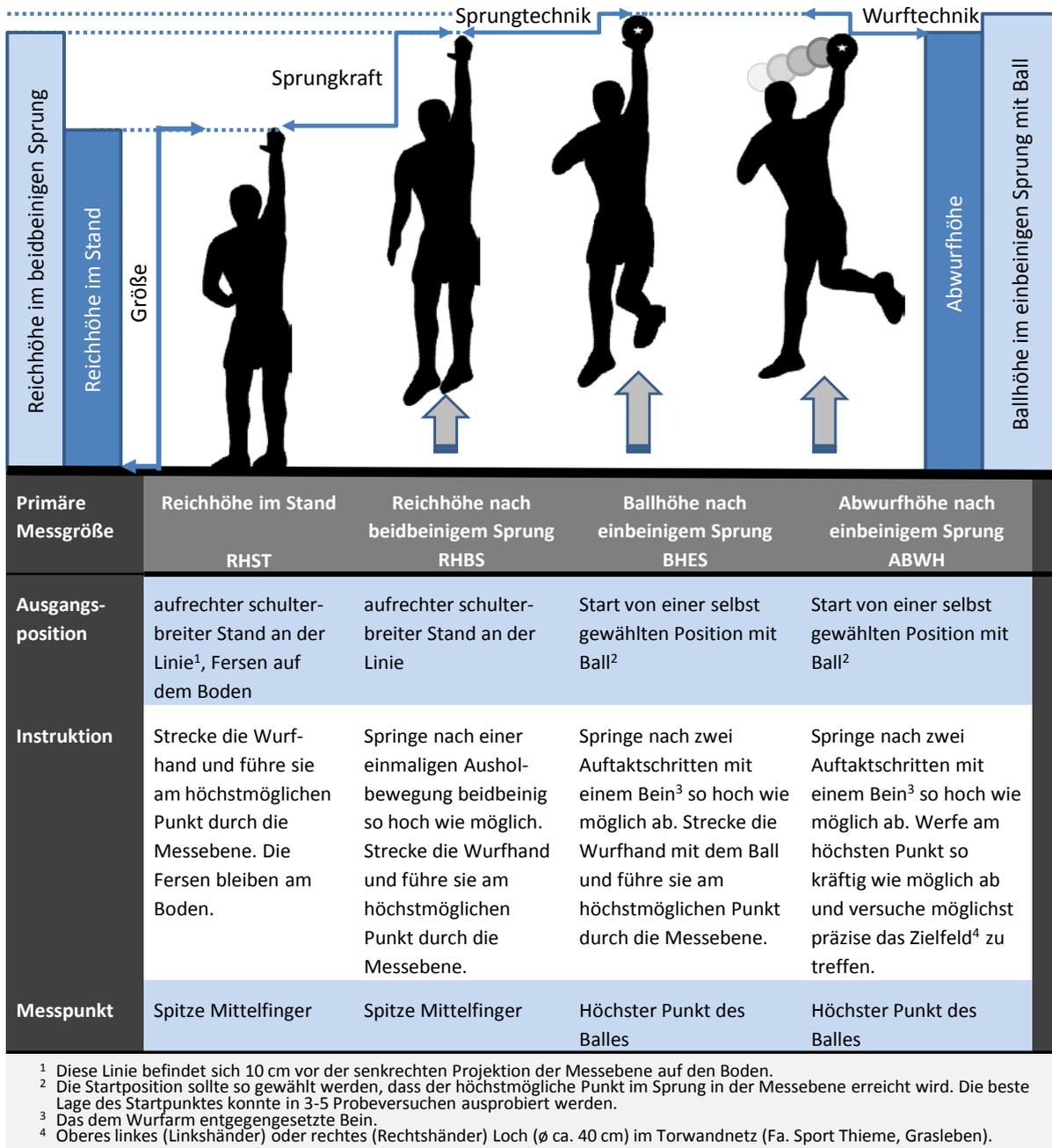


Abb. 1: Die Diagnostik erfasst vier verschiedene primäre Messgrößen (senkrechte Balken) aus denen vier abgeleitete Einflussgrößen berechnet werden (durch eckige Pfeile symbolisierte Differenzwerte). Die genauen Durchführungsbedingungen und die Instruktionen an die Testpersonen sind aufgelistet.

## 2 Das Messsystem

Da es aus praktischen Überlegungen heraus sinnvoll erscheint, die Abwurfhöhe berührungs- und damit rückwirkungsfrei zu messen, wurde ein kontaktfreies Messsystem verwendet (Training Tester™, BZ Hi-Tech S.r.l., San Martino di Venezze, Italien). Dieses System erfasst den höchsten Durchtrittspunkt eines Objekts (Ball bzw. Hand) durch eine durch mehrere parallele Infrarotstrahlen gebildete vertikale Messebene und kann daher zur Erfassung von allen vier Messgrößen genutzt werden. Die technische Messgenauigkeit des Training Testers™ wurde in einer Untersuchung mit 12 männlichen Nachwuchshandballern der höchsten nationalen Spielklasse durch Parallelmessung mit einem VICON-System überprüft. Der mittlere Abweichungsbetrag liegt zwischen 0.35 cm bei RHST und 0.6 cm bei ABWH.

### 2.1 Reliabilität der Messgrößen

Neben der absoluten messtechnischen Genauigkeit wurde durch eine Varianzanalyse auch geprüft, ob die Messwerte über mehrere Messdurchgänge ermüdungsbedingt abnehmen bzw. infolge von Testgewöhnungs- und Übungseffekten systematisch ansteigen. Diese Analyse basiert auf Daten von 30 männlichen Nachwuchshandballern der höchsten nationalen Spielklasse, bei denen die oben beschriebene handballspezifische Sprungdiagnostik im Abstand von 7 Tagen zweimal durchgeführt wurde. Die durch Ermüdung bzw. Testgewöhnungs- und Übungseffekte bedingte Fehlervarianz erweist sich als sehr klein in Relation zur Gesamtvarianz (< 0.1 %). Die Abweichungen der Messwerte bei einer Wiederholung der Messungen nach 7 Tagen beträgt zwischen 0.16 % der Gesamtvarianz bei RHST und 3.41 % bei ABWH. Daraus ergeben sich die in Tab. 1 aufgeführten Messfehlerschätzungen für die abgeleiteten Einflussgrößen für den Fall, dass jede primäre Messgröße bei jeder Person dreifach gemessen werden und dann gemittelt wird. Die geringen Ermüdungseffekte würden es aber auch erlauben, noch mehr Testversuche durchzuführen, so dass sich z. B. bei fünffacher Bestimmung von ABWH der Messfehler bei WT auf 3.14 cm verringern würde.

Tab. 1: Fehlervarianz im Sinne von Reliabilitätseinschränkungen bei den abgeleiteten Einflussgrößen

Messfehler	GR	SK	ST	WT
SD	0.41 cm	1.83 cm	2.75 cm	3.81 cm

Insgesamt werden die bei der Sprungdiagnostik ermittelten Größen somit messtechnisch ausreichend genau erfasst. Mit zunehmender Komplexität der eingesetzten Bewegungstechnik von RHST zu ABWH steigt die Variabilität der Testleistungen zwar an, sie bleibt aber dennoch in einem tolerierbaren Rahmen.

### 2.2 Aufklärung spielklassenbedingter bzw. spielpositionsabhängiger Leistungsunterschiede und Korrelationsanalyse der abgeleiteten Einflussgrößen

An diesem Untersuchungsteil nehmen insgesamt 36 männliche Handballer aus drei verschiedenen nationalen Spielklassen im Seniorenbereich ohne Vorerfahrung mit der handballspezifischen Sprungdiagnostik teil. Bei den Testpersonen aus der 2. Bundesliga (N = 13) wurden je zwei Torhüter bzw. Kreisspieler, fünf Außenspieler und vier Rückraumspieler getestet. Die Gruppe der Testpersonen aus der Oberliga (N = 12) beinhaltete zwei Torhüter, einen Kreisspieler, drei Außenspieler und sechs Rückraumspieler. Bei den Testpersonen aus der Bezirksoberliga (N = 11) handelte es sich um einen Kreisspieler, vier Außenspieler sowie sechs Rückraumspieler. Jeder Spieler durchlief dabei einmalig die handballspezifische Sprungdiagnostik. Die deskriptiven Ergebnisse sind in Tab. 2 aufgeführt.

Tab. 2: Deskriptive Daten der abgeleiteten Messgrößen innerhalb der einzelnen Ligen und der Spielpositionen (angegeben sind Mittelwerte in cm  $\pm$  Standardabweichung. NRS = Nicht-Rückraumspieler; RS = Rückraumspieler; BeObLi = Bezirksoberliga; ObLi = Oberliga; BuLi = 2. Bundesliga)

Liga	Sprungkraft (SK)		Sprungtechnik (ST)		Wurftechnik (WT)	
	NRS	RS	NRS	RS	NRS	RS
BeObLi	39.93( $\pm$ 3.36)	40.50( $\pm$ 7.40)	4.73 ( $\pm$ 12.04)	11.22 ( $\pm$ 9.16)	-18.20 ( $\pm$ 13.24)	-20.83( $\pm$ 9.55)
ObLi	53.89( $\pm$ 6.53)	50.28( $\pm$ 7.22)	3.56( $\pm$ 9.08)	10.67( $\pm$ 3.39)	-22.28 ( $\pm$ 13.11)	-21.44( $\pm$ 13.94)
BuLi	51.74( $\pm$ 6.95)	55.25( $\pm$ 12.04)	7.59( $\pm$ 7.55)	8.08( $\pm$ 11.26)	-19.07( $\pm$ 8.25)	-8.50( $\pm$ 6.84)

Eine 3 x 2 MANOVA der primären Messgrößen zeigt einen multivariaten Haupteffekt sowohl bei dem Faktor Liga (Faktorstufen: BeObLi, ObLi, BuLi) (Pillai-Spur = 0.76,  $F(8,56) = 4.28$ ;  $p < 0.01$ ) als auch bei dem Faktor Spielposition (Faktorstufen: NRS, RS) (Pillai-Spur = 0.35,  $F(4,27) = 3.61$ ;  $p < 0.05$ ). Die Interaktion der beiden Faktoren Liga und Spielposition ist hingegen nicht signifikant. Paarweise multivariate post-hoc-Analysen mit einer alpha-Fehler Adjustierung nach Holm zeigen bei dem Faktor Liga, dass sich die Bezirksoberliga sowohl von der Bundesliga ( $p < 0.01$ ) als auch von der Oberliga ( $p < 0.01$ ) unterscheidet. Ein Unterschied zwischen den beiden höheren Ligen ist hingegen nicht festzustellen. Im Anschluss an die MANOVA durchgeführte univariate Varianzanalysen auf den einzelnen abhängigen Variablen (primären Messgrößen) zeigen mit Ausnahme der Messgröße RHBS für beide Faktoren (Liga und Spielposition) signifikante Haupteffekte. Bei RHBS besteht ein signifikanter Haupteffekt für Liga, aber nicht für Spielposition. Interaktionseffekte sind in den univariaten ANOVAs durchgängig nicht signifikant.

Eine MANOVA der abgeleiteten Einflussgrößen liefert insgesamt äquivalente Ergebnisse. Bei den univariaten Analysen der abgeleiteten Einflussgrößen SK, ST und WT zeigen sich im Unterschied zu den primären Messgrößen keine deutlichen Einflüsse der Liga bzw. Spielposition. Lediglich bei der Sprungkraft (SK) ist ein signifikanter Effekt der Liga festzustellen ( $F(2,30) = 10.44$ ,  $p < 0.01$ ). Post hoc zeigt sich hier (bei SK) ein Unterschied zwischen Bezirksoberliga und Bundesliga ( $p < 0.05$ ) sowie der Bezirksoberliga und Oberliga ( $p < 0.05$ ). In allen anderen Fällen sind die sowohl die Liga, die Spielposition als auch die Interaktion von Liga und Spielposition nicht signifikant.

Die Korrelationen zwischen den Einflussgrößen GR, SK, ST und WT sind mit Ausnahme von Sprungkraft und Sprungtechnik ( $r = -0.36$ ,  $p < 0.01$ ) alle nicht signifikant ( $-0.17 < r < 0.22$ ,  $p = n.s.$ ) und insgesamt gering. Daher können die durch die abgeleiteten Einflussgrößen beschriebenen Leistungsanteile als relativ unabhängige Leistungsfaktoren angesehen werden.

### 3 Zusammenfassung und Ausblick

Mit der hier vorgestellten handballspezifischen Sprungdiagnostik wurde ein Testverfahren entwickelt, das die Ausprägung von vier als relevant angesehenen unabhängigen Leistungsvoraussetzungen erfassen kann. Zu diesem Zweck werden die Reichhöhe im Stand (RHST), die Reichhöhe beim beidbeinigen Sprung (RHBS), die Ballhöhe nach einem einbeinigen handballspezifischen Sprung (BHES) und die Abwurfhöhe (ABWH) bei einem Sprungwurf erfasst (primäre Messgrößen). Aus ihnen werden die „Größe“ (GR), „Sprungkraft“ (SK), „Sprungtechnik“ (ST) und „Wurftechnik“ (WT) berechnet (abgeleitete Einflussgrößen). In mehreren Untersuchungen mit Leistungshandballern konnte gezeigt werden, dass diese primären Messgrößen mit einer ausreichenden Genauigkeit gemessen werden und dass sie mit der Leistung (quasi-experimentell variiert durch unterschiedliche Ligazugehörigkeit bzw. Spielposition) kovariieren. Zudem können die abgeleiteten Größen als relativ unabhängige Leistungsfaktoren interpretiert werden. Die hier dargestellte und evaluierte Sprungwurfdiagnostik stellt somit ein vielversprechendes Verfahren dar, um die Talentsichtung oder differenzierte Trainingssteuerung im Handball zu unterstützen.

### 4 Literatur

- Hübner, K., Knoll, K., Bronst, A. & Marti, B. (2005). Höhe beim Sprungwurf korreliert nicht mit Testwerten der Kraftmessplatte. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie*, 53(3), 101-104.
- Pabst, J., Büsch, D., Schorer, J., Lemmel, U., Petersen, K.-D., Armbruster, C., Schwarzer, C., Wilhelm, A., Teichmann, R. & Sichelschmidt, P. (2010). Die DHB-Talentsichtung 2011, Teil 1. *Handballtraining*, 32(12), 28-33.
- Pielbusch, S., Marschall, F., Dawo, O. & Büsch, D. (2011). Handballspezifische Sprungdiagnostik. *Leistungssport*, 41(6), 35-38.
- Wagner, H., Kainrath, S. & Müller, E. (2008). Koordinative und taktische Anforderungen beim Torwurf im Handball. *Leistungssport*, 38(5), 35-41.



# Ganzheitliche Bewegungsanalyse des Reiters im Dressurreiten unter Einsatz eines Inertial- messsystems

(AZ 070604/12-13)

*Falko Eckardt & Kerstin Witte*

Universität Magdeburg, Institut für Sportwissenschaft

## 1 Problem

Mit Hilfe von Videometrie kann die Körperhaltung und das Zusammenspiel zwischen Pferd und Reiter unter Laborbedingungen quantifiziert werden (Kang et al., 2010; Peham, Kapaun, Licka, & Scheidl, 1998). Je nach Abstraktionsgrad der Untersuchungsdesigns ist der Transfer der unter Laborbedingungen gewonnenen Erkenntnisse auf die Praxis jedoch kritisch zu betrachten. Methodische Defizite ergeben sich bei videometrischen Verfahren in der räumlichen Einschränkung auf einen begrenzten Messkorridor. Damit ergeben sich erhebliche Einschränkungen an verwertbaren Daten, da nur kurze Bewegungssequenzen festgehalten werden können. Darüber hinaus ist der Aufwand für die Kalibrierung mehrerer hintereinander angeordneten, synchronisierten Kameras vergleichsweise hoch. Studien auf einem Laufband sind limitiert, da diese keine natürlichen Umgebungsbedingungen gewährleisten können. Für diese Untersuchungen müssen Pferde vorab an das Laufen auf einem Laufband gewöhnt werden (Barrey, Galloux, Valette, Auvinet, & Wolter, 1993). Außerdem wurden zahlreichen Unterschiede in der Bewegung des Pferdes zwischen Laufband und Laufen auf normalem Untergrund bereits von Buchner, Savelberg, Schamhardt, Merckens und Barneveld (1994) aufgeführt.

Technologische Weiterentwicklungen und fortschreitende Miniaturisierung von sensorbasierten Systemen ermöglichen jedoch die Erschließung neuer Anwendungs- und Analysefelder im Bereich des Sports. Gerade für die Analyse sportlicher Bewegungen unter Feldbedingungen (Trainingsalltag) ergeben sich mittlerweile vielseitige Möglichkeiten. So kann der Einsatz von Sensorsystemen neue Erkenntnisse schaffen, die bislang aufgrund technischer Grenzen nicht möglich waren. Auf Basis von Inertialsensoren sind solche Sensorsysteme in der Lage, eine Ganzkörperbewegung zu analysieren. Gerade weil diese Sensoren nicht an Laborbedingungen gebunden sind, können für Trainerinnen und Trainer neben Echtzeitvisualisierung und -analyse neue Möglichkeiten zur Schnellinformation im Sport entstehen. Ziel dieses Forschungsvorhabens war es, auf Basis eines Ganzkörperinertialmesssystems (MVN, Xsens) die Bewegung von Reiterinnen bzw. Reitern zweier unterschiedlicher Leistungsklassen (PRO = hohes Leistungsniveau, BEG = Anfänger) unter ganzheitlichem Aspekt und unter Berücksichtigung der Bewegung des Pferderumpfes zu analysieren. Unter Voraussetzung dieser umfassenden Bewegungsanalyse sollte im Kontext zu einer subjektiven Bewegungsbewertung eine Überarbeitung bzw. Erweiterung zur aktuellen Beschreibung des korrekten Sitzes entstehen. Des Weiteren waren bewegungsrelevante Unterschiede zwischen den beiden Leistungsklassen zu identifizieren, um daraus trainingspraktische Schlussfolgerungen ziehen zu können.

## 2 Methode

Im Rahmen dieses Projektes wurden insgesamt 20 Reiterinnen und Reiter unterschiedlichen reiterlichen Niveaus untersucht. Bei der Gruppe der Professionellen (PRO) handelte es sich um zehn Personen, die bei der Deutschen Reiterlichen Vereinigung (FN) in Warendorf als Berufsreiterin bzw. -reiter angestellt waren oder zum Untersuchungszeitraum eine Ausbildung zur Pferdewirtschaftsmeisterin bzw. zum -meister absolvierten (8 weiblich, 2 männlich). Die Gruppe der Anfänger (ANF) setzte sich aus zehn Reitschülerinnen bzw. -schülern des Reitsport-Vereins Maifeld e. V. in Berlin zusammen (9 weiblich, 1 männlich), die regelmäßig ein- bis zweimal pro Woche trainieren und diesen Sport im Mittel seit etwa sechs Jahren ausübten. Die Berufsreiterinnen und -reiter bzw. die Reitanfängerinnen und -anfänger ritten ihr eigenes Pferd oder ein Pferd, welches sie zur Ausbildung regelmäßig geritten sind. Wichtig für die empirische Untersuchung war, dass die Testpersonen die Gangarten Schritt, Ausgesessener Trab und Galopp sicher beherrschten. Eine Übersicht über die beiden Probandengruppen ist in Tabelle 1 gegeben.

Tab. 1: Übersicht über die untersuchte Kohorte.

Reiter					Pferde		
N = 10	Alter [Jahre]	Größe [cm]	Gewicht [kg]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	Trainingsalter [Jahre]	Training [h/Woche]	Stockmaß [cm]
PRO	23,4 ± 5,3	168,4 ± 10,4	61,1 ± 9,6	21,5 ± 2,5	17,3 ± 5,6	33,9 ± 11,9	170 ± 3,5
BEG	19,4 ± 2,9	179,3 ± 5,2	64,3 ± 7,3	23,2 ± 2,3	6,1 ± 1,7	2,8 ± 1,6	173 ± 4,5

### 2.1 Untersuchungsdesign

Alle Testpersonen ritten in einer 60 m x 20 m großen Reithalle auf einem vorgegebenen 30 m langen Messkorridor in den Gangarten Schritt (SC), Ausgesessener Trab (AT) sowie Rechts- und Linksgalopp (GR/GL). Die Bewegungsanalyse der Reitenden erfolgte unter Einsatz eines Ganzkörperinertialmesssystems (MVN, Xsens, 120 Hz). Der MVN besteht aus 17-Sensoreinheiten, welche im Vorfeld durch Straps-Verschlüsse an den jeweiligen Segmenten der Reiterinnen und Reiter appliziert wurden. Durch bestimmte anthropometrische Daten wurde in MVN-Studio (Version 3.1, Xsens) ein biomechanisches Modell mit 23 Segmenten und 22 Gelenken generiert. Zur Quantifizierung der Rumpfbewegung des Pferdes wurde ein einzelner Inertialsensor MTX (Xsens, 120 Hz) am Sternum des Pferdes angebracht. Zur Bestimmung der einzelnen Gangzyklen wurde zusätzlich ein Beschleunigungssensor (Myon, 120 Hz) an das vordere linke Röhrrbein der Pferde befestigt (Abb. 1). Aus dem Bodenkontakt des linken Vorderhufs bis zum darauf folgenden Aufsatz wurde ein Gangzyklus definiert.

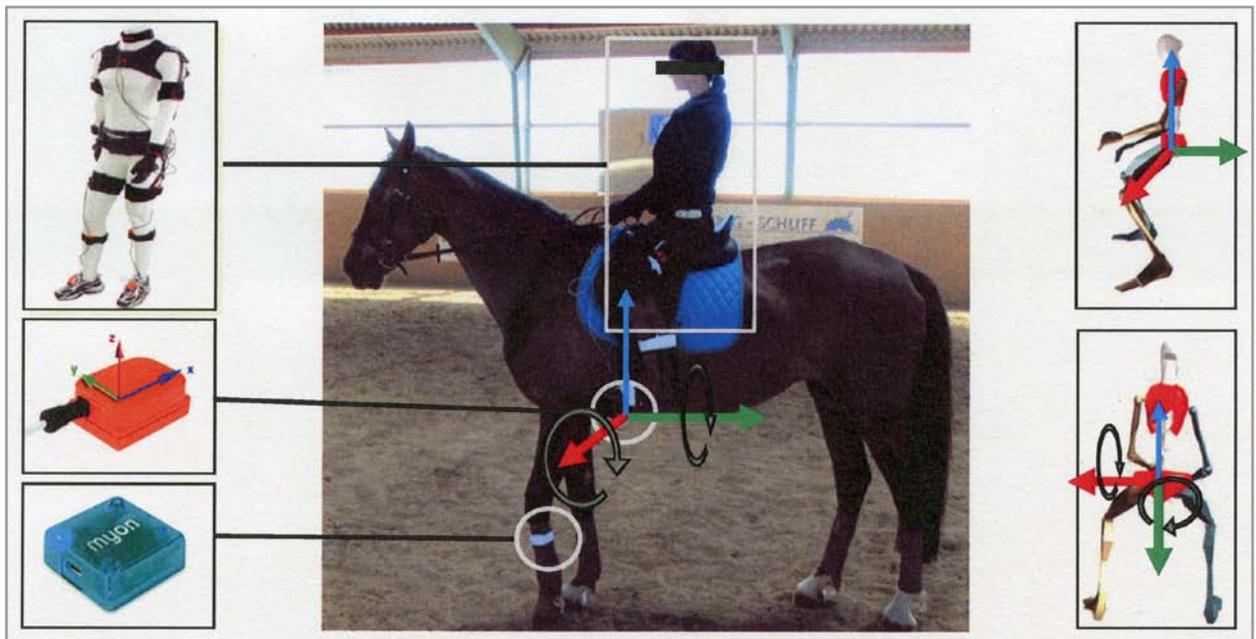


Abb. 1: Platzierung der Sensoren an Reiterin und Pferd, sowie Visualisierung des biomechanischen Modells in der Sagittalebene (rechts oben) und in der Frontalebene (rechts unten). Der Rollwinkel definiert die Drehung und die Transversalachse der Reiterin und um die Sagittalachse des Pferdes. Die Rotation um die Sagittalachse der Reiterin und um die Transversalachse des Pferdes wird als Pitchwinkel definiert.

## 2.2 Datenverarbeitung

Die erhobenen kinematischen Messdaten von Testperson und Pferd wurden in Matlab2012b (MathWorks®) importiert und wie folgend weiter verarbeitet:

- › zeitliche Synchronisierung der Messsysteme durch Triggersignal
- › Orientierung der Körpersegmente von Quaternionen in Euler-Winkel
- › Zerlegung der Messreihen in Einzelzyklen für jede Gangart
- › Zeitnormalisierung (kubische Spline-Interpolation) der Einzelzyklen
- › lineare Trendbereinigung (gleitender Mittelwert) für Rollwinkel (Sagittalebene) und Pitchwinkel (Frontalebene)

## 2.3 Statistik

Nach der Aufbereitung der Messreihen lagen für die statistische Auswertung von jeder Testperson in jeder Gangart 30 Bewegungszyklen vor. Diese Bewegungszyklen wurden für jede Testperson gemittelt. Mit Hilfe der deskriptiven Statistik, wurden sowohl die absoluten Segmentwinkel von Pferd, Becken, Oberkörper und Kopf, als auch die relativen Beugungswinkel von Ellenbogen, Hüfte, Knie und Sprunggelenk für beide Leistungsklassen berechnet und analysiert. Zusätzlich wurde zwischen den Segmentwinkel-Zeit-Verläufen beider Leistungsklassen der RMSE (Root Mean Square Error) berechnet.

Nach Prüfung der Messdaten auf Normalverteilung (Kolmogorow-Smirnow-Test) und Varianzhomogenität (Levene-Test), erfolgte ein zweiseitiger T-Test für unabhängige Stichproben, bzw. ein zweiseitiger Mann-Whitney-U-Test. Dabei wurde ein Signifikanzlevel von  $p \leq 0.05$  angenommen.

### 3 Ausgewählte Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden im Blick auf die Vielzahl erhobener Daten nur ausgewählte Ergebnisse der Studie: „Ganzheitliche Bewegungsanalyse des Reiters im Dressurreiten unter Einsatz eines Inertialmesssystems“ gezeigt. Im ersten Teil werden die Winkel-Zeit-Verläufe von Becken und Pferd der beiden Leistungsklassen in allen untersuchten Grundgangarten des Pferdes gegenübergestellt. Im zweiten Teil werden, an Anlehnung an die Literatur, die relativen Beugungswinkel (Ellenbogen, Hüfte, Knie, Sprunggelenk) und die absoluten Segmentwinkel (Kopf, Oberkörper, Becken) von PRO und BEG tabellarisch dargestellt und miteinander verglichen.

#### 3.1 Winkel-Zeit-Verläufe

Im SC, als die langsamste der untersuchten Grundgangarten ( $\bar{v} = 2,31 \text{ m/s}$ ) bewegt sich das Becken der Reitenden für PRO und BEG stets gegenphasig zur Rumpfbewegung des Pferdes. Im Verlauf des Schritts wechselt die dorsale Beckenhaltung bei etwa 25 % Zyklusdauer hin zu einer maximalen Beckenkipfung nach ventral. Dieser Bewegungszyklus wiederholt sich im Schritt zweimal (Abb. 2).

Der Winkel-Zeit-Verlauf des Reiterbeckens in der Sagittalebene zeigt eine verstärkte dorsale Kippung der PRO zu den BEG (RMSE =  $5,7^\circ$ ) über den gesamten Gangzyklus. Im Vergleich dazu, gibt es zwischen der Pferderumpfbewegung beider Leistungsklassen im Schritt nur geringe Unterschiede (RMSE =  $0,9^\circ$ ).

Im AT ( $\bar{v} = 4,4 \text{ m/s}$ ) bewegen sich Becken und Pferderumpf in der Sagittalebene beider untersuchten Leistungsklassen analog zum SC (Abb. 2). Die Körpersegmente weisen im AT, im Vergleich zu den weiteren untersuchten Gangarten, die geringsten Bewegungsumfänge auf. Zum Zeitpunkt der Zweibeinstütze des Pferdes (Pferd Minimum Roll) wird das Becken im AT aus einer ventralen Stellung am stärksten dorsal gekippt. Die gegenüberstellende Betrachtung von Becken und Pferderumpf zeigt auch im AT eine entgegengesetzte Rotation beider Körpersegmente. Während des AT ist das Becken der Gruppe der PRO stärker dorsal gekippt, als das Becken der BEG. Einen Unterschied zwischen den beiden Leistungsklassen ist im Trab jedoch geringer ausgeprägt als im Schritt (RMSE =  $3,7^\circ$ ). Sehr geringe Unterschiede zwischen PRO und BEG konnten in der Pferderumpfbewegung (RMSE =  $0,6^\circ$ ) festgestellt werden.

Im Galopp, als die schnellste untersuchte Grundgangart ( $\bar{v} = 5,3 \text{ m/s}$ ), wurde das größte Bewegungsausmaß für das Becken der Reitenden in der Sagittalebene quantifiziert (Abb. 2). Qualitativ lässt sich der Galopp eindeutig vom SC und AT im Roll unterscheiden. Beim GR bewegt sich das Becken aus einer ventralen Kippung gegenphasig zur Bewegung des Pferderumpfes. Es kommt bei ca. 55 % des Gangzyklus zu einer maximalen Dorsalkippung des Beckens. Im GL kippt das Becken der Reiter aus einer neutralen Stellung bis etwa 25 % des Bewegungszyklus maximal dorsal. Diese Kippung wechselt bis ca. 75 % in eine maximale ventrale Beckenkipfung. Das Bewegungsausmaß von GR und GL unterscheidet sich nicht signifikant, es kann jedoch ein Phasenversatz in der Sagittalebene von ca. 22 % festgestellt werden. Auch beim Galopp zeigen sich nur geringe Unterschiede zwischen PRO und BEG in der Pferderumpfbewegung (GL: RMSE =  $1,3^\circ$ ; GR =  $1,1^\circ$ ). Sowohl im GL, als auch im GR wurde eine stärkere dorsale Kippung des Beckens der PRO im Vergleich zu der Gruppe der BEG (GL: RMSE =  $6,1^\circ$ ; GR =  $6,3^\circ$ ) gemessen. Diese Tendenzen zeigten sich in allen untersuchten Grundgangarten (Abb. 2).

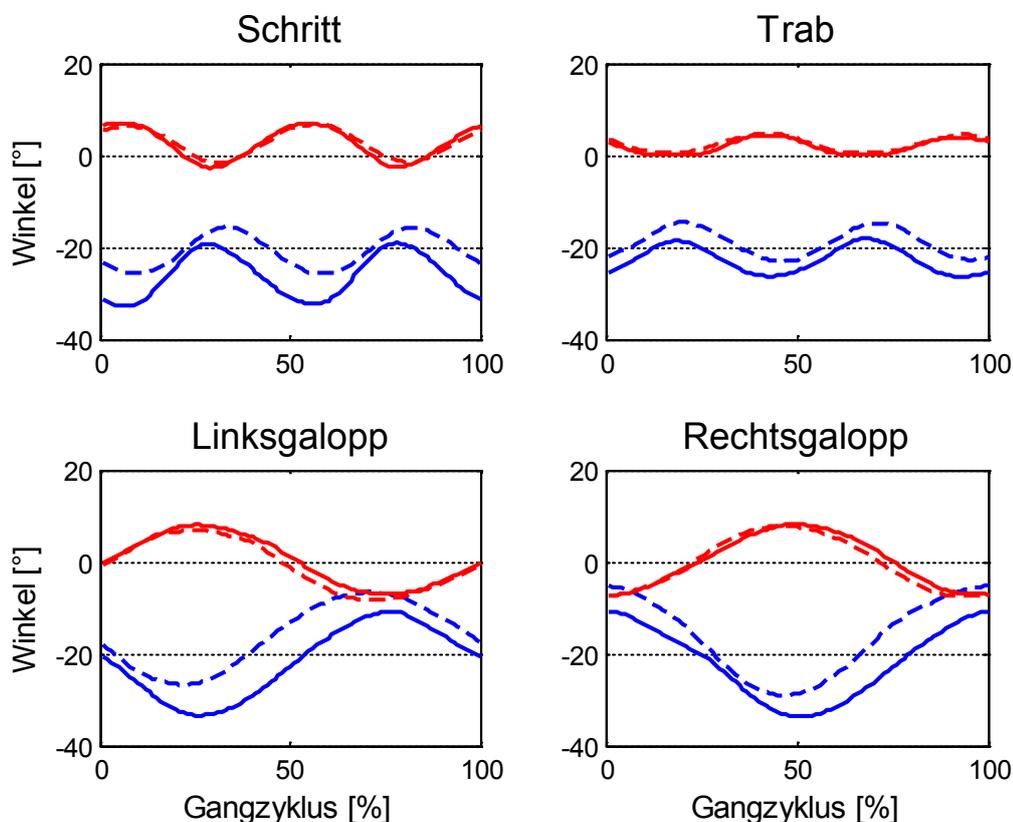


Abb. 2: Rollwinkel (Gruppenmittelwert) des Reiterbeckens (blau) und des Pferderumpfes (rot) für PRO (durchgezogene Line) und BEG (gestrichelte Line) im Verlauf von Schritt, Trab sowie Links- und Rechtsgalopp.

### 3.2 Relative- und absolute Winkel im ausgesetzten Trab

Die relativen Beugungswinkel von Ellenbogen- und Kniegelenk im AT zeigen signifikante Unterschiede zwischen PRO und BEG (Tab.2). Der ROM des Ellenbogengelenks ist bei den PRO stets größer, als der ROM der Gruppe der BEG. Bei der Flexion/Extension des Kniegelenks konnte bei den BEG ein größerer ROM im Vergleich zu den PRO festgestellt werden.

Tab. 2: Gemittelte Bewegungsamplitude (ROM)  $\pm$  Standardabweichung für relative Beugungswinkel von PRO und BEG beim ausgesetzten Trab. (graue Schattierung bei sig. Unterschieden mit  $p \leq 0.05$ )

Gelenk	Orientierung	PRO [°]	BEG [°]	p
Ellenbogen	Links	18,5 $\pm$ 7,8	11,1 $\pm$ 4,7	0,02
	Rechs	16,3 $\pm$ 6,2	12,5 $\pm$ 5,7	0,31
Hüfte	Links	16,3 $\pm$ 3,3	18,1 $\pm$ 5,8	0,43
	Rechs	16,7 $\pm$ 6,8	20,2 $\pm$ 7,5	0,29
Knie	Links	5,3 $\pm$ 2,3	10,9 $\pm$ 4,2	0,00
	Rechs	6,7 $\pm$ 2,4	9,8 $\pm$ 3,4	0,04
Sprunggelenk	Links	20,4 $\pm$ 7,3	16,3 $\pm$ 4,9	0,15
	Rechs	20,3 $\pm$ 5,5	16,6 $\pm$ 5,6	0,15

In Tabelle 3 sind die Segmentwinkel (Roll und Pitch) für Reiter und Pferd beider Leistungsklassen exemplarisch für den AT dargestellt. Sowohl qualitativ (Abb. 1), als auch quantitativ (Tab. 3) konnte in der Sagittalebene (Roll) kein signifikanter Unterschied für Becken- und Pferderumpfbewegung zwischen beiden Leistungsklassen quantifiziert werden. Die Haltung vom Kopf weist jedoch signifikante Unterschiede zwischen beiden Leistungsklassen auf.

Tab. 3: Gemittelte Bewegungsamplitude (ROM) und Mittelwert der relativen Segmentwinkel (MW)  $\pm$  Standardabweichung von PRO und BEG beim ausgesessenen Trab. Positive Werte bedeuten eine Segmentrotation nach ventral. Negative Werte werden als Kippung in Richtung dorsal definiert. (Graue Schattierung bei sig. Unterschieden mit  $p \leq 0.05$ )

Segment	Orientierung	PRO [°]		BEG [°]		p	
		ROM	MW	ROM	MW	ROM	MW
Kopf	Roll	11,5 $\pm$ 2,9	14,0 $\pm$ 8,2	11,6 $\pm$ 5,2	20,6 $\pm$ 5,5	0,97	0,04
	Pitch	3,4 $\pm$ 1,9	2,2 $\pm$ 1,9	3,0 $\pm$ 1,1	2,0 $\pm$ 3,0	0,52	0,82
Oberkörper	Roll	7,4 $\pm$ 2,9	-2,7 $\pm$ 3,8	9,5 $\pm$ 2,3	1,8 $\pm$ 5,1	0,09	0,04
	Pitch	3,1 $\pm$ 0,9	1,8 $\pm$ 2,9	4,1 $\pm$ 1,7	3,7 $\pm$ 3,3	0,15	0,96
Becken	Roll	11,6 $\pm$ 3,5	-22,7 $\pm$ 11,4	12,3 $\pm$ 3,4	-18,9 $\pm$ 9,6	0,68	0,41
	Pitch	4,0 $\pm$ 1,6	2,2 $\pm$ 1,9	3,0 $\pm$ 1,1	2,0 $\pm$ 3,0	0,31	0,48
Pferd	Roll	6,1 $\pm$ 1,5	1,9 $\pm$ 1,4	5,8 $\pm$ 1,1	2,4 $\pm$ 1,7	0,69	0,47
	Pitch	4,6 $\pm$ 1,3	2,0 $\pm$ 1,1	5,5 $\pm$ 1,8	2,4 $\pm$ 1,7	0,26	0,62

Der Kopf von BEG hat während des Bewegungszyklus des Pferdes eine stärkere ventrale Kippung als der Kopf von PRO. Das bedeutet, dass Anfängerinnen und Anfänger ihren Kopf weiter nach vorne neigen bzw. vermehrt nach unten gucken, als die Reiterinnen und Reiter mit einem höheren Niveau. Zwischen beiden untersuchten Gruppen konnte zudem ein signifikanter Unterschied im Roll bei der mittleren Segmentstellung (MW) des Oberkörpers gemessen werden. Die Reiterinnen und Reiter der PRO sitzen während eines Gangzyklus leicht hinter der Vertikalen (in Bezug auf T-Pose = 0°, Xsens). Die Gruppe der BEG wiederum sitzt leicht vor der Vertikalen. Auch der ROM vom Oberkörper weist tendenziell auf ein geringeres Bewegungsausmaß (ROM:  $p = 0,09$ ) für die PRO hin.

## 4 Diskussion und Ausblick

Die in Abbildung 2 dargestellten Rollwinkel des Reiterbeckens sind für beide Leistungsklassen stets entgegengesetzt zu der Pferderumpfbewegung und können als ein Ausbalancieren der Pferdebewegung durch die Reiterin bzw. den Reiter interpretiert werden. Diese Ergebnisse entsprechen auch den theoretischen Überlegungen von Heipertz-Hengst (1994) und den Messergebnissen von Mitani (2013). Einen Unterschied zwischen der Pferderumpfbewegung der Gruppe der PRO und der BEG konnte in keiner der untersuchten Grundgangarten festgestellt werden. In Übereinstimmung mit Faber et al. (2001) konnte jedoch gezeigt werden, dass der Rumpf des Pferdes im Roll am stärksten im Galopp rotiert. Die größte Bewegung des Beckens lässt sich ebenfalls im Roll in der Gangart Galopp feststellen, gefolgt von Trab und Schritt. Im Galopp fällt die Ausgleichsbewegung der Reitenden entsprechend groß aus. Diese angepasste Bewegung ermöglicht der Reiterin bzw. dem Reiter, unabhängig und balanciert zu sitzen. Im Trab hingegen ist es nicht die Rotation des Pferderumpfes, sondern die Vertikalbewegung des Pferderumpfes, die die Reiterin bzw. der Reiter aufnehmen und verarbeiten muss. Durch ein zielgerichtetes Kippen des Beckens bewegt sich der Körperschwerpunkt (KSP) der Reitenden stärker parallel zum KSP des Pferdes, wodurch die Reitenden sicherer im Sattel sitzen kann. Sie verlieren

trotz des starken vertikalen Impulses, durch das gleichzeitige Anheben und Senken von Widerrist und Kruppe des Pferdes, nicht den Kontakt zum Sattel. Die berechneten ROM für Oberkörper, Becken und Kopf sind mit den Ergebnissen von Byström, Rhodin, Peinen, Weishaupt, & Roepstorff (2010, 2009) und (Münz, Eckardt, Heipertz-Hengst, Peham, & Witte; Münz, Eckardt, & Witte, 2014) vergleichbar. Im Trab verzeichneten Byström et al. (2010) unter Verwendung eines markerbasierten biomechanischen Modells auf dem Laufband einen ROM für den Oberkörper ( $10,7^\circ \pm 3,4^\circ$ ) Becken ( $13,9^\circ \pm 2,2^\circ$ ) und Kopf ( $15,7^\circ \pm 4,5^\circ$ ) der in etwa beiden untersuchten Leistungsklassen entspricht. Der Vergleich zwischen den beiden Probandengruppen zeigt, dass sich der Sitz der PRO in allen Gangarten durch ein weiter nach dorsal gekipptes Becken und Oberkörper auszeichnet. Studien zur Kinematik des Reiters im Trab (Kang et al., 2010; Schils, 1993; Symes & Ellis, 2009) weisen nach, dass der Oberkörper von Reit- anfängerinnen bzw. -anfängern sowohl weiter nach vorn geneigt, als auch weiter von der Vertikalen entfernt ist als bei Fortgeschrittenen. Außerdem konnte in diesen Studien ebenfalls ein signifikanter Unterschied der mittleren Beugungswinkeln von Ellenbogen und Kniegelenk zwischen Reiterinnen und Reitern mit unterschiedlichen Leistungsklassen festgestellt werden. Für den ROM kann bisher jedoch kein entsprechender Vergleich mit der aktuellen Literatur gezogen werden. Besonders bei der Kopfhaltung konnten zwischen PRO und BEG signifikante Unterschiede gefunden werden. Durch das Kippen und damit die Steuerfunktion des Kopfes werden somit auch Bewegungen an den Rumpf und die Gliedmaßen ausgelöst, welche maßgeblichen Einfluss auf die Körperstreckung und damit die Haltung der Reiterin bzw. des Reiters haben.

Die aufgezeigten Ergebnisse dieser Studie können dazu beitragen, die Haltung der Reitenden zu optimieren und damit die Leistung der Athletinnen und Athleten zu steigern. Diese Leistung kann durch ein angepasstes Mitschwingen bzw. einen besser angepassten Sitz verbessert werden, indem dadurch die Kontrolle über das Pferd erhöht wird. Im Reitsport liegen bisher jedoch nur wenige Kenntnisse zu diesem Thema vor. Aus trainingspraktischer Sicht kann durch diese Studie ein tiefergehendes Verständnis der Reiterbewegung und -haltung eine Basis bilden, auf der koordinative Übungen für den Reitsport erarbeitet werden können. Zielgerichtete Übungen zur Haltung können die Reiterin bzw. den Reiter für eine bewusste Einnahme eines weiter nach dorsal gekipptem Beckens oder einer aufrechteren Haltung des Kopfes sensibilisieren. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, bisherige Haltungsfehler zu vermeiden. Des Weiteren können die bisher schwer zu greifenden und zu vermittelnden Vorgaben und Anweisungen durch die quantifizierten Kenntnisse der Reiterkinematik für Reit- anfängerinnen und -anfänger verständlicher werden. Haltungskorrekturen können somit im Training durch diese verbesserte Bewegungsbeschreibung effektiver realisiert werden.

## 5 Literatur

- Barrey, E., Galloux, P., Valette, J. P., Auvinet, B., & Wolter, R. (1993). Stride characteristics of overground versus treadmill locomotion in the saddle horse. *Acta anatomica*, *146* (2-3), 90–94.
- Buchner, H.H.F., Savelberg, H.H., Schamhardt, H.C., Merckens, H.W., & Barneveld, A. (1994). Kinematics of treadmill versus overground locomotion in horses. *The Veterinary quarterly*, *16*, Suppl 2, 87–90.
- Byström, A., Rhodin, M., Peinen, K. von, Weishaupt, M.A., & Roepstorff, L. (2010). Kinematics of saddle and rider in high-level dressage horses performing collected walk on a treadmill. *Equine veterinary journal*, *42* (4), 340–345.
- Byström, A., Rhodin, M., Peinen, K. von, Weishaupt, M.A., & Roepstorff, L. (2009). Basic kinematics of the saddle and rider in high-level dressage horses trotting on a treadmill. *Equine veterinary journal*, *41* (3), 280–284.
- Faber, M., Johnston, C., Schamhardt, H.C., van Weeren, P.R., Roepstorff, L., & Barneveld, A. (2001). Three-dimensional kinematics of the equine spine during canter. *Equine veterinary journal*, *(33)*, 145–149.
- Heipertz-Hengst, C. (1994). Das Wechselspiel zwischen Reiter- und Pferderücken in der Bewegung. In B. Schürer (Ed.), *ZusammenRücken. Das Wechselspiel zwischen Reiter- und Pferderücken in den Gangarten Schritt, Trab, Tölt und Galopp* : [das Buch zum 2. Forum] (pp. 32–41). Kirchheim: Schürer.
- Kang, O.-D., Ryu, Y.-C., Ryew, C.-C., Oh, W.-Y., Lee, C.-E., & Kang, M.-S. (2010). Comparative analyses of rider position according to skill levels during walk and trot in Jeju horse. *Human Movement Science*, *29* (6), 956–963. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V8T-50WXXY6-3/2/b13ec8577bdc626247b16e7cd591d0af>
- Mitani, Y. (2013). Characteristics of Trunk Movement While Using a Horse Riding Simulator. *Rigakuryoho Kagaku*, *28* (3), 399–402. doi:10.1589/rika.28.399
- Münz, A., Eckardt, F., Heipertz-Hengst, C., Peham, C., & Witte, K.A. Preliminary Study of an Inertial Sensor-based Method for the Assessment of Human Pelvis Kinematics in Dressage Riding. *Journal of equine veterinary science*, *(0)*. doi:10.1016/j.jevs.2013.02.002
- Münz, A., Eckardt, F., & Witte, K. (2014). Horse-rider interaction in dressage riding: Pferd-Reiter-Interaktion im Dressurreiten. *Human movement science*, *33*, 227.
- Peham, C., Kapaun, M., Licka, T., & Scheidl, M. (1998). *Motion pattern consistency of the rider-horse system*. 16 International Symposium on Biomechanics in Sports, Konstanz.
- Schils, S. (1993). Kinematic analysis of the equestrian - Walk, posting trot and sitting trot. *Human Movement science*, *(12)*, 693–712.
- Symes, D., & Ellis, R. (2009). A preliminary study into rider asymmetry within equitation: Special Issue: Equitation Science. *The veterinary journal*, *181* (1), 34–37. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/B6WXN-4W329HC-3/2/acea174af2d9b0e9d84ca5467e7101d7>

# Intensivierung motorischer Lernprozesse in den technisch-akrobatischen Sportarten durch neuromodulatorische Voraktivierungen: Labor- und Feldstudie

(AZ 070613/12-13 )

Marco Taubert & Jürgen Krug (Projektleiter)

Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät

## 1 Problem

In diesem Projekt wird das Ziel verfolgt, am Beispiel des Eintauchens und Landens in den technisch-akrobatischen Sportarten mit Hilfe einer neuromodulatorisch wirkenden submaximalen Voraktivierung höhere Lernzuwachsraten zu erreichen. Studien zeigten, dass submaximale Ausdauerbelastungen vor Lernprozessen zu schnelleren Anpassungen und funktionellen Veränderungen im menschlichen Gehirn führen. Offenbar kommt es zur Freisetzung von Wachstumsfaktoren im Gehirn, von denen bekannt ist, dass sie lernbedingte Anpassungen des Gehirns weiter steigern können. Der positive neuromodulatorische Effekt der vorgeschalteten Ausdauerbelastung war abhängig von einer entsprechenden Sekretion des brain-derived neurotrophic factor (BDNF) (Cotman & Berchtold, 2002). Nach Schiffer et al. (2011) scheint zirkulierende Serum-BDNF-Konzentrationen mit hohen Laktatspiegeln beim Menschen zusammenzuhängen. Aus weiteren Studien ist zudem ein genereller Konsens zu den positiven Effekten von Ausdauerbelastungen auf die individuelle Leistungs- und Lernfähigkeit festzustellen (Hillman et al., 2008; Kempermann et al., 2010; Roig et al., 2012; van Praag, 2009). Deshalb wurden Programme zur Voraktivierung in diesem Projekt zunächst in einer Laborstudie optimiert. In einer Feldstudie sollten im Nachwuchsbereich der Sportarten Wasserspringen und Gerätturnen ähnliche Effekte eines submaximalen Aktivierungsprogramms (SAP) bei komplizierten Bewegungsabläufen geprüft werden.

Während bei der Laborstudie eine computergestützte Auswertung der Abweichungen bei einer Stabilometeraufgabe (u. a. Wulf et al., 2003) genutzt werden konnte, musste für die Feldstudie ein neues Auswertprogramm entwickelt werden, um am Beispiel der Aufstreckbewegung vor dem Eintauchen im Wasserspringen und der Landebewegung bei akrobatischen Sprüngen im Gerätturnen ebenfalls eine computergestützte Auswertungen nutzen zu können. Als Trainingsgeräte wurde ein Stabilometer von Campden Instruments Modell 16030\**C* (Abb. 1, links) und ein Saltodrehgerät (Knoll, 1999, vgl. Abb. 1, rechts) sowie eine Akrobatikbahn genutzt.

## 2 Methode

### 2.1 Laborexperiment

Zunächst sollten in einem Laborexperiment verschiedene Aktivierungsstrategien auf ihre Effektivität zur Steigerung des motorischen Lernens auf einem Stabilometer überprüft werden. Das Stabilometer ist ein in der Grundlagenforschung zum motorischen Lernen etabliertes Verfahren (siehe u. a. Wulf et al., 2003). Die laut Definition des motorischen Lernens postulierte dauerhafte Veränderung interner Regulationsprozesse (Schmidt & Lee, 2011) konnte in den eigenen Studien am Max-Planck-Institut mithilfe nicht-invasiver Aufnahmen der Gehirnstruktur und -funktion (MRT) nachgewiesen wer-

den (Taubert et al., 2010). Die 6-wöchige Übungsperiode auf dem Stabilometer im Anschluss an die 2-wöchige Aktivierungsphase erlaubte uns grundsätzliche Aussagen über die Effektivität der Aktivierungsstrategie zur Steigerung des motorischen Lernens im Zeitbereich eines Mesozyklus. Wir konnten damit auch sicherstellen, für welchen Abschnitt der motorischen Aneignung (frühe vs. späte Phase) die Aktivierungsmethode besonders effektiv war. Ein besonderes Anliegen der Laborstudie war es zudem, die Wirksamkeit unterschiedlicher Aktivierungsstrategien herauszuarbeiten. Aus diesem Grund wurden in einem Zwei-Gruppen Design eine hochintensive (Gruppe 1; N = 14) und eine moderat-intensive (Gruppe 2; N = 15) Vorbelastungsgruppe untersucht und mit bestehenden Stabilometer-Datensätzen vom Max-Planck-Institut ohne Vorbelastung (Gruppe 3 N = 14 und Gruppe 4 N = 13) verglichen. Die Probandenkollektive beider Experimentalgruppen sowie der Gruppe 4 ohne Voraktivierung setzten sich aus Sportstudierenden zusammen. Testpersonen der Gruppe 3 waren keine Sportstudierenden und gaben an, weniger als 2 Stunden Sport pro Woche zu treiben.



Abb. 1: Balancieren auf Stabilometer (links); Saltodrehgerät (rechts)

Die Aktivierungsstrategie bestand aus einem zweigipfligen Belastungsprotokoll (siehe Abb. 2) auf einem Fahrradergometer, welches siebenmal verteilt auf 2 Wochen absolviert werden sollte. Mit Hilfe einer Pulsuhr und einem PWC170 Vortest stellten wir sicher, dass die Versuchspersonen sowohl innerhalb als auch zwischen den beiden Gruppen gleichmäßig und im vorgeschriebenen Hf-Bereich beansprucht wurden. Die Einteilung in mittlere bzw. hohe Intensitätsbereiche erfolgte nach Neumann, Pfützner und Berbalk (2011). Das Trainingsprotokoll der hochintensiven Gruppe beinhaltete zwei Veränderungen zur Belastungssteigerung. Zum einen hatte diese Gruppe höhere Widerstände pro Stufe zu bewältigen. Dies wurde durch das Weglassen der ersten Belastungsstufe nach Erwärmung und Ruhephase und das Hinzufügen einer höheren Stufe am Ende jeder Belastungsspitze erreicht. Zudem wurde die Belastung in Woche 2 durch eine Verlängerung der beiden höchsten Belastungsspitzen nochmals gesteigert.

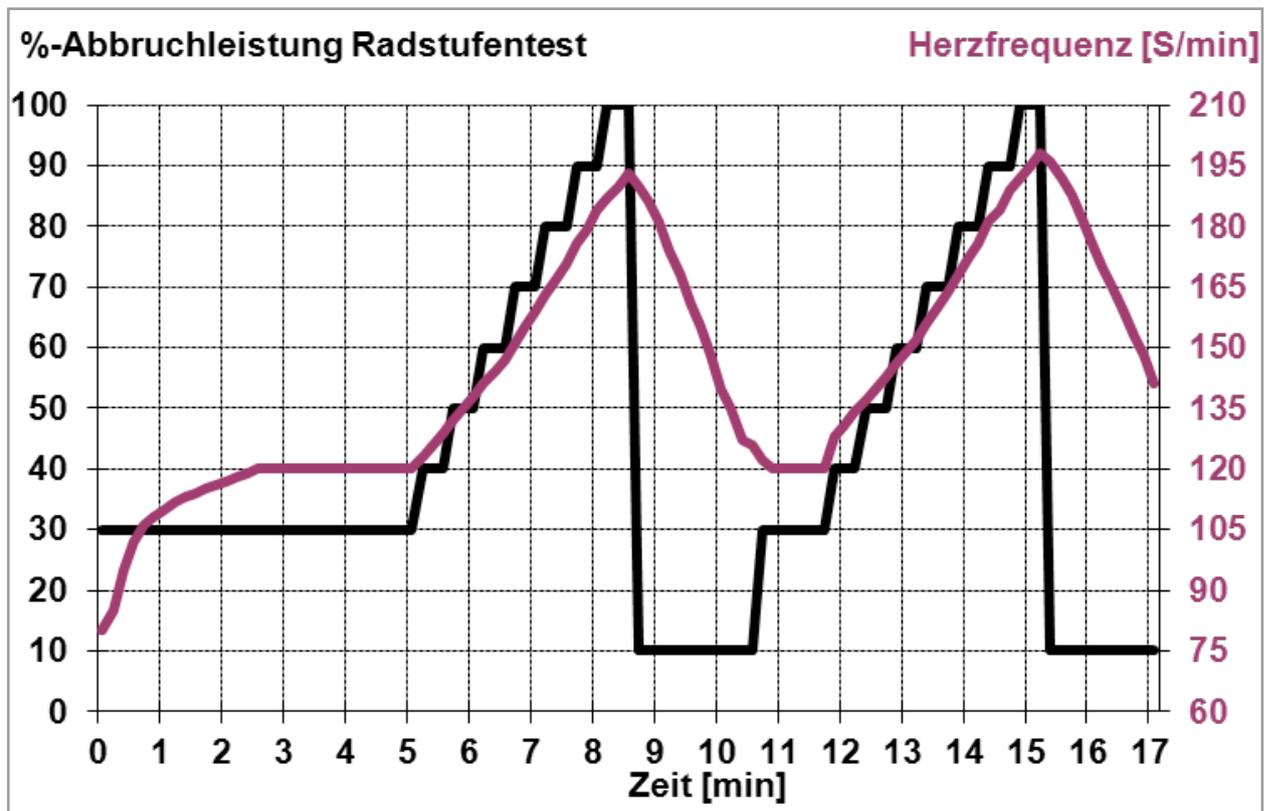


Abb. 2: Belastungsprotokoll der Voraktivierungsstrategie auf dem Fahrradergometer (Laborstudie).

Das Stabilometertraining fand jeweils an einem Wochentag über 6 aufeinander folgende Wochen statt und umfasste jeweils 15 Durchgänge à 30 Sekunden mit 2-3-minütiger Pause (ca. 45 Minuten). Um eine nahtlose Übertragung der Aktivierungsstrategie zum Feldexperiment zu gewährleisten, wurde die Realisierung des vorgegebenen Belastungs- bzw. Hf-Verlaufs (Abb. 2) durch unterschiedliche Belastungsarten geprüft (z. B. Laufbelastungen/Fahrtspiele, sportartspezifische Erwärmung, z. B. mit akrobatischen Elementen).

## 2.2 Feldexperiment

Mit einem Cross-over-Design wurden jeweils zwei Mesozyklen im Gerätturnen und Wasserspringen verglichen (Abb. 2). Während im ersten Mesozyklus ein definiertes submaximales Belastungsprotokoll als neuromodulatorische Voraktivierung zum Einsatz kam, wurde im zweiten Mesozyklus die übliche traditionelle Erwärmung verwendet. Im Wasserspringen wurde auf Grund vorhandener geräte technischer Voraussetzungen wie bei den Laboruntersuchungen das oben beschriebene Trainingsprotokoll mit zwei submaximalen Belastungsspitzen verwendet. Im Gerätturnen nutzte man dagegen sportartspezifische Übungen, die allerdings auch auf dem gleichen pulsgesteuerten zweigipfligen Belastungsschema basieren. Die Kontrolle der Pulsfrequenz erfolgte mit Pulsuhren von Polar (RS800CX GPS).

Die generelle Forschungshypothese bestand in der Annahme, dass ein definiertes submaximales Trainingsprotokoll zu besseren Lernergebnissen führt, als im Mesozyklus mit traditioneller Erwärmung. In die Studie waren 8 Nachwuchswasserspringer (5 männlich und 3 weiblich) im Alter von 11 bis 13 Jahren und 18 Nachwuchsturnerinnen im Alter von 8 bis 12 Jahren einbezogen.

Für die Erfassung der Trainingsdaten wurde gemeinsam mit CCC Software GmbH das Auswertprogramm *utilius vimes* entwickelt. In beiden Mesozyklen standen insgesamt 1520 Saltobewegungen im Wasserspringen (Saltodrehgerät) und 912 Saltoreihen (Akrobatikbahn) für die Auswertung zur Verfügung. Mit SPSS 21 wurden die Unterschiede zwischen dem Qualitätsniveau in den Mesozyklen mit und ohne submaximale Belastung als neuromodulatorische Voraktivierung mit dem gepaarten t-Test (zweiseitige Fragestellung) und einem 5 % Signifikanzniveau geprüft. Da mehrere t-Tests mit der gleichen Gruppe durchgeführt wurden, war eine Bonferoni Korrektur erforderlich.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Laborexperiment

Die Hf-Werte im 2-wöchigen Zeitverlauf der Aktivierungsstrategie zeigen eine signifikant höhere Ausprägung in der hochintensiven im Vergleich zur mittleren Intensitätsgruppe in Woche 1, die sich in Woche 2 noch zusätzlich erhöht (ANOVA, Gruppe x Zeit Effekt,  $p < 0.05$ ). Dadurch konnte gewährleistet werden, dass, gemäß unserer Hypothese, eine entsprechende Trennschärfe in den Beanspruchungen beider Gruppen vorhanden ist und ein positiver Effekt auf das motorische Lernen postuliert werden kann.

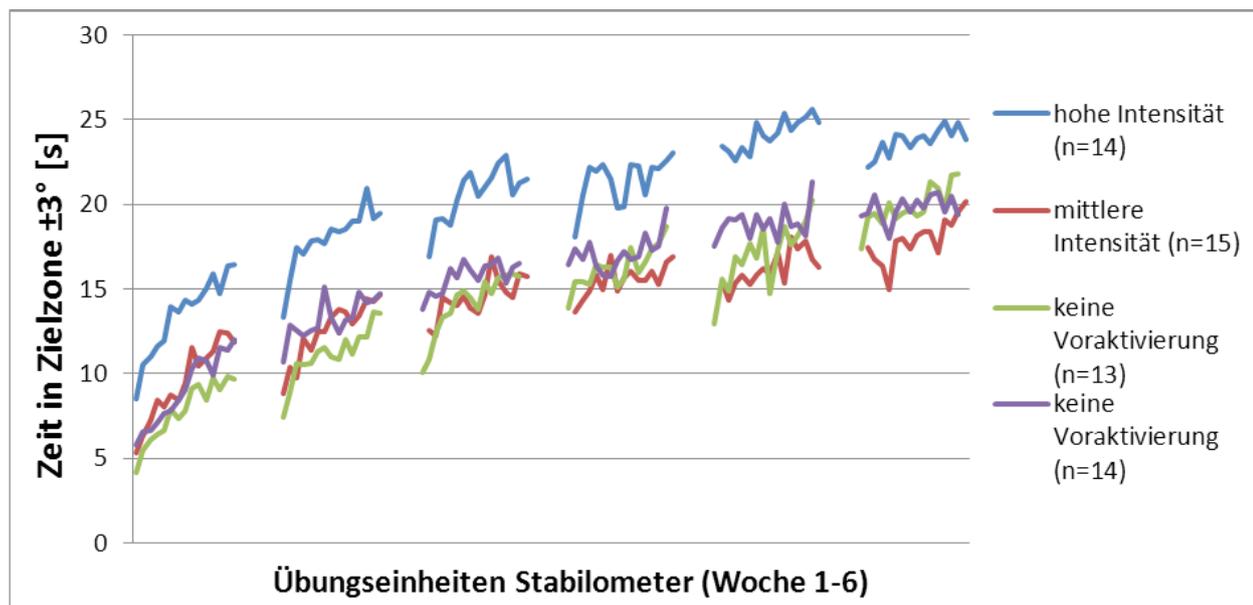


Abb. 3: Mittlere Leistung auf dem Stabilometer im Zeitverlauf des 6-wöchigen Trainings. Dargestellt sind die Mittelwerte von allen 15 Durchgängen pro Übungseinheit.

Die Leistung auf dem Stabilometer wurde anhand der Zeit im Zielintervall (Taubert et al., 2010) ermittelt und für alle Gruppen in Abb. 3 dargestellt. Eine ANOVA mit Messwiederholung mit Innersubjektfaktor ÜBUNGSEINHEIT (Mittelwert der Einheiten 1-6) und Zwischensubjektfaktor GRUPPE (alle 4 Gruppen) ergab einen signifikanten Haupteffekt ÜBUNGSEINHEIT ( $p < 0.001$ ) und GRUPPE ( $p < 0.012$ ) sowie einen signifikanten Interaktionseffekt ( $p < 0.002$ , Greenhouse-Geisser korrigiert). Die geplanten Vergleiche zwischen beiden Voraktivierungsgruppen (2-seitiger t-Test für ungepaarte Stichproben, Bonferroni-korrigiertes Signifikanzniveau von  $p < 0,0083$  für 6 Vergleiche) ergaben signifikant höhere Leistungswerte an den Übungstagen 2-6, jedoch nicht am ersten Tag in der intensiven im Vergleich

zur mittleren Voraktivierungsgruppe. Zudem zeigte der Test auf Innersubjektkontraste eine signifikante lineare Ausprägung der Interaktion.

### 3.2 Feldexperiment

Die Daten der deskriptiven Statistik sowie des t-Tests für verbundene Stichproben sind für die jeweiligen Mesozyklen im Wasserspringen und Gerätturnen in Tab. 1 zusammengestellt.

Tab. 1: Anzahl der ausgewerteten Übungen (N), Mittelwerte (M), Streuung (SD), T-Werte und Sigifikanzniveau (p) im Wasserspringen und Gerätturnen

Sportart	Periodenzyklus	Pose	N	M	SD	T	p
Wasserspringen	mit SAP	Hüftwinkel	494	83,80	15,77		
		Rotation	496	26,51	44,96		
	ohne SAP	Hüftwinkel	494	85,52	17,17	-1,54	0,124
		Rotation	496	24,78	37,02	0,66	0,507
Gerätturnen	mit SAP	Hüftwinkel	292	10,39	7,81		
		Rotation	292	276,83	23,44		
	ohne SAP	Hüftwinkel	292	12,70	10,11	-3,16	0,02
		Rotation	292	276,65	27,54	0,08	0,937

#### 3.2.1 Wasserspringen

Zur Auswertung wurde das mittlere Niveau des Hüftwinkels und die Parameter des Streckzeitpunkts in beiden Mesozyklen verglichen. Beim Parameter Hüftwinkel konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Erwärmungsformen festgestellt werden, allerdings eine Tendenz ( $p = 0,124$ ) mit einem besseren Niveau zugunsten der Voraktivierungsstrategie. Insgesamt konnte daher festgehalten werden, dass die Sportlerinnen und Sportler im ersten Mesozyklus einen, wie im Vorfeld gewünschten, geringeren Hüftwinkel zum Zeitpunkt des Streckens erzielen konnten.

Bei dem Parameter des Streckzeitpunktes konnten ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Mesozyklen diagnostiziert werden. Da die Sportlerinnen bzw. Sportler mit Mittelwerten von  $26,51^\circ$  und  $25,15^\circ$  sehr nahe am Soll-Wert von  $25^\circ$  liegen, kann man davon ausgehen, dass der Zeitpunkt des Streckens von Anfang an gut bei ihnen ausgebildet war.

Ein kompletter Verlauf in beiden Periodenzyklen mit Mittelwert und Streuung an den jeweiligen Trainingseinheiten ist als Fallbeispiel in Abb. 4 dargestellt.

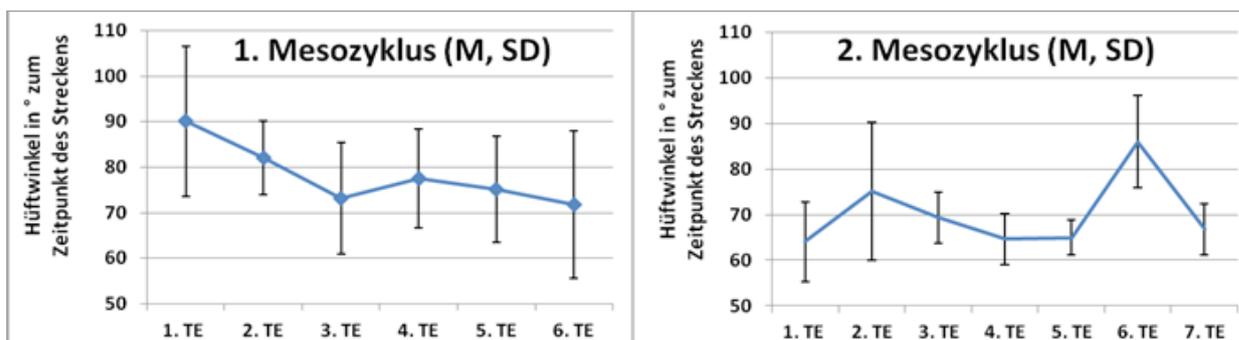


Abb. 4: Verlaufsanalyse einer Sportlerin im Wasserspringen – 1. Mesozyklus (links), 2. Mesozyklus (rechts)

### 3.2.2 Gerätturnen

Zur Auswertung wurde wie im Wasserspringen das mittlere Niveau des Hüftwinkels und die Parameter des Streckzeitpunkts in beiden Mesozyklen verglichen.

In Vorbereitung der Beurteilung der Videoaufnahmen wurde für die Position des Öffnens ein Hüftwinkel von 75° durch Experten als optimal definiert. Während der Videoauswertung mit der *utilius vimes* Software konnten in diesem Bereich große Qualitätsunterschiede in der Ausführung der Bewegung festgestellt werden. Bei der mit einer intensiven über die Pulsfrequenz gesteuerten sportartspezifischen Erwärmung im 1. Mesozyklus lag die Winkelabweichung vom Sollwert im Mittel bei 10,39°. Im 2. Mesozyklus, in dem die Trainingseinheiten nur mit einer allgemeinen Erwärmung eingeleitet wurden, ist eine höhere Winkelabweichung vom Sollwert zu erkennen (12,11°). Die statistische Auswertung (gepaarter t-Test) erbrachte eine signifikant höhere Qualität nach submaximaler Aktivierung ( $p = 0,04$ ; Bonferoni korrigiert).

Weiterhin wurde im Rahmen der Auswertung der Videoaufnahmen die Ist-Rotation zum Zeitpunkt des Öffnens des Saltos vorwärts gehockt untersucht. Hierbei konnten statistisch keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden unterschiedlichen Erwärmungsformen festgestellt werden. Die Ausführung der Turnerinnen im zweiten Mesozyklus ist, in Bezug auf diesen ausgewerteten Parameter, nur geringfügig schlechter als im ersten Mesozyklus.

## 4 Diskussion

Die Ergebnisse der Laborstudie zeigen, dass sich eine intensive, 2-wöchige Voraktivierungsstrategie auf einem Fahrradergometer positiv auf einen nachfolgenden motorischen Lernprozess auswirkt. Dieser positive Effekt scheint im Laufe des motorischen Lernens immer deutlicher zu werden. Interessanterweise waren die Unterschiede zwischen den beiden Voraktivierungsprotokollen sehr deutlich und die Leistungsunterschiede zwischen beiden Gruppen kamen keinesfalls durch eine schlechtere Lernleistung in der mittleren Voraktivierungsgruppe zustande, wie der Vergleich mit bereits bestehenden Datensätzen ohne Voraktivierung deutlich macht, sondern durch eine gesteigerte Lernleistung in der hochintensiv trainierenden Voraktivierungsgruppe. Somit kann geschlossen werden, dass sich nicht jede Form der Voraktivierung positiv auf nachfolgende Lernprozesse auswirkt, sondern dass die Intensität der Voraktivierung eine enorm wichtige Rolle spielt und idealerweise trainingswissenschaftlich begleitet und kontrolliert werden sollte.

Dieser Befund deckt sich mit unseren Annahmen zur intensitätsspezifischen Ausschüttung zentralnervaler Wachstumsfaktoren (BDNF) im Rahmen akuter Trainingsbelastungen (Rojas-Vega et al., 2006; Knaepen et al., 2010). Je höher die Belastung, desto mehr BDNF wird ausgeschüttet und möglicherweise im Zentralnervensystem für Lernprozesse bereitgestellt. Die eigenen MRT-Studien zum Stabilometertraining zeigen signifikante Anpassungen in der Hirnstruktur im Verlauf einer 6-wöchigen Übungsperiode (Taubert et al., 2010; 2011). Die von uns postulierte Signalkette zwischen belastungsinduzierter und intensitätsabhängiger BDNF-Ausschüttung und deren Nutzung für nachfolgende, lerninduzierte Plastizitätsprozesse im Gehirn (Bekinschtein et al., 2008) scheint zumindest auf der Ebene der motorischen Leistung Bestand zu haben. Es galt nun in der folgenden Antragsphase des Feldexperiments, diese Intensitätsspezifität in den Leistungssport zu übertragen und in den Trainingsalltag der Sportlerinnen und Sportler zu integrieren.

Die bei der Laboruntersuchung auf dem Stabilometer erreichte Verbesserung durch eine Voraktivierungsstrategie ließ sich bei den ausgewerteten Parametern im Wasserspringen und Gerätturnen nicht in gleicher Weise nachweisen.

Wir gehen davon aus, dass im Wasserspringen die Untersuchungszeiträume für die gestellte motorische Lernaufgabe nicht ausreichend lang waren. Im Gerätturnen konnte eine leichte Verbesserung im Prozess des motorischen Lernens festgestellt werden. Im Rahmen des ersten Mesozyklusses, bei dem eine sportartspezifische Erwärmung durchgeführt wurde, erreichen die Probandinnen in Bezug auf den Parameter (Soll-/Ist-Wert zum Zeitpunkt des Öffnens) signifikant bessere Ergebnisse.

Um diese Ergebnisse zu bestätigen, sind komplette Verlaufsanalysen aller Sportlerinnen und Sportler zu allen erfassten Posen vorgesehen, um umfassendere Aussagen zur Effizienz der Voraktivierungsstrategie im Training treffen zu können.

Die vorliegenden Ergebnisse sind zumindest ein erstes Indiz dafür, dass eine intensive Voraktivierung den motorischen Lernprozess nicht nur in der Laborstudie, sondern auch die Qualität im Training von Nachwuchskadern fördert.

## 5 Literatur

- Bekinschtein, P., Cammarota, M., Katze, C., Slipczuk, L., Rossato, J.I., Goldin, A., Izquierdo, I. & Medina, J.H. (2008). BDNF is essential to promote persistence of long-term memory storage. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 105, 2711-2716.
- Cotman, C.W. & Berchtold, N.C. (2002). Exercise: a behavioral intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends in neurosciences*, 25 (6), 295-301.
- Hillman, C.H., Erickson, K.I. & Kramer, A.F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature reviews neuroscience*, 9, 58-65.
- Kempermann, G., Fabel, K., Ehninger, D., Babu, H., Leal-Galicia, P., Garthe, A. & Wolf, S.A. (2010). Why and how physical activity promotes experience-induced brain plasticity. *Frontiers in neuroscience*, 4, 189.
- Knaepen, K., Goekint, M., Heyman, E.M. & Meeusen, R. (2010). Neuroplasticity – exercise-induced response of peripheral brain-derived neurotrophic factor: a systematic review of experimental studies in human subjects. *Sports medicine*, 40, 765-801.
- Knoll, K. (1999). Entwicklung und Fertigung eines Saltodrehgerätes. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft*, 6 (2), 100-105.
- Neumann, G., Pfützner, A. & Berbalk, A. (2011). *Optimiertes Ausdauertraining*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Roig, M., Skriver, K., Lundbye-Jensen, J., Kiens, B. & Nielsen, J.B. (2012). A Single Bout of Exercise Improves Motor Memory. *Plos one*, 7 (9), 1-8.
- Schiffer, T., Schulte, S., Sperlich, B., Achtzehn, S., Fricke, H. & Strüder, H.K. (2011). Lactate infusion at rest increases BDNF blood concentration in humans. *Neuroscience letters*, 488 (3), 234-237.
- Schmidt, R. A. & Lee, T. D. (1999). *Motor control and learning*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Taubert, M., Draganski, B., Anwander, A., Müller, K., Horstmann, A., Villringer, A. & Ragert, P. (2010). Dynamic properties of human brain structure: learning-related changes in cortical areas and associated fiber connections. *The journal of neuroscience*, 30, 11670-11677.
- van Praag, H. (2009). Exercise and the brain: something to chew on. *Trends in neuroscience*, 32, 283-290.
- Wulf, G., Weigelt, M., Poulter, D. & McNevin, N. (2003). Attentional focus on suprapostural tasks affects balance learning. *Quarterly journal of experimental psychology. A*, 56, 1191-1211.

**Projektbezogene Literatur**

- Clauder, F. (2014). *Effektivierung motorischer Lernprozesse - Verbesserung des motorischen Lernens auf dem Stabilometer durch eine vorgeschaltete Aktivierungsstrategie auf einem Fahrradergometer*. Masterarbeit Universität Leipzig.
- Clauder, Lehmann, Krug & Taubert (2014). *High-intensity exercise augments subsequent long-term motor skill learning* (Publikation in Vorbereitung).
- Warninck, W., Roßberg, C., Taubert, M. & Krug, J. (2014). Trainingsdatenanalyse mit utilius vimes in technisch-kompositorischen Sportarten. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft* (in Druck).

# Optimierung der Bewegungsabläufe beim Startsprung im Sportschwimmen

(AZ 070601/11-13)

*Heike Hermsdorf, Norman Hofmann & Albrecht Keil (Projektleiter)*

Institut für Mechatronik e. V. an der TU Chemnitz

## 1 Problem

Die Bewertung sportlicher Bewegungsabläufe unter Einbeziehung von Messungen beruht darauf, dass ein Modell existiert, das den Einfluss gemessener Größen auf das sportliche Ergebnis abbildet. Um ein solches Modell für die individuelle Gestaltung des Trainings nutzen zu können, muss es nach Möglichkeit auch die individuellen Fähigkeiten einer Athletin bzw. eines Athleten berücksichtigen.

Während aktuell angewandte Bewertungsverfahren oft auf die Einnahme oder das Durchlaufen bestimmter Posen ausgerichtet sind, muss sich eine an der individuellen Physis der Athletin bzw. des Athleten orientierte Bewertung bevorzugt auf die wirkenden Kräfte bzw. Momente beziehen. Eine solche Bewertung liegt nahe, weil die Fähigkeit, Antriebsmomente aufzubringen, vergleichsweise gut trainierbar ist.

Die von der Athletin und vom Athleten aufgebrachten Momente lassen sich nicht direkt messen. Sie können aber mit Hilfe eines Simulationsmodells aus der gemessenen Bewegung und den ebenfalls gemessenen äußeren Kräften bestimmt werden. Es war das Ziel des hier beschriebenen Projektes, für den Startsprung im Sportschwimmen die Methoden für eine an der individuellen Physis der Athletin bzw. des Athleten orientierte Bewertung der Übung zu entwickeln und zu testen. Dabei sind zwei Teilprobleme zu lösen: Die Genauigkeit der eingesetzten Methoden muss soweit verbessert werden, dass die individuellen Unterschiede zwischen den Ausführungen sicher von den Messfehlern unterschieden werden können. Das Verfahren muss außerdem zu einer minimalen technologischen Reife entwickelt werden. Nur dann ist es möglich, die für eine Validierung des Bewertungsmodells notwendige Menge an individuellen Daten zu erheben und damit gleichzeitig Auswirkungen auf Trainingsprozesse zu erreichen.

Die entwickelten Methoden lassen sich zumindest teilweise auch auf andere Sportarten anwenden. Der Startsprung wurde ausgewählt, weil für diese Übung bereits Vorarbeiten existierten (Küchler, 1994) und außerdem beim Verbundpartner IAT in Leipzig ein entsprechender Messplatz verfügbar ist.

## 2 Methoden

### 2.1 Modellierung und Simulation

Die Auswahl eines geeigneten Modells sowie der zugehörigen Simulationsverfahren richtet sich in erster Linie nach den für die Bewertung des Bewegungsablaufes benötigten Beobachtungsgrößen. Da bei der Bewertung der Absprungbewegung die von der Sportlerin bzw. vom Sportler aufgebrachten Momente berücksichtigt werden sollen, ist die Abbildung von Sportlerin/Sportler und Startblock durch ein Mehrkörpersystem (MKS) geeignet.

Mit alaska steht ein am Institut für Mechatronik entwickeltes Simulationswerkzeug zur Analyse, Synthese und Optimierung von Mehrkörpersystemen zur Verfügung. Die Modellbibliothek alaska/Dynamicus (Institut für Mechatronik e. V., 2014) stellt ein biomechanisches MKS-Menschmodell sowie ein Verfahren zur Bewegungsrekonstruktion zur Verfügung, wobei das Menschmodell um beliebige MKS-Modellkomponenten, wie z. B. eingepärgte Kräfte, erweitert werden kann (Abb. 1).

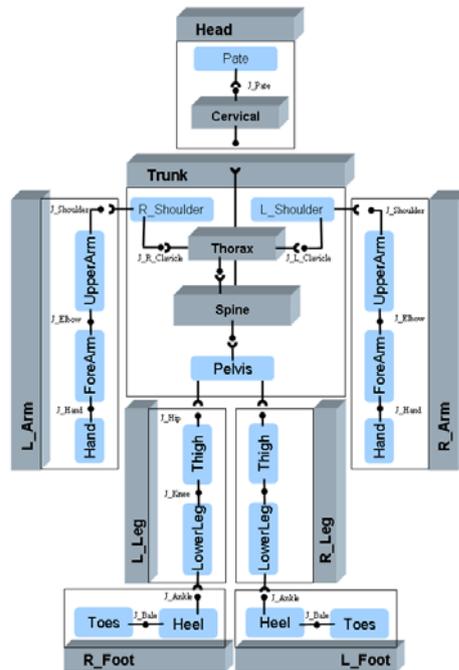


Abb. 1: Aufbau des biomechanischen Menschmodells Dynamicus

Für die Modellierung des Startsprungs sind die Bewegungsmöglichkeiten in den Gelenken des Modells, die individuellen anthropometrischen Daten der Testperson und die gemessene Bewegung in Form von Markerkoordinaten zu spezifizieren.

Der Startblock wird als starrer Körper modelliert, der fest mit dem Fundament verbunden ist.

Um Gelenkmomente berechnen zu können, werden die gemessenen Bodenreaktionskräfte zwischen Testperson und Startblock eingepreßt. Dabei werden Kräfte in den Armen durch Zug an der Griffstange, Kräfte auf den vorderen Fuß und Kräfte auf den hinteren Fuß, der auf der Fersenstütze abgestützt ist, berücksichtigt.

Die eingepreßten Kräfte werden im Modell durch Kraftvektor und Kraftangriffspunkt definiert. Diese Daten werden aus Messungen auf dem Messstartblock des IAT gewonnen. Für fehlende Daten werden geeignete Standardwerte angenommen (Abb. 2).

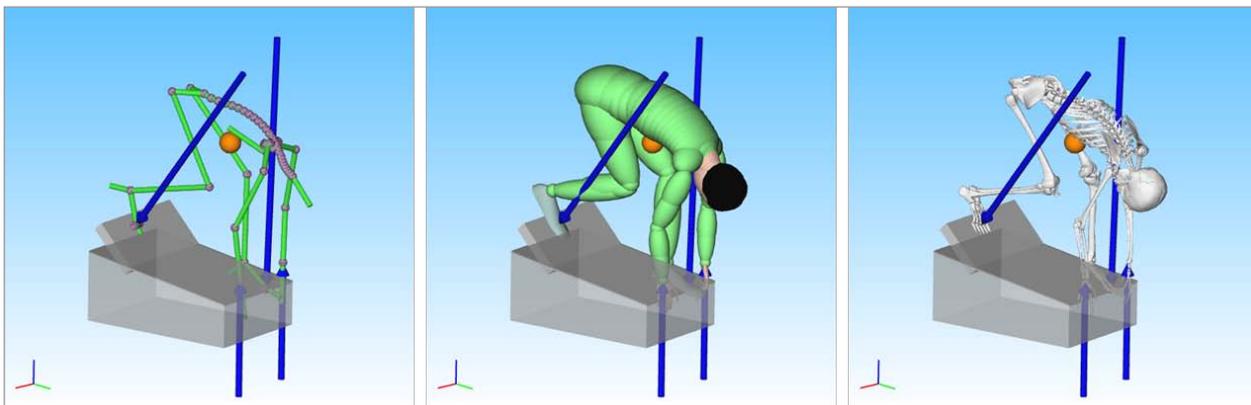


Abb. 2: Menschmodell mit eingepreßten Bodenreaktionskräften

Die Simulation ist ein zweistufiges Verfahren. In der ersten Stufe wird die Bewegungsrekonstruktion ausgeführt. Auf Grundlage von Daten der Bewegungserfassung wird die Bewegung der Testperson auf das Menschmodell übertragen, d. h. das Menschmodell bewegt sich wie die Testperson.

Anschließend wird die Inverse Dynamik berechnet. Dazu wird die rekonstruierte Bewegung, d. h. die globale Bewegung des Modellkörpers „Pelvis“ sowie die Relativbewegung aller Gelenke, als Zwangsbedingung vorgegeben. Das Menschmodell durchläuft alle Lagen der rekonstruierten Bewegung. Geschwindigkeiten und Beschleunigungen werden durch Interpolation berechnet, so dass auch dynamische Beobachtungsgrößen berechnet werden können.

Die Inverse Dynamik wird dabei in zwei Konfigurationen berechnet. Zunächst werden keine Bodenreaktionskräfte in das Modell eingepreßt. Die Zwangskräfte zur Steuerung der Bewegung des Modellkörpers „Pelvis“ stellen in diesem Fall die Summe der Bodenreaktionskräfte (Summe über beide Füße und Hände) dar. Durch Vergleich der so berechneten mit den gemessenen Bodenreaktionskräften wird die Güte des Modells validiert.

In der zweiten Konfiguration werden die gemessenen Bodenreaktionskräfte in den Modellkörpern (Hände und Füße) eingepreßt und die Gelenkmomente berechnet. Die Gelenkmomente stellen die Reduktionsmomente aller Muskelkräfte, die das Gelenk „überspannen“, bezüglich des Gelenkpunktes dar. Die Gelenkmomente sind daher eine geeignete Größe zur Beurteilung der insgesamt aufgebrauchten Muskelkräfte (Abb. 3).

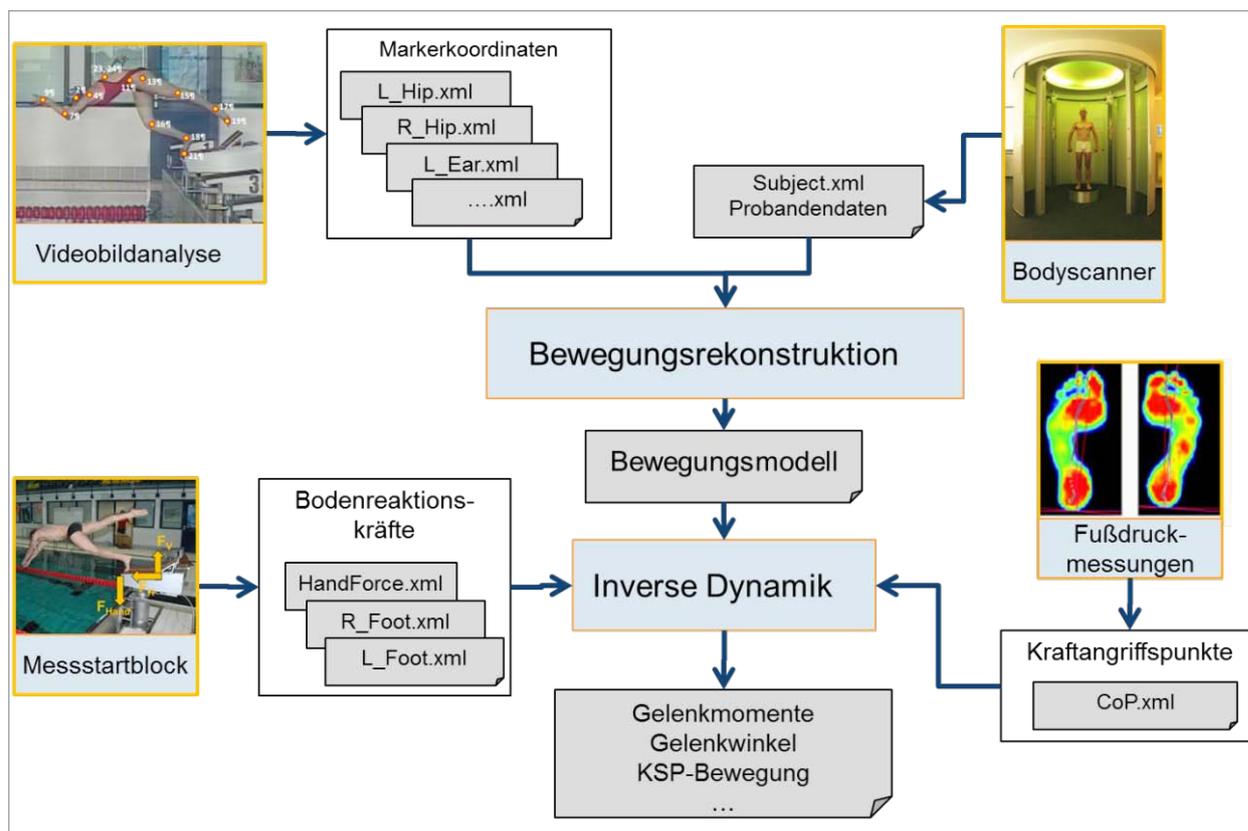


Abb. 3: Simulationsverfahren und dessen Eingangsdaten

## 2.2 Ermittlung von Eingangsdaten für das Modell

Zur Berechnung der individuell aufgebrachten Momente werden neben den Zeitverläufen von Bewegungsdaten und Bodenreaktionskräften die individuellen anthropometrischen Daten der Sportlerin bzw. des Sportlers benötigt.

Diese werden beim klassischen Vorgehen durch eine Vermessung der Testperson mit speziellen anthropometrischen Messwerkzeugen erhoben. Im Ergebnis liegen Abstände und Umfänge („Leitmaße“), die durch äußere anthropometrische Punkte definiert sind, vor. Für biomechanische Analysen sind jedoch die Lage der Gelenke sowie die Masseverteilung entscheidend. Diese Daten werden aktuell durch Regressionsformeln aus den Leitmaßen berechnet. Damit wird der Individualität der Sportlerin bzw. des Sportlers jedoch nur bedingt Rechnung getragen. Deshalb wurden alternative Verfahren zur Bestimmung anthropometrischer Daten entwickelt und eingesetzt (Härtel, 2011).

Eine Analyse der Möglichkeiten des Bodyscanners VITUS Smart LC der Firma Human Solutions zeigte verschiedene Anwendungsszenarien auf. Die vom Bodyscanner generierte Beschreibung der Hüllgeometrie der Testperson kann geometrisch analysiert werden, um die geforderten anthropometrischen Leitmaße automatisiert zu berechnen. Mit einer zusätzlichen Softwarekomponente kann ein Skelett in die Hüllgeometrie eingepasst werden. Damit stehen Daten zur Lage der Gelenke zur Verfügung. Wird die Hüllgeometrie mit Hilfe geometrischer Schnittfunktionen in Teilkörper separiert, können bei Annahme einer durchschnittlichen Dichte Aussagen über Massen und Massenträgheitsmomente abgeleitet werden.

Eine weitere interessante Möglichkeit besteht in der Anwendung eines Motion Capture Systems. Wenngleich die Lage der Gelenke der Testperson nicht direkt durch ein Motion Capture System erfasst werden kann, steht mit der Methode der virtuellen Drehzentren ein Verfahren zur Verfügung, das die Lage der Gelenke aus den Daten von Sensoren, die an der Testperson befestigt wurden, berechnet. Zur Untersuchung dieser Methodik wurde das Motion Capture System ART eingesetzt. An der Testperson wurden sogenannte Targets – eine Kombination aus optischen Markern – befestigt und eine Kalibrierbewegung der Person aufgezeichnet. Es wurde eine Softwarekomponente entwickelt, die aus den Sensordaten der Kalibrierbewegung die Lage der Gelenke berechnet.

Bei der Arbeit mit dem ART-System konnte die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Bewegungserfassung nachgewiesen werden. Deshalb wurde der Einsatz des Systems zur Gewinnung von Bewegungsdaten für Absprungbewegungen in Betracht gezogen. Da davon auszugehen war, dass die Einsatzbedingungen für das Motion Capture System in der Schwimmhalle wesentlich schwieriger als in der Sporthalle sind, wurden zunächst Imitationssprünge erfasst. Nach Optimierung des Aufnahmeszenarios (Anzahl und Position der Kameras) konnten die Imitationssprünge erfolgreich erfasst werden und eine Übertragung der Technologie auf die Schwimmhalle erschien möglich. Jedoch konnten hier keine verwertbaren Bewegungsdaten gewonnen werden. Die Erkennungsrate des Systems war so gering, dass keine zusammenhängenden Zeitverläufe von Sensordaten erstellt werden konnten. Als mögliche Ursachen sind die relativ niedrige Aufnahme Frequenz des Systems von maximal 60 Hz sowie unkontrollierte Reflexionspunkte durch die Wasseroberfläche zu sehen.

Deshalb musste auf das bewährte Verfahren der Videobildanalyse zurückgegriffen werden. Dieses Verfahren ist sehr zeitaufwändig und liefert Daten nur mit eingeschränkter Genauigkeit, ist jedoch eine robuste Möglichkeit der Bewegungserfassung, wenn der Einsatz automatisierter Motion Capture Systeme nicht möglich ist.

Die Absprungbewegungen in der Schwimmhalle wurden mit vier Videokameras aufgezeichnet. Für die Videobildanalyse wurde die am IAT entwickelten Software Mess3D (Hildebrand & Drenk, 2000)

eingesetzt. Durch manuelles Selektieren von 20 Körperpunkten in allen Videobildern konnten die 3D-Koordinaten der Körperpunkte bestimmt werden (Abb. 4).

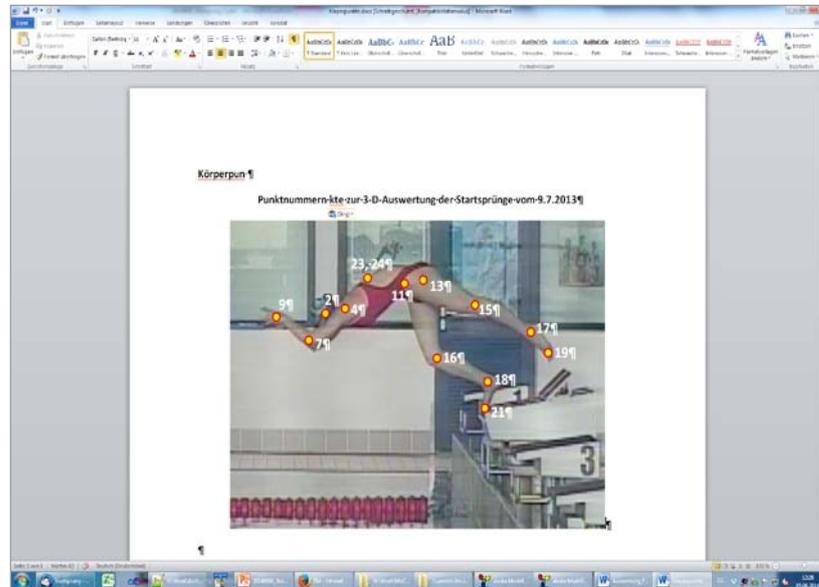


Abb. 4: Erfasste Körperpunkte in der Videobildanalyse

Die Zeitverläufe der Bodenreaktionskräfte wurden durch einen Messstartblock erfasst, der am IAT entwickelt wurde (Kindler, 2011). Der Messstartblock erfasst die horizontalen und vertikalen Komponenten der Kräfte, die durch die Füße auf den Startblock übertragen werden separat für den rechten und linken Fuß. Weiterhin werden summarisch die Zugkräfte zwischen beiden Händen und der Griffstange in vertikaler Richtung gemessen. Die gemessenen Kräfte liegen mit einer Abtastfrequenz von 200 Hz vor (Abb. 5).

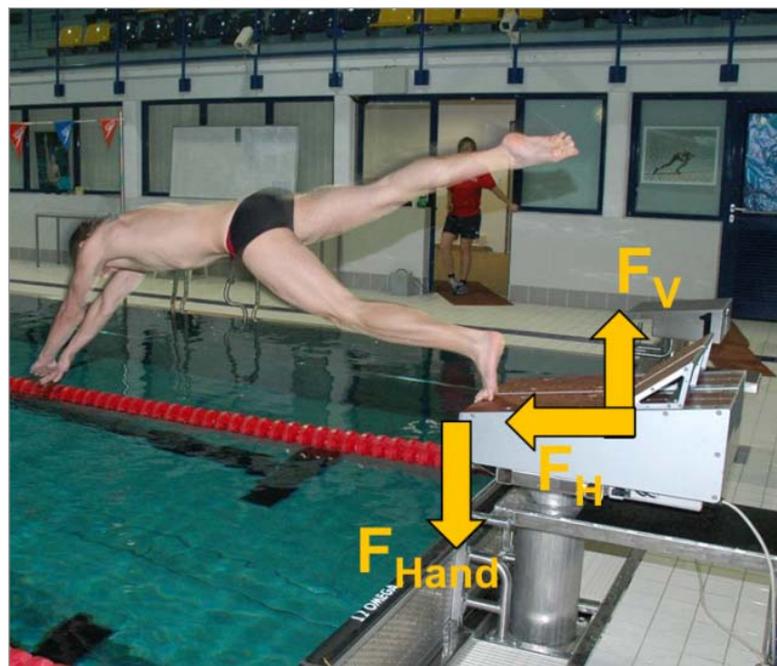


Abb. 5: Messstartblock

### 3 Ergebnisse

Im Ergebnis der Arbeiten entstand ein biomechanisches Modell zur Simulation von Absprungbewegungen. Das Modell ist parametrisiert und kann einfach an die jeweilige Sportlerin/den jeweiligen Sportler und die zu simulierende Absprungbewegung angepasst werden. Damit ist gewährleistet, dass alle Absprungbewegungen mit den gleichen Modellannahmen simuliert und weitere Absprungbewegungen einfach einbezogen werden können.

Mit den beschriebenen Methoden zur Ermittlung von Eingangsdaten für das Simulationsmodell wurden die Absprungbewegungen für fünf Nachwuchssportlerinnen und -sportler erfasst (Tab. 1).

Tab. 1: Probandenübersicht

Sportler	Geschlecht	Größe	Gewicht	Fersenstütze
N_1	weiblich	1.70 m	64.2 kg	links
N_2	weiblich	1.74 m	59.3 kg	links
N_3	männlich	1.89 m	86 kg	rechts
N_4	männlich	1.83 m	72.4 kg	rechts
N_5	männlich	1.85 m	73.5 kg	links

Zur Absicherung des Modells und der Simulationsverfahren wurde die Summe der Bodenreaktionskräfte für alle fünf Absprungbewegungen berechnet. Die folgende Abbildung zeigt an einem Beispiel den Vergleich mit den gemessenen Bodenreaktionskräften in vertikaler und horizontaler Richtung (Abb. 6).

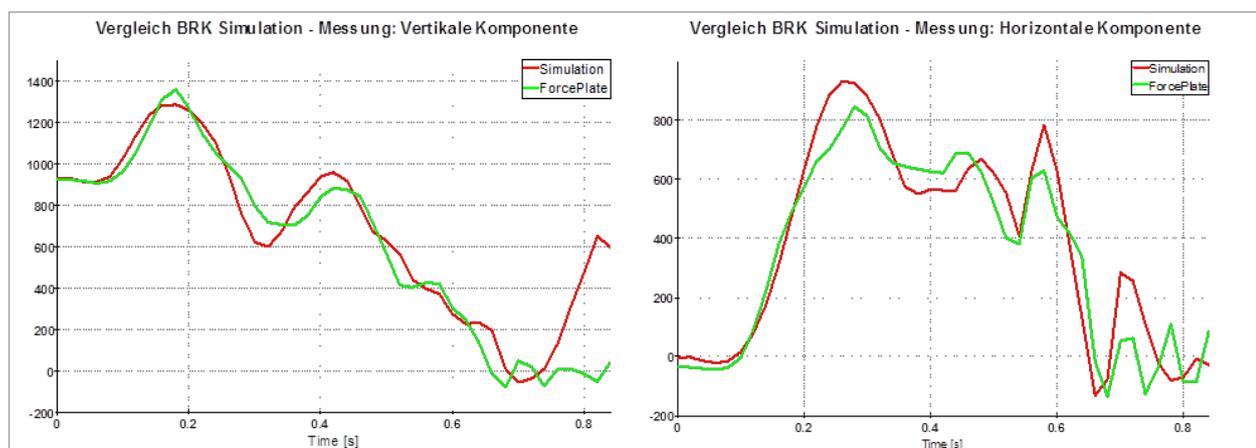


Abb. 6: Vergleich der berechneten (grün) und der gemessenen Bodenreaktionskräfte (rot) für Sportler 5.

Die gute Übereinstimmung der Ergebnisse zeigt, dass die gemessene Bewegung, die gemessenen Kräfte und die individuellen Modellparameter, die in der Simulation durch die Bewegungsgleichungen verbunden sind, ein konsistentes System bilden. Es kann somit davon ausgegangen werden, dass das Modell sowohl hinsichtlich der kinematischen als auch der dynamischen Eigenschaften valide

ist. Mit Hilfe dieses Modells können nun weitere Beobachtungsgrößen wie z. B. die Flexionswinkel für Arme und Beine, Lage und Geschwindigkeit des Körperschwerpunkts, Abflugwinkel, Impuls und Drehimpuls sowie Gelenkmomente der Flexion für Sprunggelenk, Kniegelenk und Hüftgelenk berechnet werden (Abb. 7).

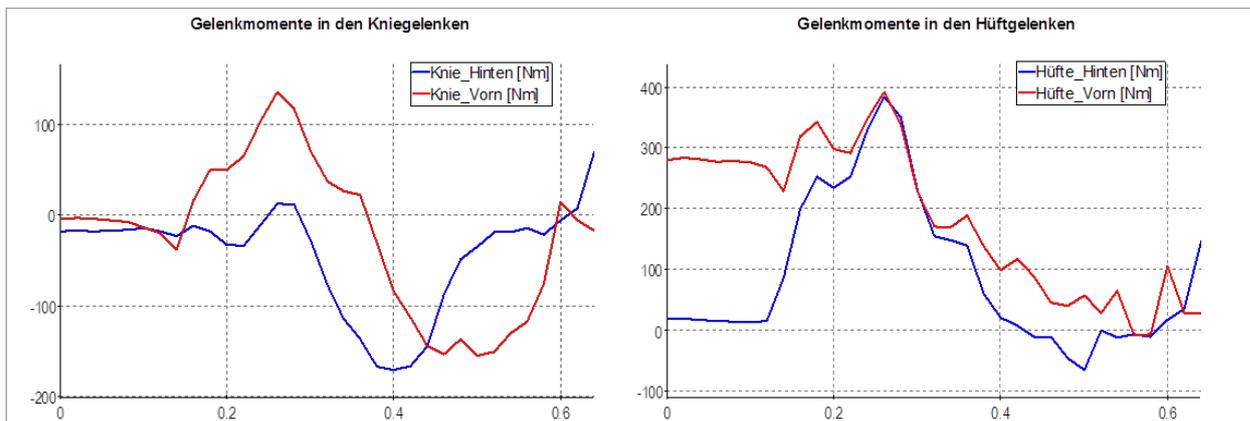


Abb. 7: Flexionsmomente im Kniegelenk und Hüftgelenk für Sportler 5 jeweils für das vordere und hintere Bein.

Im TrainerAnalyseTool, das ebenfalls am IfM entwickelt wurde, können mehrere Absprungbewegungen verglichen werden. In die Gegenüberstellung werden sowohl Animationssequenzen als auch Kurvenverläufe einbezogen. Das TrainerAnalyseTool in Verbindung mit dem dynamo- und videometrischen Messplatz stellt somit dem Trainingswissenschaftler bzw. Trainer alle notwendigen Informationen zur Bewertung der Absprungbewegung in geschlossener Form zur Verfügung. Neben der klassischen biomechanischen Analyse (Betrachtung des Körperschwerpunktes, kinematische Analyse) ist es nun möglich, das komplexe zeitliche Zusammenspiel der Einzelantriebe zu beurteilen. So kann z. B. die Auswirkung von Armzugkräften oder einer rückverlagerten Starthaltung auf das Kräftefeld innerhalb der Gliederkette bewertet werden. Die Aufklärung des Zusammenhangs zwischen äußeren gemessenen Reaktionskräften und den inneren Antriebsmomenten in den Gelenken der Bein-kette, die nun berechnet werden können, birgt dabei großes Potenzial für die trainingswissenschaftliche Analyse (Abb. 8).

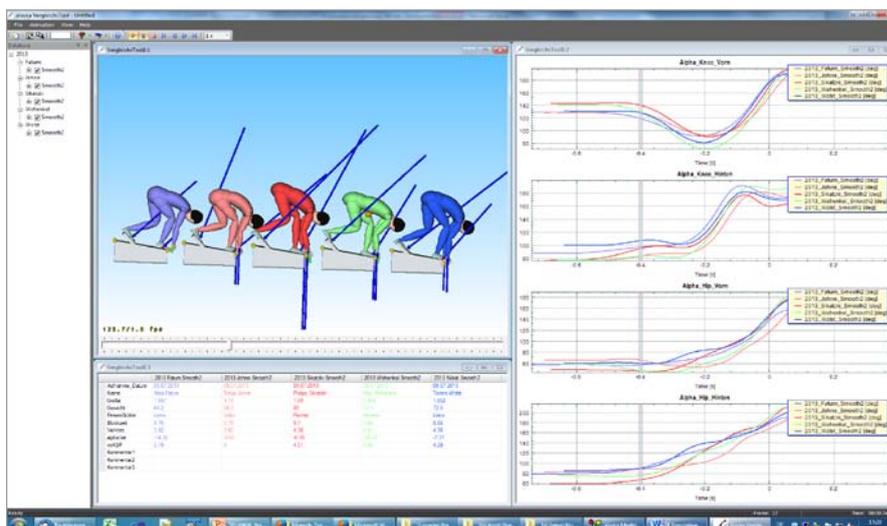


Abb. 8: Vergleich von Absprungbewegungen im TrainerAnalyseTool

## 4 Diskussion

Es konnte gezeigt werden, dass mit Hilfe eines individualisierten MKS-Simulationsmodells aus gemessenen Bodenreaktionskräften und Bewegungen, die am Trainingsmessplatz erfasst werden können, valide Beobachtungsgrößen für eine individuelle dynamische Bewertung von Startsprüngen im Sportschwimmen ermittelt werden können. Dazu gehören insbesondere die Antriebsmomente in den Gelenken, die summarisch die vom Athleten aufgebrauchten Muskelkräfte abbilden.

Das Simulationsmodell basiert auf individuellen anthropometrischen Daten der Sportlerinnen und Sportler. Für deren Ermittlung wurden mit dem Bodyscanner und dem Verfahren der Kalibrierbewegung zwei interessante neue Ansätze realisiert. Beide Verfahren weisen Vor- und Nachteile auf. Die Kalibrierbewegung erweist sich für die Bestimmung der Gelenkpositionen als überlegen, da sie keine Regressionsformeln benötigt. Jedoch kann diese Methode keine Aussagen zur Massenverteilung liefern. Diese Daten können hingegen zuverlässig mit Hilfe eines Bodyscanners ermittelt werden. Da die Daten für eine begrenzte Anzahl von Athletinnen und Athleten jeweils nur einmal ermittelt werden müssen, sollten zukünftig beide Verfahren kombiniert werden.

Die entwickelte Technologie muss in der Folge durch eine größere Anzahl von Experimenten abgesichert werden. Diese werden auch benötigt, um aus den berechneten Zeitreihen ein praktisch handhabbares Bewertungsmodell zu entwickeln.

Die Durchführung einer größeren Zahl von Experimenten ebenso wie die unmittelbare Nutzung der Technologie im Trainingsprozess wird gegenwärtig noch durch die Nutzung der Videobildanalyse als Methode der Bewegungserfassung erschwert, weil damit eine zeitnahe Gewinnung von Bewegungsdaten nicht möglich ist. Die aktuellen Entwicklungen auf dem Gebiet der Motion Capture Technologie lassen jedoch erwarten, dass dieses Problem möglicherweise schon mit einer nächsten Generation von Infrarotkameras behoben werden kann.

Die entwickelten Methoden sind nicht auf die Anwendung im Startsprung beschränkt. Sie können auf andere Sportarten übertragen werden, sofern eine vollständige Messung von Kräften und Bewegung technisch möglich ist.

## 5 Literatur

- Graumnitz, J., Kuchler, J. & Drenk, V. (2007). Greifstart oder Schrittstart – Fakten und Tendenzen aus Analysen bei internationalen Meisterschaften im Sportschwimmen. In W. Leopold (Hrsg./Red.), *Schwimmen – Lernen und Optimieren*, 28 (S. 90-101). Beucha: DSTV.
- Härtel, T., Schleichardt, A. & Graumnitz, J. (2011): Längenänderungen von Antriebsmuskeln der Bein- kette beim Startsprung im Sportschwimmen. In T. Sieber & R. Blickhan (Hrsg.), *Biomechanik – vom Muskelmodell bis zur angewandten Bewegungswissenschaft*, Schriften der DVS, Band 219 (S. 241-246). Edition Czwalina, Feldhaus Verlag, Hamburg.
- Härtel, T. & Schleichardt, A. (2011): Individuelle Optimierung von Bewegungsabläufen beim Start- sprung im Sportschwimmen, *Jahrestagung der dvs-Kommission Schwimmen*, 07.-09.November, Leipzig.
- Hildebrand, F. & Drenk, V. (2000). *Software „mess3D“ für die Auswertung dreidimensionaler Videoauf- nahmen*. [Computersoftware]. Leipzig: IAT.
- Institut für Mechatronik e. V., Chemnitz, (2014). *Dynamicus 8.0 – Referenz- und Benutzerhandbuch*.
- Kibele, A., Fischer, S. & Biel, K. (2011). Biomechanische Grundlagen des Startsprungs im Schwimmen *Sportwissenschaft*, 41, 202–215.
- Kibele, A., Fischer, S. & Biel, K. (2012/2013). Optimizing individual stance position in swim start on the OSB11. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.) *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2012/13* (S. 61-66). Köln: Sportverlag Strauß.
- Kindler, M. (2011). Der dynamometrische Startblock im MIS Schwimmen, 13. *Frühjahrsschule ‚Infor- mations- und Kommunikationstechnologien in der angewandten Trainingswissenschaft‘*, 13./ 14. April.
- Kuchler, J. (1994). Mechanische Analyse des Startabschnitts im Schwimmen. In W. Freitag (Hrsg.), *Schwimmen - Lernen und Optimieren*, 8 (S. 73-85). Rüsselsheim: DSTV.
- Schleichardt, A. & Härtel, T. (2011). Längenänderungen von Antriebsmuskeln der Bein- kette beim Startsprung im Sportschwimmen, *Tagung der DVS Sektion Biomechanik 2011*, 14.-16.April, Jena.



# Energetische Anforderungen im Eisschnellauf

(070709/12-13)

Mario Hermsdorf & Ulrich Hartmann (Projektleiter)

Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, Institut für Bewegungs- und Trainingswissenschaft der Sportarten II

## 1 Einleitung und Problemstellung

Eisschnellauf als Wettkampfsport ist an spezielle anthropometrische und stoffwechselphysiologische Voraussetzungen gebunden und erfordert ein langjähriges technisches und umfangreiches konditionelles Training. Des Weiteren gilt er als sogenannte Ausdauer-Kraftsportart mit hohen Ansprüchen an die sportartspezifische Lauftechnik.

Eine eisschnellaufspezifische, hohe technische Fertigkeit bringt nur wenig Vorteile, wenn diese auf dem Eis mangels stoffwechselphysiologischer Fähigkeiten nicht genutzt werden kann. Ein wesentlicher Aspekt des Trainings im Eisschnellauf ist daher neben der Entwicklung einer optimalen Technik eine möglichst hohe (stoffwechsel-)physiologische Leistungsvoraussetzung.

Hinsichtlich der physischen Einflussgrößen wird davon ausgegangen, dass der Großteil der leistungsbeschreibenden und -bedingenden Faktoren ausreichend bekannt ist. So stammen z. B. die in der Literatur vorliegenden Angaben zum Energiestoffwechsel im Eisschnellauf aus den Jahren 1980 (Kindermann & Keul, 1980) und 1983 (Dal Monte, 1983 in Bompa, 1999) vor der Einführung des Klappschlittschuhs sowie 1990 (van Ingen Schenau et al.), 1999 (Gemser et al.), 2004 (Foster et al.) und 2005 (de Koning et al.).

In der aktuellen Literatur wird davon ausgegangen, dass über die 1.000-m-Sprintstrecke ein Verhältnis von anaerober zu aerober Beteiligung von 67 % zu 33 % (vgl. van Ingen Schenau et al., 1990) bzw. von 55 % zu 45 % (Foster et al., 2004) zugrunde zu legen ist. Bei Rennen über die Langdistanz von 5.000 m geben van Ingen Schenau et al. (1990) eine Relation bzw. ein Verhältnisse von 32 % anaerob zu 68 % aerob an. Gemser et al. (1999) gehen bereits von einem Verhältnis von 14 % anaerob und 86 % aerob aus. Für die 3.000-m-Strecke publizierten als einzige Foster et al. (2004) ein Verhältnis von 47 % zu 53 % (anaerob zu aerob).

Weiter ist auffällig, dass es kaum aktuell publizierte Angaben über die Höhe der (maximalen) Sauerstoffaufnahmen bei hochtrainierten Athletinnen und Athleten im Eisschnellaufen gibt; die wenigen Angaben dazu beziehen sich auf ausländische Athletinnen und Athleten und auf Angaben aus den siebziger und achtziger Jahren (Ekblom et al., 1967; Geijssel, 1979; beide in Foster & Thompson, 1990); weitere Angaben beziehen sich fast ausschließlich auf Nachwuchsathletinnen und -athleten bzw. auf Athletinnen bzw. Athleten anderer Sportarten. Entsprechende aktuelle Angaben deutscher Sportlerinnen und Sportler sind aus der Literatur nicht ersichtlich.

## 2 Ziel des Forschungsprojekts

Ziel des Forschungsprojektes war es, die für eine hohe Leistung notwendigen physischen Rahmenbedingungen im Eisschnellauf zu überdenken und die existierenden Sichtweisen aus stoffwechselphysiologischer Sicht zu überarbeiten bzw. ggf. neu zu definieren. Zusammenfassend können die folgenden drei übergeordneten Ziele genannt werden:

- › Erhebung des aktuellen physiologischen Status quo bei ca. 15 Kaderathletinnen und -athleten mittels Laborleistungsdiagnostik. Bestimmung des Gasstoffwechsels bzw. der maximalen Sauerstoffaufnahme ( $VO_{2max}$ ) im Labor im Rahmen der Durchführung eines Leistungstests zur Bestimmung der  $VO_2$ .

- › Erhebung des Gasstoffwechsels und der Nachbelastungslaktatkonzentration bei simulierten Eisschnelllaufbelastungen über unterschiedliche Wettkampf- sowie über einzelne Teildistanzen.
- › Berechnung der Verteilung der Energiebereitstellung für die unterschiedlichen Wettkampf- sowie für einzelne Teildistanzen.

## 3 Methodik

Die Erhebung der aktuellen physiologischen Gegebenheiten mittels Laborleistungsdiagnostik erfolgte mit Unterstützung in den entsprechenden Einrichtungen des IAT, Außenstelle Berlin (Fachgruppe Eisschnelllauf), und des OSP-Berlin. Im Rahmen von komplexen Leistungsdiagnostiken (zentrale Maßnahmen der DESG in Zusammenarbeit mit dem IAT und dem OSP-Berlin) wurden bei den Untersuchungen auf dem Eis (Stufentest, all-out-Test) neben Laktatanalysen spirometrische Parameter erhoben.

### 3.1 Messequipment & Datenerfassung

Für die Erfassung der Atemtätigkeit sowie der Atemgase wurden bei Felduntersuchungen vier baugleiche mobile Atemgasmesssysteme vom Typ MetaMax<sup>®</sup> 3B für zeitökonomische, parallele Messungen eingesetzt, für die Laboruntersuchungen ein stationäres Atemgasmesssystem vom Typ MetaLyzer 3B (alle Geräte: Cortex, Leipzig, Germany).

Bei den Messungen auf dem Eis wurden das Spirosystem MetaMax<sup>®</sup> 3B von den Testpersonen über ein Rückentragesystem permanent und ohne Beeinflussung der Lauftechnik mitgeführt. Bei den Messungen in der Eisschnelllaufhalle in Berlin wurde zusätzlich das dort installierte Local Position Measurement System (LPM-System) für die synchrone Bestimmung (zur Atemgasanalyse) der Position, Geschwindigkeit und Beschleunigung der Athletinnen und Athleten genutzt (INMOTIO, Amsterdam, Netherland). Die Genauigkeit, mit der die Position der Sportlerinnen und Sportler bestimmt wird ( $\pm 5$  cm), wird durch eine Erfassungsfrequenz von bis zu 1.000 Hz erreicht. Die Daten wurden rechnergestützt gespeichert und für weitere Analyse aufbereitet.

Neben der Erhebung der Gesamtbelastung war gleichfalls die Verteilung der Belastung auf die einzelnen Abschnitte der Wettkampfstrecke von erheblichem Interesse. Um diese besser untersuchen und hinsichtlich der Aufteilung der Energiebereitstellung in den einzelnen Phasen quantifizieren zu können, wurde die Wettkampfstrecke in einzelne Abschnitte aufgeteilt (siehe Tab. 2). Diese hatten die Athletinnen und Athleten separat zu absolvieren, wobei die jeweiligen Messgrößen und -werte genau erfasst wurden. Die einzelnen Abschnitte wurden dabei unter Beibehaltung der über die Wettkampfdistanz erreichten Geschwindigkeit durchlaufen. Für weitergehende qualitative Fragestellungen wurden alle Läufe auf dem Eis mit einer Videokamera (Canon, Japan) aufgezeichnet.

Die Untersuchungen im Labor erfolgten auf einem Lode Excalibur Sport Fahrradergometer (Lode, Groningen, Niederlande). Unmittelbar vor Beginn und im Anschluss an die jeweiligen Belastungen fand die Erhebung der Blutlaktatkonzentration statt. Laktatproben wurden über ein enzymatisch-amperometrisches Messprinzip mit Hilfe einer BIOSEN S\_line (EKF diagnostic Sales GmbH, Barleben/Magdeburg, Germany) analysiert.

## 3.2 Untersuchungszeitpunkte & Probandengruppe

Die experimentellen Untersuchungen auf dem Eis fanden im Oktober 2012 sowie im März 2013 am Bundesstützpunkt Berlin-Hohenschönhausen statt. Untersucht wurden einzelne Spitzenathletinnen bzw. -athleten sowie ausgewählte Nachwuchsathletinnen und -athleten der DESG. Eine genaue Spezifikation der Probandengruppe kann der Tab. 1 entnommen werden.

Tab. 1: Alter, Größe, Gewicht und maximale Sauerstoffaufnahme der Testpersonen (Mw.  $\pm$  SD)

	Probanden	
	weibliche	männliche
n	5	8
Alter [Jahre]	17,3 $\pm$ 1,0	18,8 $\pm$ 1,8
Größe [cm]	168,1 $\pm$ 6,3	182,1 $\pm$ 7,9
Gewicht [kg]	61,9 $\pm$ 6,4	75,6 $\pm$ 11,0
V'O <sub>2,max</sub> [l/min]	3,11 $\pm$ 0,26	4,56 $\pm$ 0,26
rel. V'O <sub>2,max</sub> [ml/min/kg]	50,5 $\pm$ 3,5	61,3 $\pm$ 6,7

## 3.3 Untersuchungsdesign

### 3.3.1 Simulationsläufe

Im Rahmen einer Wettkampfsimulation erfolgte die Befunderhebung. Dabei sollten Start, Angang, Lauffrequenz- und Geschwindigkeitsgestaltung, Bahnwechsel, Endspurt etc. wie in einem Wettkampf umgesetzt werden. Nach einer individuellen Erwärmung starteten immer zwei Testpersonen nach dem Startsignal (Starter) gleichzeitig (Außen- und Innenbahn). Am Tag vor dem Simulationswettkampf wurde nur regeneratives Training durchgeführt, um eine Ermüdung auf Grund einer Vorbelastung ausschließen zu können.

### 3.3.2 Teilstreckentests

Zwischen den Simulationsläufen und den Untersuchungen der Teilstrecken war ein Tag Pause (regeneratives, aktives Training). Am dritten sowie vierten Tag wurden dann jeweils zwei unterschiedliche Teilstrecken absolviert. Der zeitliche Ablauf sowie die unterschiedlichen Teilstreckenlängen für die Wettkampfstrecken 1.500 m, 3.000 m und 5.000 m sind der folgenden Tabelle zu entnehmen.

Tab. 2: Strecken der Wettkampfsimulation sowie der dazugehörigen Teilstreckenuntersuchungen

Tag	Lauf	Strecke [m]		
1	1	1.500	3.000	5.000
2	-	-	-	-
3	2	300	200	600
	3	1.100	2.200	3.400
4	4	700	600	1.400
	5		1.400	2.200

Zwischen dem 2. und 3. sowie zwischen dem 4. und 5. Lauf lag eine Pause von mindestens 20 Minuten. Für die Geschwindigkeitsgestaltung auf den Teilstrecken bildeten die Rundenzeiten bzw. die Runden-  
geschwindigkeit aus der Wettkampfsimulation die jeweilige Grundlage. Die Trainer gaben den Athle-  
tinnen bzw. Athleten die individuellen Rundenzeiten vor und kommunizierten diese entsprechend  
der üblichen Wettkampfpraxis. Die Athletinnen und Athleten liefen die Teilstrecken mit dem gleichen  
Messequipment wie bei der Wettkampfsimulation.

### 3.3.3 Stufentests auf dem Radergometer und auf dem Eis

Die Stufentests auf dem Radergometer für die Kaderathletinnen bzw. athleten wurden im Zuge der  
komplexen Leistungsdiagnostik im Eisschnelllauf in der Sportmedizin des OSP-Berlin durchgeführt.  
Die sportartspezifischen Stufentests auf dem Eis wurden ebenfalls im Zuge der komplexen Leistungs-  
diagnostik am Bundesstützpunkt Berlin absolviert. Ablauf und Spezifikationen beider Untersuchun-  
gen können Ehrig et al. (2011) entnommen werden.

## 3.4 Datenverarbeitung und Auswertung

Die Kalkulation und Bestimmung des individuellen Stoffwechselumsatzes erfolgt basierend auf den  
individuellen leistungsdiagnostischen Befunden bzw. metabolischen Gegebenheiten in Anlehnung  
an Beneke et al. (2002), Ciba-Geigy (1985), di Prampero (1981), di Prampero & Ferretti (1999), Knuttgen  
(1970), Margaria et al. (1933), Margaria & Edwards (1934), Roberts & Morton (1978) und Stegemann  
(1991). Für die Berechnung des anaeroben-alkalischen Energieanteils wurden die schnelle ( $\dot{V}O_{2\_PCR}$ )  
sowie die langsame Komponente der Sauerstoffaufnahme für die Nachatmung über polynomische  
Regressionsgleichungen dritten Grades in Anlehnung an di Prampero (1981), Beneke et al. (2002) und  
Beneke et al. (2004) ermittelt.

Die individuellen Energieumsätze sowie die entsprechenden prozentualen Verteilungen, die dazu-  
gehörigen Zeiten, Geschwindigkeiten, Herzfrequenzen und Laktatwerte wurden für die drei Wett-  
kampfstrecken und die dazugehörigen Teilstrecken gemittelt und die Standardabweichung berech-  
net. Aufgrund der geringen Probandenzahl (< 10) auf den einzelnen Wettkampfstrecken wurde auf  
statistische Unterschiedsberechnungen verzichtet.

# 4 Ergebnisse

## 4.1 Wettkampfsimulation

Die ersten Befundergebnisse sind der Tab. 3 zu entnehmen. Ein Vergleich zu den in einem zeitnahen  
Wettkampf erzielten Zeiten verdeutlicht den geringen Unterschied zu den Ergebnissen des simulier-  
ten Wettkampfes (wird durch „Intensität“ verdeutlicht), den die Athletinnen bzw. Athleten mit einer  
Spirometrie und dem Sender des LPM-Systems absolviert haben.

Tab. 3: Gemittelte Zeiten der Wettkampfsimulation (WK-Sim) und eines offiziellen Wettkampfes (WK), Herzfrequenz (Hf), Netto-Laktat und Sauerstoffaufnahme ( $VO_2\text{max}$ ) der Athletinnen/Athleten in Abhängigkeit ihrer gelaufenen Strecke

Strecke [m]	n	Zeit WK-Sim [min:s]	Zeit WK [min:s]	Intensität [%]	Hf [1/min]	Laktat <sub>netto</sub> [mmol/l]	$VO_2\text{max}$ [ml/min/kg]
1.500	6	02:13,1	02:05,9	94,6	188,0	12,0	53,1
3.000	5	04:30,2	04:11,5	93,0	192,0	13,9	62,9
5.000	2	07:07,4	06:53,4	96,7	186,5	14,3	52,7

Die Verteilung der einzelnen Energiebereitstellungsanteile für die jeweilige Wettkampfstrecke kann der folgenden Tabelle sowie Abbildung entnommen werden. Der anaerobe Energieanteil ( $W_{ANA}$ ) setzt sich aus dem anaeroben laktaziden ( $W_{BLC}$ ) und dem anaeroben alaktaziden ( $W_{PCR}$ ) zusammen.

Tab. 4: Prozentuale Energieverteilung auf die drei Bereitstellungswege ( $W_{AER}$  – aerob;  $W_{ANA}$  – anaerob;  $W_{BLC}$  – anaerob laktazid;  $W_{PCR}$  – anaerob alaktazid)

Strecke [m]	Zeit [min:s]	$W_{AER}$ [%]	$W_{ANA}$ [%]	$W_{BLC}$ [%]	$W_{PCR}$ [%]
1.500	02:13,1	65,2	34,8	25,9	8,9
3.000	04:30,2	79,6	20,4	15,5	4,9
5.000	07:07,4	85,4	14,6	11,4	3,2

## 4.2 Teilstreckentest

### 4.2.1 Teilstreckentests für die 1.500 m

Beispielhaft für die 1.500 m zeigen die Laufgeschwindigkeiten bzw. gelaufenen Zeiten für die Teilstrecken 300, 700 und 1.100 m eine sehr gute Übereinstimmung zu den Vorgaben, welche aus der Wettkampfsimulation berechnet wurden. Die Differenzen für die drei Teilstrecken liegen zwischen 0,4 bis 0,8 s bzw. 0,5 bis 1,4 % (siehe Tab. 5).

Tab. 5: Gemittelte Zeiten der 1.500-m-Wettkampfsimulation (WK-Sim) und die der drei Teilstreckentests (TS-Tests) sowie deren Differenz, Herzfrequenz (Hf), Netto-Laktat und Sauerstoffaufnahme ( $VO_2\text{max}$ ) der Athleten in Abhängigkeit ihrer gelaufenen Strecke (N = 6)

Strecke [m]	Zeit WK-Sim [min:s]	Zeit TS-Test [min:s]	Differenz [s (%)]	Hf [1/min]	Laktat <sub>netto</sub> [mmol/l]	$VO_2\text{max}$ [ml/min/kg]
300	00:28,3	00:27,9	-0,4 (1,4)	183,2	5,4	42,3
700	01:01,3	01:00,5	-0,8 (1,3)	185,2	8,9	49,3
1.100	01:36,4	01:36,9	0,5 (0,5)	186,8	8,4	50,7
1.500	02:13,1	-	-	188,0	12,0	51,1

Die gemittelten maximalen Herzfrequenzen, die Netto-Laktat-Werte sowie die Sauerstoffaufnahmen der Athletinnen bzw. Athleten (4 w, 2 m), sind ebenfalls in der Tab. 5 zu finden. Ergebnisse für die Verteilungen für die drei Bereitstellungswege der Energie sind in Tab. 6 sowie in Abb. 1 dargestellt. Bereits nach 700 m bzw. nach ca. 1 Min. überwiegt die aerobe Energiebereitstellung.

Tab. 6: Prozentuale Verteilung der drei Energiebereitstellungen ( $W_{AER}$  – aerob;  $W_{ANA}$  – anaerob;  $W_{BLC}$  – anaerob laktazid;  $W_{PCR}$  – anaerob alaktazid) für die 1.500 m bzw. deren Teilstrecken (N = 6)

Strecke [m]	Zeit [min:s]	$W_{AER}$ [%]	$W_{ANA}$ [%]	$W_{BLC}$ [%]	$W_{PCR}$ [%]
300	00:27,9	31,9	68,1	35,2	32,9
700	01:00,5	49,3	50,7	33,1	17,6
1.100	01:36,9	62,8	37,2	24,1	13,0
1.500	02:13,1	65,2	34,8	25,9	8,9

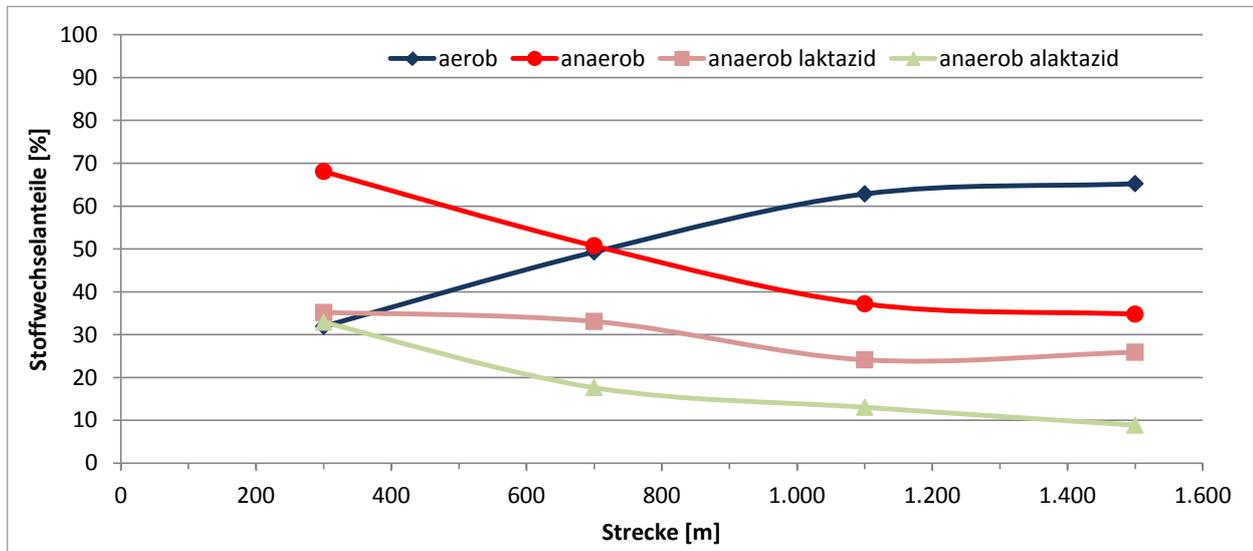


Abb. 1: Verteilung der drei Energiebereitstellungen (%) für die 1.500 m bzw. deren Teilstrecken (N = 6)

## 5 Diskussion

### 5.1 Wettkampfsimulation

Die prozentuale Verteilung der drei Energiebereitstellungswege zeigt deutlich einen hohen bis sehr hohen Anteil des aeroben Energiebereitstellungsmechanismus für alle drei absolvierten Wettkampfstrecken. Für die 1.500 m errechnete sich eine Verteilung von 65 % aerob und 35 % anaerob (26 % laktazid, 9 % alaktazid). Im Vergleich zu Daten aus der Literatur sind unsere gefundenen Ergebnisse nur mit denen von Gemser et al. (1999) vergleichbar (Abb. 2). Allerdings fehlen dort Angaben zum Probandengut, so dass ein Vergleich nur eingeschränkt möglich ist.

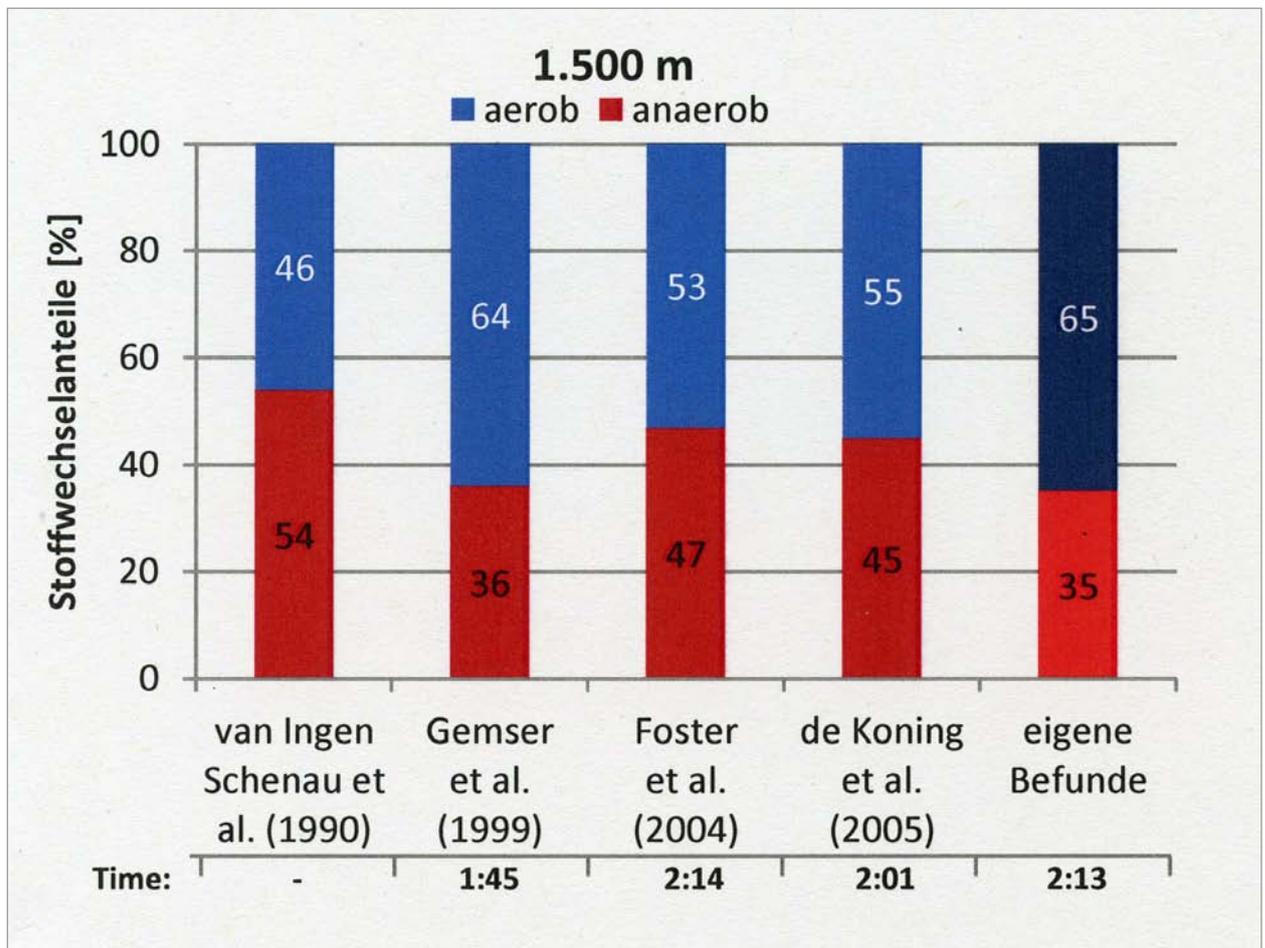


Abb. 2: Verteilung der aeroben und anaeroben Energiebereitstellung (%) für die 1.500 m im Eisschnelllauf

Bei einem entsprechenden Vergleich muss auch berücksichtigt werden, auf welcher methodischen Grundlage die Abschätzungen bzw. die Berechnung der Anteile beruhen. So wurden bei van Ingen Schenau et al. (1990) 5 Eisschnellläufer (Hochleistungssportler) auf einem Radergometer getestet. Die dort erhobenen Daten bildeten dann die Grundlage für eine mathematische Kalkulation der Verteilung für das Eislaufen. Foster et al. (2004) untersuchten 14 Radsportler (Wettkampfsportler) ebenfalls auf einem Radergometer und kalkulierten anhand dieser Daten eine Verteilung für Eisschnellläufer für das Laufen auf dem Eis.

In der aktuellsten Studie wurden von de Koning et al. (2005) 8 Elite-Eisschnellläufer untersucht, einmal mit einer moderaten Belastung auf dem Eis und einmal mit einer Ausbelastung auf einem Radergometer. Koning et al. kalkulierten dann anhand der Leistungswerte von den Radergometer-Tests und den Effizienzwerten von den Eistests die einzelnen Verteilungen für die Energiebereitstellungswege für das Laufen auf dem Eis. Allerdings wurde auch hier nur eine Kalkulation anhand von Tests auf einem Radergometer durchgeführt. Dies ist zwar für Eisschnellläufer eine ähnliche Belastung, ist aber nicht die spezifischste für sie.

In der Abb. 3 sind die Verteilungen für 3.000 sowie für 5.000 m im Vergleich zu den Ergebnissen dieser Untersuchung zu finden. Vergleichbare Daten liegen für die 3.000 m nur von Foster et al. (2004) und für die 5.000 m von Gemser et al. (1999) und van Ingen Schenau et al. (1990) vor.

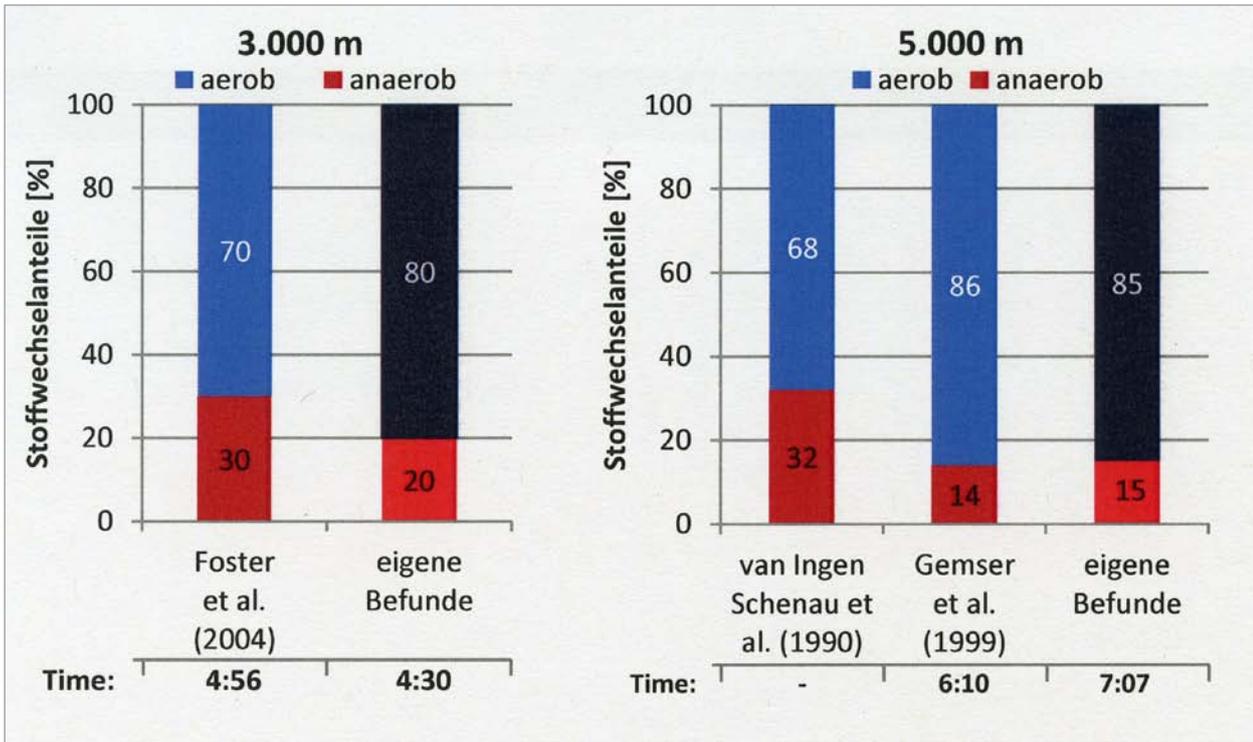


Abb. 3: Vergleich der Verteilung der aeroben und anaeroben Energiebereitstellung für die 3.000 m sowie 5.000 m im Eisschnelllauf

Die für die 3.000 m berechneten Anteile liegen für den anaeroben Anteil mit 20 % noch unter den von Foster et al. kalkulierten Wert von 30 %. Als Ursachen können ein unterschiedliches Probandengut (Radsportler bei Foster et al. und Eisschnellläufer bei unserer Studie) sowie unterschiedliches methodisches Herangehen (Kalkulation über Radergometertests vs. Wettkampfsimulation) sein.

### 5.2 Teilstreckentests

Insgesamt konnte die zu laufende Geschwindigkeit auf den einzelnen Teilstrecken von den Athletinnen und Athleten gut umgesetzt werden, was sich in den geringen Abweichungen von den Vorgaben dokumentiert. Als Grund kann das gut ausgebildete Geschwindigkeits- und Zeitgefühl der Eisschnellläuferinnen bzw. -läufer genannt werden, da die Athletinnen bzw. Athleten in fast jedem Training eine bestimmte Rundenzeit bzw. Geschwindigkeit laufen müssen, um die gewünschten Trainingsvorgaben genau zu treffen.

Durch die Teilstreckenläufe war es möglich, die bis zu der jeweiligen Streckenlänge bzw. Belastungsdauer entsprechende Verteilung der Energiebereitstellung zu berechnen. Bei bisherigen Untersuchungen wurde nur anhand von Radergometertests mathematisch auf eine Verteilung für die jeweiligen Teilstrecken berechnet. So haben u. a. Foster et al. (2004) mit Ergebnissen aus Radergometertests, welche mit Radsportlern erhoben wurden, auf eine Verteilung der Energiebereitstellung für die 500, 1.000, 1.500 und 3.000 m mit den jeweiligen Teilstrecken (alle 200 m) berechnet. Im Vergleich zu den von uns erhobenen Daten liegen die Ergebnisse von Foster et al. (2004) für den aeroben Bereich niedriger und für den anaeroben höher (Abb. 4). Die Befunde von Foster et al. wurden unserer Darstellung mathematisch angepasst, um einen direkten Vergleich zu ermöglichen.

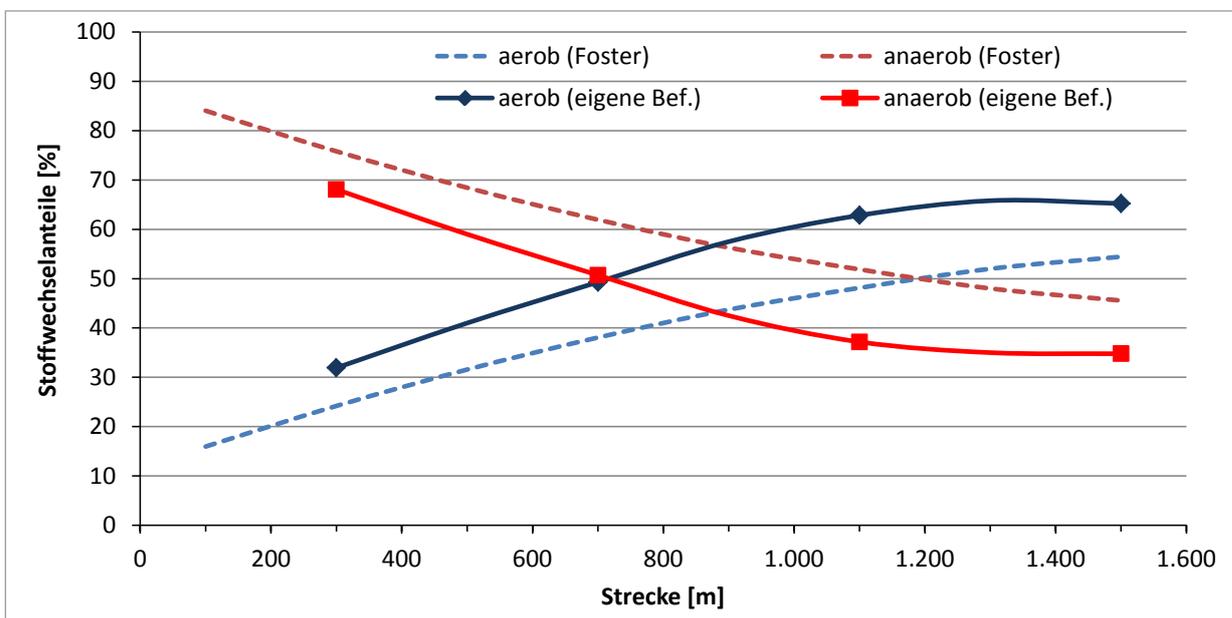


Abb. 4: Vergleich der eigenen Ergebnisse zur Verteilung der Energiebereitstellung (%) für die 1.500-m-Strecke zu denen von Foster et al. (2004)

So unterscheiden sich die gezeigten Verläufe um ca. 5-10 %, was bedeutet, dass die Ergebnisse unserer Berechnungen einen deutlich höheren aeroben und einen eindeutig niedrigeren anaeroben Anteil für alle Teilstrecken ausweisen. An dieser Stelle sind ungleichen methodischen Vorgehensweisen in Betracht zu ziehen, die aber nicht eindeutig quantifiziert werden können.

Beim Vergleich unserer Befunde mit denen von de Koning et al. (2005) finden sich bereits gewissen Ähnlichkeiten (Abb. 5). In der ersten Hälfte der Gesamtstrecke verlaufen die aeroben sowie die anaeroben Verläufe fast gleich, erst in der zweiten Hälfte – so ab 800 m – driften sie auseinander.

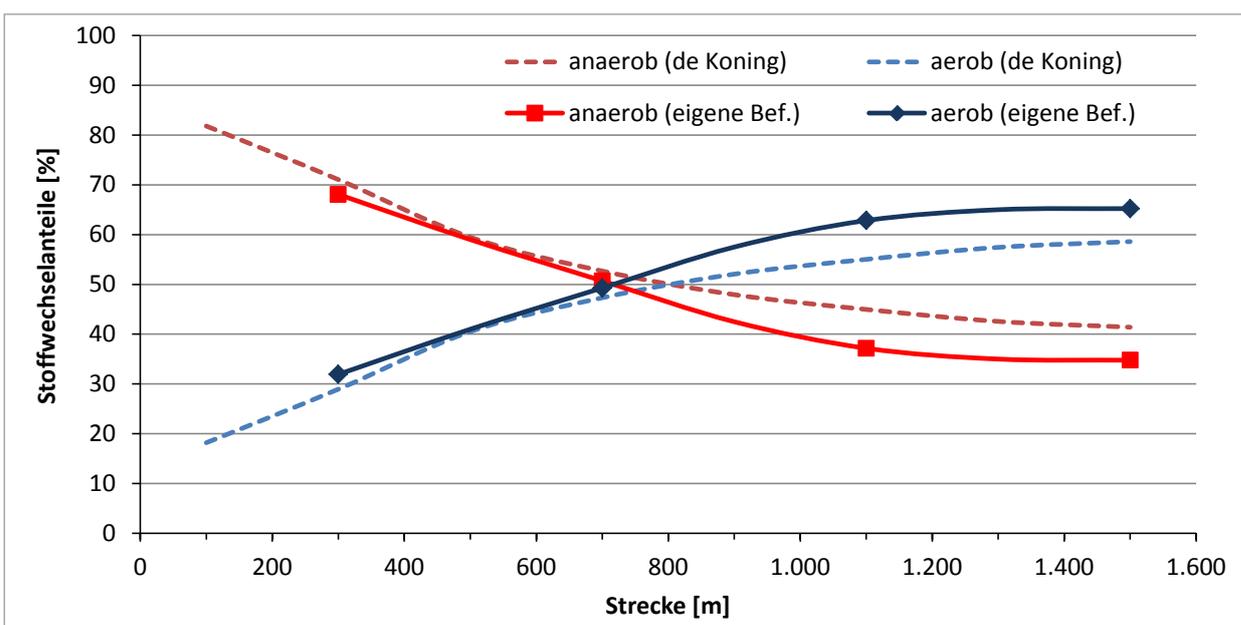


Abb. 5: Vergleich der eigenen Ergebnisse zur Verteilung der Energiebereitstellung (%) für die 1.500-m-Strecke zu denen von de Koning et al. (2005)

De Koning et al. (2005) gehen davon aus, dass die Athletinnen und Athleten nach der Startphase mit einem gleichmäßig hohem Tempo laufen und ab ca. 1.300 m das Tempo verschärfen und sich somit der anaerobe Laktatanteil am Ende der 1.500 m ein wenig erhöht. Der aerobe Weg bleibt aber die dominante Energiebereitstellung. Dies untermauert er mit Messungen der Effizienz des Laufens, welche zum Ende einer Strecke hin geringer wird (vgl. de Koning et al. 2013).

## 6 Zusammenfassung

Anhand der vorliegenden Befunde kann ein allgemeines energetisches Anforderungsprofil für drei Wettkampfstrecken abgeleitet werden. Für alle drei Streckenlängen ist ein sehr gut ausgebildetes aerobes Ausdauervermögen unabdingbar notwendig, welches durch ein streckenspezifisches anaerobes Ausdauervermögen ergänzt werden muss. Im Verlauf der Strecken gibt es kaum Unterschiede hinsichtlich der Verteilung auf die drei Energiebereitstellungswege zwischen den drei unterschiedlichen Streckenlängen.

### Danksagung

Wir danken den Kooperationspartnern Deutsche Eisschnelllauf-Gemeinschaft (DESG), dem Olympiastützpunkt Berlin (Dr. Elke Neuendorf) sowie der Fachgruppe Eisschnelllauf (Andreas Ehrig, Detlef Nowak, Joachim Müller) vom Institut für Angewandte Trainingswissenschaft für die Unterstützung. Des Weiteren danken wir den Athletinnen und Athleten sowie den Trainern, die an der Untersuchung teilgenommen haben.

## 7 Literatur

- Beneke, R., Pollmann, C., Bleif, I., Leithäuser, R.M. & Hütler, M. (2002). How anaerobic is the Wingate anaerobic test for humans? *European journal of applied physiology*, 87, 388-392.
- Beneke, R., Beyer, T., Jachner, C., Erasmus, J. & Hütler, M. (2004). Energetics of karate kumite. *European journal of applied physiology*, 92, 518-523.
- Bompa, T.O. (1999). *Periodization: Theory and methodology of training*. 4th Ed. Champaign: Human Kinetics.
- Ciba-Geigy (1985). *Wissenschaftliche Tabellen Geigy. Teilband Körperflüssigkeiten*. (Scientific tables Geigy, Volume body fluids). Ciba-Geigy, Basel, 225-228.
- Dal Monte, A. (1983). *The functional values of sport*. Firenze: Sansoni.
- de Boer, R.W., Ettema, G.J., Faessen, B.G., Krekels, H., Hollander, A.P., de Groot, G. & van Ingen Schenau, G.J. (1987). Specific characteristics of speed skating: implications for summer training. *Medicine and science in sports and exercise*, 19 (5), 504-510.
- de Koning, J.J., Bakker, F.C., de Groot, G. & van Ingen Schenau, G.J. (1994). *Longitudinal development of young talented speed skaters: physiological and antropometric aspects*. American Physiological Society.
- de Koning, J.J., Forster, C., Lampen, J., Hettinga, F. & Bobbert, M. (2005). Experimental evaluation of the power balance model speed skating. *Journal of applied physiology*, 98, 227-233.
- de Koning, J.J., Noordhof, D.A., Uitslag, T.P., Gallart, R.E., Dodge, Ch. & Foster, C. (2013). An Approach to Estimating Gross Efficiency During High-Intensity Exercise. *International journal of sports physiology and performance*, 8 (6), 685-684.

- di Prampero, P.E. (1981). Energetics of muscular exercise. *Reviews of physiology, biochemistry and pharmacology*, 89, 143-222.
- Di Prampero, P.E. & Ferretti, G. (1999). The energetics of anaerobic muscle metabolism: a reappraisal of older and recent concepts. *Respiration physiology*, 118, 103-115.
- Ehrig, A., Neuendorf, E., Hermsdorf, M., Nowak, D., Eicher, M. & Hartmann, U. (2011). Zum Einsatz der mobilen Spirometrie in der zentralen komplexen Leistungsdiagnostik der Sportart Eisschnelllauf. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft*, 18 (2), 140-155.
- Eklblom, B., Hermansen, L. & Saltin, B. (1967). *Hastigehtsakinng pa Skridsko: Idrottsfysiologi rapport nr. 5 Trygg-Hansa*, Stockholm.
- Foster, C. & Thompson, N.N. (1990). The physiology of speed skating. In M.J. Casey, C. Foster & E.G. Hixson (Eds.), *Winter sports medicine* (pp. 221-240). Philadelphia, PA: F. A. Davis Company.
- Foster, C., de Koning, J.J., Hettinga, F, Lampen, J., Dofge, C., Bobbert, M. & Porcari, J.P. (2004). Effect of Competitive Distance on Energy Expenditure During Simulated Competition. *International journal of sports medicine*, 25, 198-204.
- Geijsel, J.S. (1979). Training and testing in marathon speed skating. *Journal of sports medicine, physiology and fitness*, 19 (3), 277-284.
- Gemser, H., de Koning, J. & van Ingen Schenau, G.J. (1999). *Handbook of Competitive Speed Skating*. International Skating Union, Lausanne, Switzerland.
- Houdijk, H., Heijnsdijk, E.A., de Koning, J.J., de Groot, G. & Bobbert, M. F. (2000). Physiological responses that account for the increased power output in speed skating using klapskates. *European journal of applied physiology*, 83 (4 -5), 283-288.
- Kindermann, W. & Keul, J. (1980). Anaerobe Energiebereitstellung beim Eisschnelllaufen. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 31 (5), 142-147.
- Knuttgen, H.G. (1970). Oxygen debt after submaximal physical exercise. *Journal of applied physiology*, 29 (5), 651-657.
- Margaria, R., Edwards, H.T. & Dill, D.B. (1933). The possible mechanisms of contracting and paying the oxygen debt and the role of lactic acid in muscular contraction. *American journal of physiology*, 106, 689-715.
- Margaria, R. & Edwards, H.T. (1934). The removal of lactic acid from the body during recovery from muscular exercise. *American journal of physiology*, 107, 681-686.
- Roberts, A.D. & Morton, A.R. (1978). Total and alactic oxygen debts after supramaximal work. *European journal of applied physiology*, 38 (4), 281-289.
- Stegemann, J. (1991). Leistungsphysiologie. *Physiologische Grundlagen der Arbeit und des Sports* (Physiological basics of exercise). Thieme, Stuttgart.
- van Ingen Schenau, G. J., de Groot, G. & Hollander, A. P. (1983). Some technical, physiological and anthropometrical aspects of speed skating. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 50 (3), 343-354.
- van Ingen Schenau, G. J., de Koning, J. J. & de Groot, G. (1990). A simulation of speed skating performances based on a power equation. *Medicine and science in sports and exercise*, 22 (5), 718-728.



# Sportartspezifische Anwendungsforschung Hockey – Wettkampfdiagnostik auf Basis von Positionsdaten

(AZ 070701/13-14)

*Martin Lames (Projektleiter), Malte Siegle & Daniel Linke*

Technische Universität München, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaft,  
Lehrstuhl für Trainingswissenschaft und Sportinformatik

## 1 Problem

Im Spitzensport werden Trainingsziele zunehmend durch eine enge Kopplung von Wettkampf und Training bestimmt. Das Vorgehen ist dabei, die Anforderungen im Training in einem stringenten, mehrschrittigen Verfahren aus dem Wettkampfverhalten abzuleiten (Lames, 1994). Zur Beschreibung der Wettkampfanforderungen im Sportspiel haben sich traditionell vor allem Methoden der Spielbeobachtung bewährt (z. B. Systematische Spielbeobachtung nach Lames, 1994). Betrachtet man jedoch die Entwicklung während der letzten 5 Jahre im Bereich der Teamsportarten, so wird deutlich, dass sich eine neue Methode zur Beschreibung von Wettkampfanforderungen in den Vordergrund gedrängt hat – Wettkampfdiagnostik auf Basis von Positionsdaten.

War in den ersten Jahren die Verfügbarkeit von Positionsdaten aus dem Wettkampf noch sehr eingeschränkt, sind derartige Informationen mittlerweile in die routinemäßige Analyse und Nachbereitung des Wettkampfes vor allem im Fußball eingegangen. Die in erster Linie offensichtlichen Ansatzpunkte der Positions- und Bewegungsanalysen, wie zum Beispiel physiologische Anforderungen während des Wettkampfes, werden durch Analysen im taktischen Sektor und Trainingsdiagnosen ergänzt und ermöglichen ein bis dato nicht erreichtes Niveau der Leistungsdiagnostik. Eine Übertragung auf andere Spielsportarten zur Klärung von jeweils sportspielspezifischen Forschungsfragen erscheint nur folgerichtig. Im internationalen Hockey sind diesbezügliche Anstrengungen bereits bekannt, besonders von den internationalen Hauptkonkurrenten Australien (GPS und Bildererkennung) und Niederlande (GPS und Radar).

Die übergreifende Projektidee bestand folglich darin, diese Methodik auch für das deutsche Hockey zu erschließen und nützlich zu machen. Speziell sollen zwei im Dialog mit dem DHB entstandene Schwerpunkte thematisiert werden:

- › die Bewertung von Spielformen im Training als Trainingsmittel in Bezug auf ihre Eignung zur Simulation der Wettkampfanforderungen oder der Induktion von Belastungs- bzw. Erholungsbedingungen,
- › eine Analyse der Leistungsparameter in Abhängigkeit der individuellen Wechselumstände (Dauer der fliegenden Wechsel; Spielzeit vor und nach Wechsel).

## 2 Methode

Moderne Trainingskonzepte in den Sportspielen favorisieren eine komplexe Ausbildung der spiel-spezifischen Ausdauer, die gemeinsam mit technischem und taktischem Verhalten in entsprechend zugeschnittenen Spielformen absolviert wird. Die wesentlichen Informationen, die für die Sicherung der Effektivität dieser Konzeption zwingend erforderlich sind, sind die Beanspruchungsmuster in Abhängigkeit relevanter Einflussparameter (z. B. Spielfeldgröße und Spieleranzahl) und im Wettkampf. Mit diesen Informationen kann gezielt trainingssteuernd gearbeitet werden, wenn beispielsweise die gewünschten Intensitäten mit den geeigneten Parametern appliziert werden können.

Zu diesem Zweck wurden die Positions- und Herzfrequenzdaten von 20 Athleten des männlichen A-Kaders der deutschen Hockey Nationalmannschaft während einer spielbasierten Trainingseinheit sowie insgesamt 4 Wettkampfspielen erhoben. Torhüter wurden von der Studie ausgeschlossen. Die Trainingseinheit fand während eines dreitägigen Lehrgangs im Rahmen der Wettkampfvorbereitungen für die Europäischen Meisterschaften 2013 statt. Die spielbasierte Trainingseinheit bestand aus 6 Intervallen à 6-minütigem freiem Spiel mit jeweils 5-minütiger Pause zwischen den Intervallen. Es wurde 11 gegen 11 unter den gängigen Spielregeln gespielt. Lediglich Strafecken wurden vernachlässigt und der Ball stattdessen durch den Torwart umgehend wieder ins Spiel gebracht. Darüber hinaus wurden die Spieler durch permanente verbale Motivation der Trainer angeregt, das Spiel durch möglichst kurze Unterbrechungen auf einem hohen Belastungsniveau zu halten.

Eine Besonderheit im Feldhockey stellt die Möglichkeit der fliegenden Wechsel dar. Das heißt, Spielerwechsel dürfen jederzeit erfolgen außer im Zeitraum zwischen der Verhängung einer Strafecke und deren Beendigung. Es gibt keine Begrenzung, wie viele Spieler gleichzeitig ausgewechselt werden dürfen und wie oft ein Spieler ein- oder ausgewechselt werden darf. In diesem Zusammenhang ist die Thematik des optimalen Wechselverhaltens naheliegend. Diesbezüglich sollten ausgewählte Leistungsparameter in Abhängigkeit der jeweiligen Auswechselfdauer dargestellt werden.

Sämtliche Positionsdaten wurden mittels eines radarbasierten Local Position Measurement System (LPM) erhoben. Die Aufnahmefrequenz eines einzelnen Athleten betrug 50 Hz.

### 3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse einzelner Parameter dargestellt. Tab. 1 zeigt die vergleichende Darstellung der erhobenen Parameter von Training und Wettkampf. Dabei ist festzustellen, dass im Training signifikant weniger Gesamtdistanz zurückgelegt wurde, die Distanz relativ zur absoluten Spielzeit jedoch signifikant höher ausfiel. Beim Vergleich der Distanz in den jeweiligen Intensitätsbereichen wurden im Training signifikant höhere Werte im hochintensiven Bereich (HID) erreicht. Eine Analyse der Sprint- und Herzfrequenzen ergab keine Unterschiede.

Tab. 1. Vergleichende Darstellung der erhobenen Parameter von Training und Wettkampf. (“\*” =  $P < .05$ ; LID = “low intensity distance“, MID = “medium intensity distance“ und HID = “high intensity distance“).

	Distanzen absolut & relativ	Intensitätszonen (m·min <sup>-1</sup> )	Zeit zwischen Sprints	Herzfrequenz
Training	5069 ± 411m* (140.8 ± 11.4 m·min <sup>-1</sup> )*	LID 30.8*; MID 92.1; HID 17.7*	1.8 min	168 bpm (86.8% HRmax)
Wettkampf	6073 ± 789m* (132.8 ± 12.9 m·min <sup>-1</sup> )*	LID 29.8*; MID 89.6; HID 12.8*	1.7 min	169 bpm (85.9% HRmax)

In Abb. 1 ist die Laufleistung in den Renn- und Sprintbereichen innerhalb der ersten Minute nach Einwechslung dargestellt. Betrachtet man die Renndistanz, so ist erkennbar, dass längere Auswechselfzeiten scheinbar zu höheren Distanzen im Rennbereich führen. In hochintensiven Bereichen wie der Sprintdistanz scheint sich dieser Trend jedoch umzukehren. Hier entsteht der Eindruck, dass kürzere Pausenzeiten in höheren Sprintleistungen innerhalb der ersten Minute nach Einwechslung resultieren.

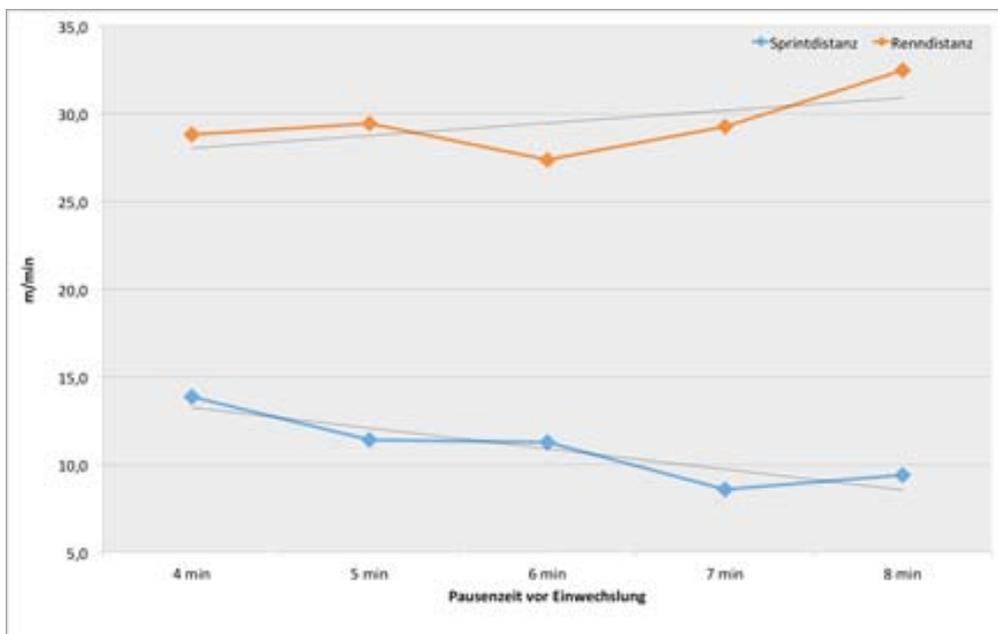


Abb. 1. Zurückgelegte Distanz innerhalb der ersten Minute nach Einwechslung in Abhängigkeit der Wechseldauer

Abb. 2 veranschaulicht die zurückgelegte Gesamtdistanz eines eingewechselten Spielers 1-5 Minuten nach Einwechslung. Die höchste Laufleistung ist innerhalb der ersten Minute zu erkennen. Bereits in der zweiten Minute nach Einwechslung scheint der leistungssteigernde Effekt einer Einwechslung jedoch bereits vernachlässigbar. Auch wenn die Mittelwerte drei, bzw. vier Minuten nach Einwechslung wieder zu steigen scheinen, entsteht der Eindruck, dass die innerhalb der ersten Minute nach Einwechslung erbrachte Leistung nur für kurze Zeit aufrechterhalten werden kann und die daraus resultierende Erschöpfung bereits in der zweiten Minute nach Einwechslung erkennbar wird.

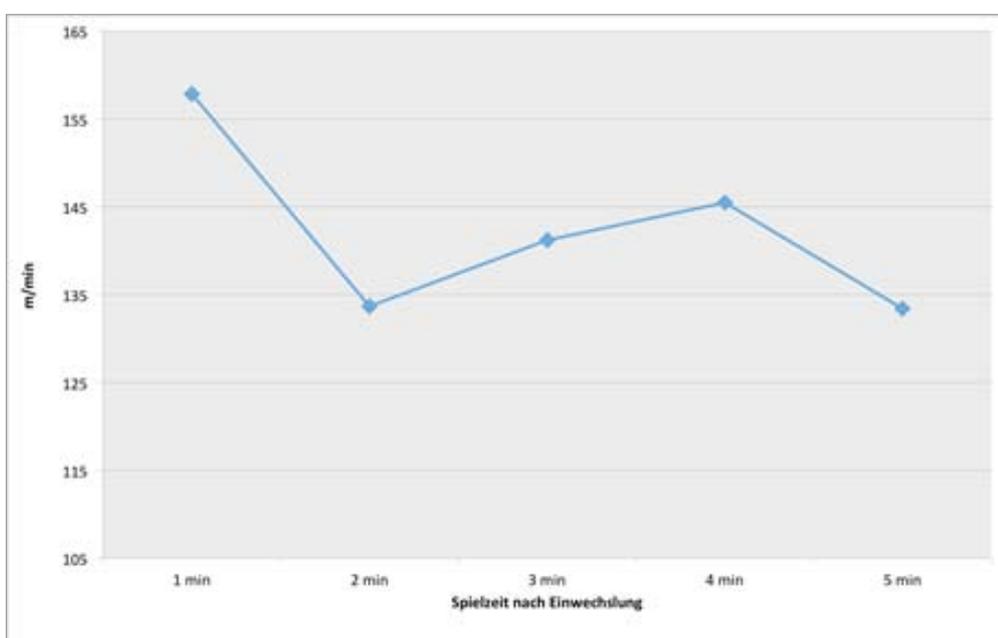


Abb. 2 Zurückgelegte Gesamtdistanz in der 1.,2.,3.,4. sowie 5. Minute nach Einwechslung

## 4 Diskussion

Die Ergebnisse der Trainingsevaluierung lieferten Erkenntnisse über die Belastungsparameter der angewandten Trainingsmethode und ermöglichen es dem Trainerteam, seine vorher gesetzten Trainingsziele zu kontrollieren und gegebenenfalls anzupassen. So wäre es in Zukunft beispielsweise denkbar, belastungssteuernde Parameter abzuändern (Spielfeldgröße, Spielregeln oder Spieleranzahl), um die Belastung der Spieler zu steuern und an die neuen Erkenntnisse der Wettkampfdiagnostik anzupassen.

Eine erste Analyse der Wechsellparameter suggerierte einen leistungssteigernden Effekt durch Auswechslung lediglich innerhalb der ersten Minute nach Wiedereinwechslung. Darüber hinaus konnte veranschaulicht werden, dass längere Auswechselzeiten zwar zu höheren Gesamtdistanzen innerhalb der mittleren Intensitäten führten, hochintensive Sprintintensitäten jedoch mit abnehmender Wechseldauer höher ausfielen. Eine weiterführende Untersuchung dieser Thematik könnte sich deshalb mit der Hypothese beschäftigen, dass sich für optimale Sprintleistungen eine zu lange Wechsellpause nachteilig auswirken könnte. Weiter wäre es lohnend, der Entwicklung individuell optimaler Auswechseldauern nachzugehen.

## 5 Literatur

Lames, M. (1994). *Systematische Spielbeobachtung*. Münster: Philippka.

# Wirksamkeit und optimale zeitliche Platzierung des Calls im Beachvolleyball

(AZ 070705/13)

Stefan Künzell (Projektleiter), Anne Huber & Florian Schweikart

## 1 Problem

Ein typischer Ballwechsel im Beachvolleyball beginnt mit dem Aufschlag von Team A, dann der Aufschlagannahme, dem Zuspiel und dem Angriffsschlag von Team B. Die Verteidigung durch Team A gegen den Angriffsschlag von Team B kann mit oder ohne Block erfolgen. Wenn mit Block gespielt wird, wird typischerweise eine Feldhälfte durch den Block abgedeckt, die zweite Feldhälfte durch die Abwehrspielerin oder den Abwehrspieler. Erfolgreiche Angriffsoptionen sind ein harter, durch die Abwehr nicht kontrollierbarer Schlag am Block vorbei, oder ein lockerer Schlag, in der Fachsprache „Shot“ genannt, über den Block in den nicht von der Abwehr abgedeckten Teil des Felds. Löst sich der Block vom Netz ist ein harter Schlag in Richtung des sich lösenden Blocks eine gute Option. Um den Angriff zu erschweren, nimmt Team A in der Abwehr möglichst spät die Feldaufteilung vor, so dass lange unklar bleibt, wohin der Shot platziert werden muss. In dieser Situation kann die Zuspielerin oder der Zuspieler den Angriff unterstützen, in dem sie oder er den freien, nicht durch die Abwehr abgedeckten Teil des Feldes zuruft. Dieser Zuruf wird „Call“ genannt. Es ist bislang nicht geklärt, ob der Call die Erfolgswahrscheinlichkeit des Angriffs erhöht. Darüber hinaus ist es eine offene Frage, zu welchem Zeitpunkt der Call optimaler Weise gegeben werden sollte. Kommt der Call zu früh, kann die gegnerische Abwehr darauf reagieren, kommt er zu spät, kann er vom Angriff nicht mehr umgesetzt werden.

## 2 Überprüfung der Wirksamkeit des Calls im Wettkampf

Zur Überprüfung der Wirksamkeit des Calls wurden Wettkampfspiele beobachtet und analysiert. Bei den Damen wurden so insgesamt 1006 Angriffe, bei den Herren 1153 Angriffe aufgezeichnet. Alle Angriffe wurden anhand dieser Aufzeichnungen nachträglich analysiert. Die Angriffe wurden klassifiziert nach mit und ohne Call, befolgtem und nicht befolgtem Call sowie gutem und schlechtem Call. Der Angriff wurde wie folgt klassifiziert: Direkter Punkt, Schlag in den Block, Fehler im Angriff, abwehrbarer Ball, leicht abwehrbarer Ball („Dankeball“).

### 2.1 Ergebnisse

Bei den Damen ist der Punkterfolg (das sind die Kategorien „auf Boden“ und „berührbar“) prozentual mit Abstand dann am häufigsten, wenn ein guter Call befolgt wurde. Wenn ein guter Call nicht befolgt wurde, konnte der Ball recht häufig abgewehrt werden, ebenso wenn kein Call erfolgte. Die Fehlerrate wird durch den Call nicht beeinflusst. Im Vergleich mit den Damen ist bei den Herren der Anteil der Bälle mit direktem Punkterfolg deutlich höher. Wenn kein Call erfolgte, liegt der Anteil der direkten Punktgewinne bei 57,1 %, bei der Befolgung eines guten Calls bei 67,5 %, bei der Missachtung eines guten Calls bei 48,1 % (vgl. Abb. 1).

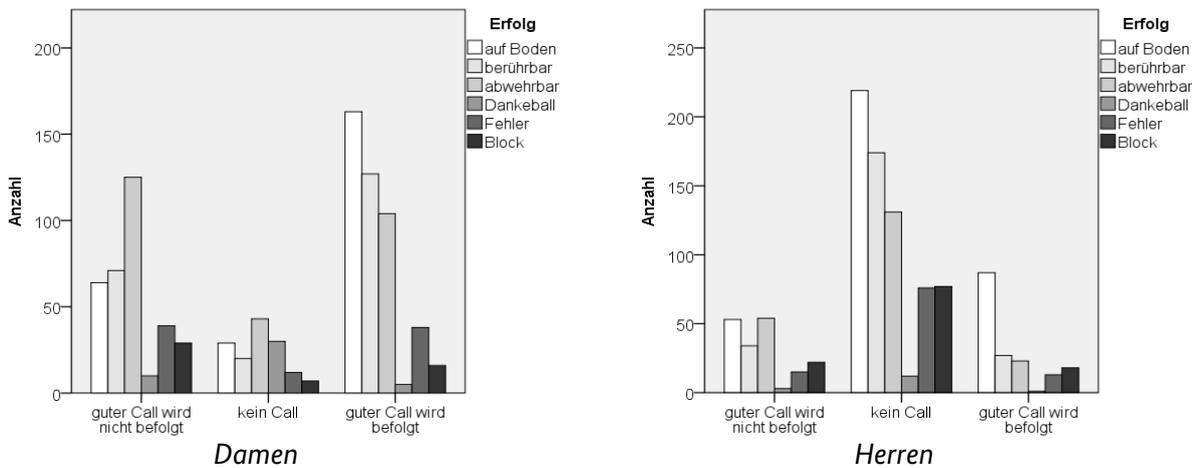


Abb. 1: Erfolg des Angriffs aufgeschlüsselt nach Art des Calls und seiner Befolgung.

Unter dem Strich ergibt sich, dass es sich lohnt, einen guten Call zu befolgen, weil dann die Erfolgsquote am höchsten ist.

### 3 Optimale zeitliche Platzierung des Calls

Der optimale Zeitpunkt des Calls wurde experimentell bestimmt. 16 Kaderathleten (A, B und C-Kader) nahmen an diesem Experiment teil. Ihre Aufgabe war es, einen harten diagonalen Angriffsschlag zu schlagen. Zu unterschiedlichen Zeitpunkten vor der Ballberührung wurde vom Experimentator gecallt, woraufhin ein Shot in die gecallte Ecke erfolgen sollte. Die Befolgung des Calls wurde protokolliert. In Experiment 1 wurde randomisiert in 25 der 50 geforderten Angriffe ein „line“-Call gegeben, insgesamt wurden 346 Angriffe mit Call analysiert. In Experiment 2 gab es drei Call-Optionen (jeweils 11 „line“, „cut“ und „ohne“-Calls), insgesamt wurden 124 „cut“ Calls, 127 „line“ Calls und 127 „ohne“ Calls analysiert. Die Intervalle zwischen Call und Schlag (CSI) wurden über die Tonspur einer Videoaufnahme ermittelt.

#### 3.1 Ergebnisse

In Experiment 1 wurden 60,7 % der Calls befolgt. Bei neun Angriffen wurde ein Shot gespielt, obwohl kein Call erfolgte, dies entspricht 2,6 % aller Angriffe ohne Call und gibt die Spekulationsrate an. In Experiment 2 wurden 59,4 % aller Calls befolgt („cut“ 63,7 %; „line“ 60,6 %; „ohne“ 54,3 %). Bei 17 Angriffen wurde ein Shot gespielt, obwohl kein Call erfolgte, dies entspricht 7,2 % aller Angriffe ohne Call.

Abb. 2 zeigt die Ergebnisse für Experiment 1 und 2, wobei nur die Daten der 11 Versuchspersonen einfließen, die an beiden Experimenten teilnahmen. Mithilfe einer binären logistischen Regression wurde die Wahrscheinlichkeit für die Befolgung des Calls in Abhängigkeit von der Dauer des CSI bestimmt. Man erkennt, dass bei einem einfachen „Line“-Call der Call mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % befolgt werden kann, wenn der Call 455 ms vor dem Schlag erfolgt, eine 80%-ige Wahrscheinlichkeit liegt bei 550 ms vor. Wenn drei Calls möglich sind, steigt das Zeitintervall auf 539 ms für eine Befolgungswahrscheinlichkeit von 50 % bzw. 696 ms für 80 %.

Ein Vergleich zwischen Damen und Herren ergab keine interpretierbaren Unterschiede. Nach einer Aufteilung der Testpersonen in zwei Hälften anhand der Position auf der Weltrangliste ergaben sich ebenfalls zwischen besser positionierten Hälfte und der schlechter positionierten Hälfte keine Unterschiede in der Wahrscheinlichkeit, einen Call zu befolgen.

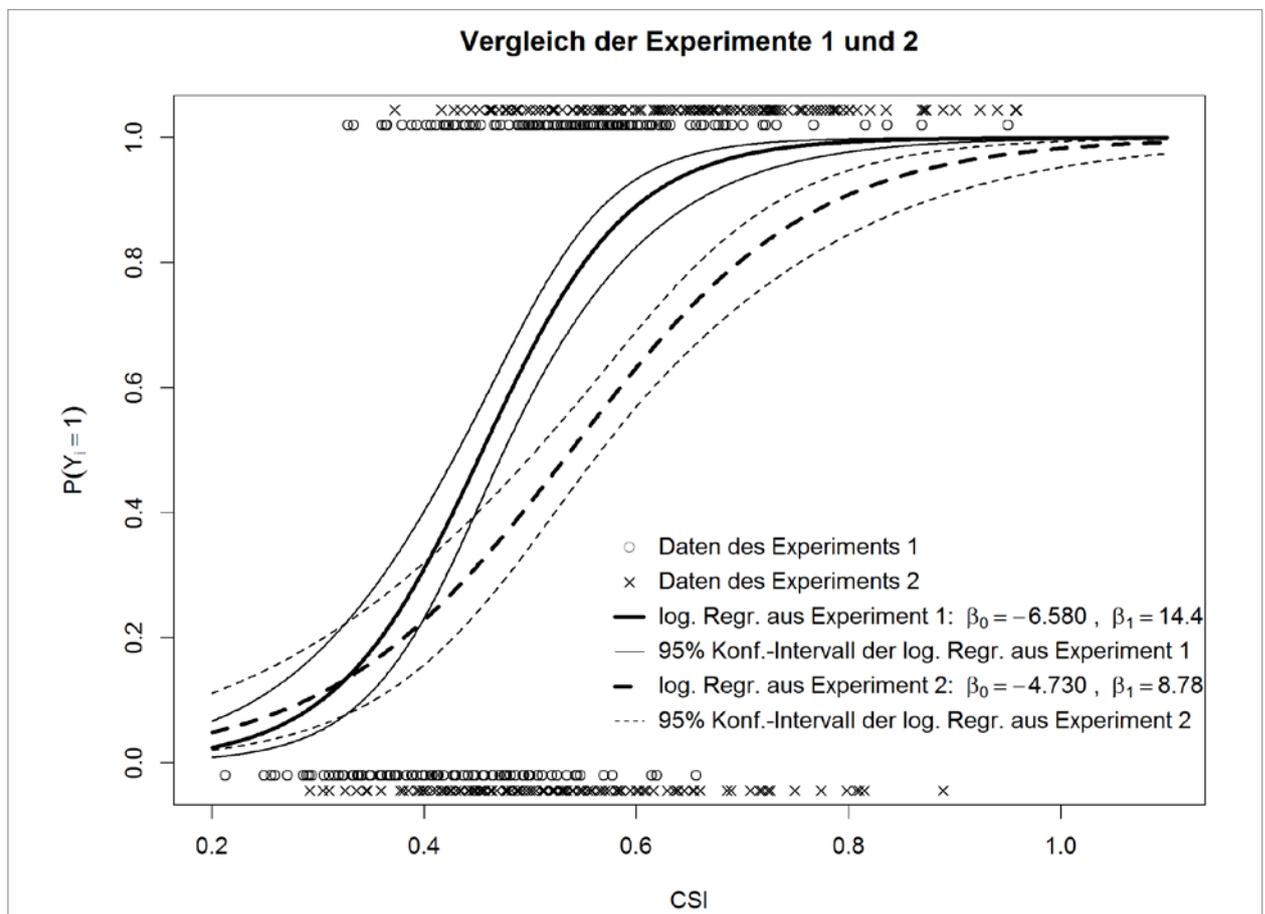


Abb. 2: Wahrscheinlichkeit der Befolgung eines Calls ( $P(Y_i = 1)$ ) in Abhängigkeit vom CSI (in Sekunden). Experiment 1 ist in durchgezogenen Linien dargestellt, Experiment 2 gestrichelt. Dicke Linien zeigen die Wahrscheinlichkeiten, dünne das 95%-Konfidenzintervall. Punkte (Experiment 1) und Kreuze (Experiment 2) stellen die Einzelversuche dar, unten stehen die nicht befolgten, oben die befolgten Calls.

## 4 Diskussion

Die Analyse der Wettkampfdaten zeigen, dass das Befolgen eines guten Calls die höchste Aussicht auf einen Punktgewinn ergibt. Dennoch kann dadurch nicht nachgewiesen werden, dass der Call ursächlich für den Erfolg verantwortlich ist, denn im Wettkampf ist nicht auszuschließen, dass die Entscheidung für einen Shot unabhängig von dem Call erfolgt ist und erst anschließend der Call dann die gleiche Richtung empfiehlt, in die der Angriff ohnehin erfolgt.

Die Ergebnisse der Experimente zeigen, dass ein Call ca. 0,7 s vor dem Schlag erfolgen sollte, damit die Wahrscheinlichkeit, dass er noch umgesetzt werden kann, genügend hoch ist. In wie weit dieses Zeitintervall so groß ist, dass die gegnerische Abwehr den Call bei ihrer Handlungsplanung berücksichtigen kann muss durch weitere Untersuchungen geklärt werden.



# Wirkungen des akustischen online-Feedbacks zum Bootsbeschleunigungs-Zeit-Verlauf im Mannschaftsboot auf die individuelle Rudertechnik der Crewmitglieder

(AZ 070801/13)

Klaus Mattes (Projektleiter) & Nina Schaffert

Universität Hamburg, Arbeitsbereich Bewegungs- und Trainingswissenschaft

## 1 Problemstellung

Im Deutschen Ruderverband (DRV) wird seit mehr als zwanzig Jahren biomechanisch gestütztes Feedback auch für die Optimierung der Bootsbeschleunigung angewendet (Mobiles Mess- und Trainingssystem 2012 sowie PCS-Sportler u. a. Böhmert, 2009; Mattes & Böhmert, 2003). Der Einsatz akustischer Feedbacksysteme kann in Ergänzung zu den bestehenden visuellen Systemen den Prozess im Techniktraining über die zeitsynchrone akustische Präsentation der Messwerte (Sonifikation) zur Bewegungsausführung erweitern, ohne besondere visuelle Zuwendung zu erfordern.

Für die Sonifikation des Bootsbeschleunigungs-Zeit-Verlaufs wurde *Sofirow* als akustisches Feedbacksystem und ruderspezifisches Trainingsmittel entwickelt (BeSB GmbH Berlin und Universität Hamburg) (Schaffert & Mattes, 2011) und mit Kaderathleten des DRV erprobt (Schaffert, Mattes & Effenberg, 2012).

Das Feedbacksystem *Sofirow* bildet den Bootsbeschleunigungs-Zeit-Verlauf in Abhängigkeit vom Beschleunigungsbetrag über Tonhöhe und Lautstärke differenziert akustisch ab. Die Klangsequenz wird bewegungssynchron an Athletinnen/Athleten und Trainerinnen/Trainer übertragen, sodass der Beschleunigungsverlauf im Training gezielt angesteuert werden kann. Die Ergebnisse aus den vorangegangenen Projekten zeigten bei vergleichbaren Schlagfrequenzen signifikante Steigerungen der mittleren Bootsgeschwindigkeit sowie strukturelle Veränderungen im Beschleunigungsverlauf in den Etappen mit akustischem online-Feedback (Schaffert, 2011).

Bisher unbekannt war, welche messtechnisch nachweisbaren Ansteuerungseffekte in der individuellen Ruderleistung und -technik durch die Sonifikation erzielt werden und ob sich dabei die physiologische Belastung verändert. Das sollte in der vorliegenden Studie für Mittel- und Großboote untersucht werden, um das Konzept des akustischen Feedbacktrainings im Rennboot auf weitere Technikmerkmale zu erweitern.

## 2 Methode

An den Untersuchungen in Berlin und Hamburg nahmen 30 Kaderathleten (Junioren A und B) des Deutschen Ruderverbandes in insgesamt acht Booten teil. In zwei Wassertrainingseinheiten wurden jeweils zwei Mess- bzw. Feedbackfahrten durchgeführt. Die erste Trainingseinheit diente der Ansteuerung des Beschleunigungsverlaufs im Belastungsbereich der extensiven Ausdauer (Schlagfrequenz  $\pm 20$  Schläge/min, Laktat  $\leq 2$  mmol/l und Herzfrequenz zwischen 140-160 Schläge/min). Die zweite Trainingseinheit erfolgte zur Überprüfung der physiologischen Belastung in Abhängigkeit vom akustischen Feedback. Den Kern bildete ein Belastungstest über 4 x 2000 m (Berlin) bzw. 4 x 1000 m (Hamburg) mit akustischem und ohne akustisches Feedback plus Baseline in den Belastungsstufen der extensiven und intensiven (Schlagfrequenz  $\pm 22$  Schläge/min) Ausdauer. Am Ende jeder Belastungs-

stufe wurde Blut aus dem Ohrläppchen der Athleten zur Laktatbestimmung abgenommen sowie die Herzfrequenz mittels Pulsuhren bestimmt. Für die Messungen wurde das akustische Feedbacksystem Sofirow (Bootsbeschleunigung mittels MEMS-Sensor bis 125 Hz, Bootsweg mit 4-Hz-GPS, Parameter-Mapping Sonifikation), das Mobile Messsystem (MMS) 2012 sowie der standardisierte Fragebogen zur Sonifikation eingesetzt.

Die Überprüfung von Veränderungen in den rudertechnischen Kennwerten erfolgte durch Vergleich der mittleren Technikennwerte über die jeweiligen Teststrecken (2000 m und 1000 m). Für die Mannschaftssynchronisation wurden die Spannweiten der Technikennwerte einer Bootsbesatzung errechnet und statistisch verglichen. Die Auswertung erfolgte mittels Varianzanalyse mit Messwiederholung und dem Faktor (akustisches Feedback).

### 3 Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigten in den Etappen mit Sonifikation in beiden Belastungsintensitäten und Kaderbereichen signifikant höhere Bootsgeschwindigkeiten, signifikant reduzierte Fahrtzeiten bei vergleichbarer Schlagfrequenz (max. Differenz 0,4 Schläge pro Minute) und reduzierter Anzahl an absolvierten Ruderschlägen für die 2000-m bzw. 1000-m-Distanz sowie vergleichbare Laktatwerte und Herzfrequenzen (ohne signifikante Unterschiede) (Tab. 1).

Tab. 1: Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung der Kennwerte

Ort	Etappe	Schlagzahl	$t_{\text{Etappe}}$ [s]	$v_B$ [m/s]	$S_F$ [1/min]	$P_{\text{IHD}}$ [W]	HF [1/min]	Laktat [mmol/l]
B E R L I N	Baseline	41 $\pm$ 3	126,8 $\pm$ 8,7	3,95 $\pm$ 0,28	19,7 $\pm$ 0,2	449 $\pm$ 208	150 $\pm$ 9,6	1,2 $\pm$ 0,2
	AF 20	**154 $\pm$ 10	**470,8 $\pm$ 31,1	**4,25 $\pm$ 0,29	20,0 $\pm$ 0,2	476 $\pm$ 220	150 $\pm$ 8,7	1,4 $\pm$ 0,4
	nAF 20	**162 $\pm$ 12	**488,0 $\pm$ 33,1	**4,10 $\pm$ 0,29	20,0 $\pm$ 0,3	451 $\pm$ 210	154 $\pm$ 9,7	1,5 $\pm$ 0,6
	AF 22	<sup>†</sup> 166 $\pm$ 15	<sup>†</sup> 458,9 $\pm$ 37,3	<sup>†</sup> 4,36 $\pm$ 0,04	21,7 $\pm$ 0,2	473 $\pm$ 217	168 $\pm$ 7,8	1,7 $\pm$ 0,6
	nAF 22	172 $\pm$ 12	472,9 $\pm$ 31,7	4,23 $\pm$ 0,03	21,8 $\pm$ 0,2	477 $\pm$ 220	169 $\pm$ 7,8	1,8 $\pm$ 0,7
H A M B U R G	Baseline	41 $\pm$ 1	117,4 $\pm$ 2,3	4,26 $\pm$ 0,02	20,0 $\pm$ 0,2	568 $\pm$ 230	148 $\pm$ 15,1	1,5 $\pm$ 0,5
	AF 20	**78 $\pm$ 3	**229,4 $\pm$ 3,1	*4,36 $\pm$ 0,01	20,1 $\pm$ 0,2	581 $\pm$ 224	152 $\pm$ 14,9	1,5 $\pm$ 0,5
	nAF 20	**79 $\pm$ 2	**232,6 $\pm$ 2,6	4,30 $\pm$ 0,02	19,9 $\pm$ 0,1	559 $\pm$ 231	154 $\pm$ 14,5	1,7 $\pm$ 0,5
	AF 22	<sup>†</sup> 81 $\pm$ 1	224,3 $\pm$ 8,5	<sup>†</sup> 4,46 $\pm$ 0,02	21,5 $\pm$ 0,3	767 $\pm$ 50	170 $\pm$ 14,2	1,8 $\pm$ 0,4
	nAF 22	84 $\pm$ 1	230,5 $\pm$ 6,1	4,34 $\pm$ 0,01	21,8 $\pm$ 0,3	<sup>#</sup> 755 $\pm$ 51	171 $\pm$ 15,2	1,9 $\pm$ 0,4

$t_{\text{Etappe}}$ =Fahrtzeit;  $v_B$ =Bootsgeschwindigkeit;  $S_F$ =Schlagfrequenz;  $P_{\text{IHD}}$ =Innenhebelleistung im Durchzug; HF=Herzfrequenz; AF=akustisches Feedback; nAF=ohne akustisches Feedback; \*=signifikant vs. Baseline ( $p < 0,05$ ); \*\*sehr signifikant vs. Baseline ( $p < 0,01$ ); <sup>†</sup>= signifikant AF vs. nAF ( $p < 0,05$ ); <sup>#</sup>= sehr signifikant AF vs. nAF ( $p < 0,01$ )

Im Beschleunigungsverlauf resultierten strukturelle Veränderungen in einer systematischen Verlängerung der Zeitdauer des Vorröllens ( $t_{\text{FL2}}$ ) (späteres Abbremsen im Freilauf) sowie einer Verkürzung der Zeit für die vordere Bewegungsumkehr ( $t_{\text{VBU}}$ ). Das Maximum der Bootsbeschleunigung im Freilauf wurde signifikant später realisiert ( $t_{\text{aBposFL2}}$ ). Die Beschleunigungsmaxima im Durchzug unterschieden sich dagegen nicht ( $a_{\text{Bmax}}$ ). Auch bestanden keine signifikanten Unterschiede in der hinteren Bewegungsumkehr (Tab. 2).

Die Mannschaftssynchronisation verbesserte sich im Durchschnitt aller Bootsbesetzungen, was durch signifikant reduzierte Spannweiten zahlreicher Technikkennwerte innerhalb der jeweiligen Bootsbesetzung belegt werden konnte. Dabei reduzierte sich signifikant die Spannweite des Rhythmusverhältnis ( $Q_t$ ), der Durchzugszeit ( $t_D$ ) und der Innenhebelleistung ( $P_{IHD}$ ). Außerdem waren mit Sonifikation im Vergleich zur Baseline geringere Spannweiten bei der Freilaufzeit ( $t_F$ ), den Zuggeschwindigkeiten im Durchzug (Tab. 3) sowie den Merkmalen der Schlagweite festzustellen (SW, Wi, Wx).

Tab. 2: Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung der Kennwerte zur intrazyklischen Analyse des Bootsbeschleunigungs-Zeit-Verlaufs

Ort	Etappe	$t_{FL1}$ [s]	$t_{FL2}$ [s]	$t_{vBU}$ [s]	$t_{a_{BposFL2}}$ [s]	$a_{Bmax}$ im DZ [m/s <sup>2</sup> ]
BERLIN	Baseline	0,89 $\pm$ 0,14	0,50 $\pm$ 0,07	0,55 $\pm$ 0,05	0,36 $\pm$ 0,17	3,81 $\pm$ 0,40
	AF 20	0,64 $\pm$ 0,12	**0,81 $\pm$ 0,11	**0,50 $\pm$ 0,05	**0,65 $\pm$ 0,17	3,78 $\pm$ 0,46
	nAF 20	0,70 $\pm$ 0,21	**0,56 $\pm$ 0,19	**0,73 $\pm$ 0,04	**0,33 $\pm$ 0,19	3,66 $\pm$ 0,56
	AF 22	0,59 $\pm$ 0,14	<sup>!</sup> 0,69 $\pm$ 0,14	<sup>!</sup> 0,50 $\pm$ 0,03	0,46 $\pm$ 0,20	3,80 $\pm$ 0,50
	nAF 22	0,58 $\pm$ 0,16	0,55 $\pm$ 0,12	0,69 $\pm$ 0,09	0,20 $\pm$ 0,15	3,68 $\pm$ 0,42
HAMBURG	Baseline	0,91 $\pm$ 0,10	0,55 $\pm$ 0,11	0,66 $\pm$ 0,09	0,19 $\pm$ 0,06	0,73 $\pm$ 0,07
	AF 20	0,92 $\pm$ 0,08	0,61 $\pm$ 0,12	0,57 $\pm$ 0,07	*0,27 $\pm$ 0,11	0,71 $\pm$ 0,06
	nAF 20	0,96 $\pm$ 0,07	0,50 $\pm$ 0,09	0,62 $\pm$ 0,06	*0,12 $\pm$ 0,05	0,80 $\pm$ 0,04
	AF 22	0,79 $\pm$ 0,09	0,54 $\pm$ 0,09	0,57 $\pm$ 0,08	0,29 $\pm$ 0,10	0,72 $\pm$ 0,04
	nAF 22	0,77 $\pm$ 0,11	0,52 $\pm$ 0,10	0,69 $\pm$ 0,10	0,22 $\pm$ 0,18	0,72 $\pm$ 0,06

$t_{vBU}$  =Zeit in der vorderen Bewegungsumkehr  $t_{FL1}$  =Zeit in der ersten Freilaufphase;  $t_{FL2}$  =Zeit in der zweiten Freilaufphase;  $t_{a_{BposFL2}}$  =Zeit positiver Beschleunigung in der zweiten Freilaufphase;  $a_{Bmax}$  im DZ=Beschleunigungsmaximum im Durchzug;

Tab. 3: Spannweite der Kennwerte des MMS

Ort	Etappe	tF [s]	tD [s]	Qt	vIHD [m/s]	sIHD [m]	PIHD [W]	SW [°]	Wi [°]	Wx [°]
BERLIN	Base	<sup>!</sup> 0,11	<sup>!</sup> 0,12	<sup>!</sup> 0,55	<sup>!</sup> 0,11	0,16	108	5,0	<sup>!</sup> 4,7	<sup>!</sup> 4,5
	AF20	0,08	*0,09	*0,38	0,08	0,13	92	4,9	4,2	4,3
	nAF20	0,10	0,11	*0,49	0,11	0,15	82	5,1	5,1	4,6
	AF22	<sup>!</sup> 0,07	0,07	<sup>!</sup> 0,31	0,06	<sup>!</sup> 0,12	65	5,1	4,7	4,5
	nAF22	0,09	0,08	0,39	0,08	0,14	79	6,2	5,2	4,5
HAMBURG	Base	0,12	0,11	0,64	0,07	<sup>!</sup> 0,23	243	<sup>!</sup> 7,4	<sup>!</sup> 5,5	3,3
	AF20	0,09	0,08	0,48	0,07	0,17	188	5,9	4,0	3,1
	nAF20	0,11	0,11	0,60	0,07	0,20	217	6,1	4,5	3,3
	AF22	0,08	0,09	0,42	0,08	0,16	218	5,1	3,3	3,3
	nAF22	0,09	0,08	0,48	0,08	0,19	222	6,0	3,5	3,7

tF =Freilaufzeit; tD =Durchzugszeit; Qt =Rhythmusverhältnis; vIHD =Innenhebelgeschwindigkeit im Durchzug; sIHD =Innenhebelweg im Durchzug; SW =Schlagweite; Wi =Winkelminimum; Wx =Winkelmaximum; <sup>!</sup> =Haupteffekt (signifikant  $p < 0,05$ ); \* =signifikant vs. Baseline ( $p < 0,05$ ); \*\*sehr signifikant vs. Baseline ( $p < 0,01$ ); <sup>!</sup> = signifikant AF vs. nAF ( $p < 0,05$ )

Die individuellen Aussagen der Athletenbefragung lieferten weitere Hinweise zur Verbesserung des Beschleunigungsverlaufs und der Mannschaftssynchronisation sowie den dabei zugrundeliegenden Veränderungen der individuellen Rudertechnik. Die Ergebnisse der Befragung unterstreichen, dass die Veränderung der Rudertechnik von den Athleten wahrgenommen und dadurch motorische Lerneffekte stimuliert werden.

## 4 Diskussion

Die Befunde bestätigten die Annahme, dass sich mit Sonifikation der Bootsbeschleunigung eine erhöhte mittlere Bootsgeschwindigkeit bei vergleichbarer Schlagfrequenz auch im Streckentraining über 2000 m bzw. 1000 m einstellt ohne die physiologische Beanspruchung signifikant zu steigern. Die Verbesserungen im Beschleunigungsverlauf (späteres Abbremsen und schnellere vordere Bewegungsumkehr) stimmten mit den Ergebnissen vorangegangener Studien zur Sonifikation der Bootsbeschleunigung (Mattes, Schaffert & Effenberg, 2010; 2012) überein. Die Ergebnisse liefern einen weiteren Beleg zur Wirkung akustischer Information auf die Bewegungswahrnehmung und -regulation (u. a. Effenberg, 2000, 2005).

Durch den Einsatz des MMS 2012 wurde erstmals die verbesserte Mannschaftssynchronisation anhand reduzierter Spannweiten der Durchzugs- und Freilaufzeit, des Rhythmusverhältnis und der Innenhebelgeschwindigkeiten im Durchzug messtechnisch beschrieben. Die Frage, welche rudertechnischen Kennwerte sich infolge der Sonifikation verändern, konnte nur für die einzelnen Bootsbesetzungen gezeigt werden, da die Stichprobe mit den unterschiedlichen Bootsklassen und zwei Kaderbereichen sehr inhomogen war. Die Messungen in Berlin erfolgten während der UWV mit Bundeskaderathleten, in Hamburg dagegen mit Landeskadern. Aufgrund des strengen Zeitregimes im Trainingslager konnten die Boote nicht mit Stemmbrett- und Rollsitzen Sensoren ausgerüstet werden. Zudem bleibt noch offen, inwieweit die Sonifikation des Bootsbeschleunigungsverlaufs auf die Rudertechnik von Weltspitzenathletinnen und -athleten wirkt.

## 5 Fazit

Die Sonifikation der Bootsbeschleunigung stellt eine neue vergleichsweise ungewohnte Trainingsform mit ganz spezifischen Möglichkeiten zur Ansteuerung des Beschleunigungsverlaufs, der Mannschaftssynchronisation (primäre Wirkung) und individuellen Merkmalen der Rudertechnik im Durchzug und Freilauf (sekundäre Wirkung) dar. Auch die sekundären Effekte führen zu einer verbesserten Bewegungstechnik, können die Kraft- und Leistungswerte pro Schlag steigern und dadurch die physiologische Beanspruchung pro Schlag erhöhen, ohne jedoch den jeweiligen Intensitätsbereich (Laktatauslenkung/ Schlagfrequenz) zu verlassen. Die Schlag- und Bewegungsstruktur nähert sich dabei dem Wettkampf an.

Für die Trainingspraxis empfiehlt sich die Sonifikation mit neu formierten Bootsbesetzungen in allen Kaderbereichen durchzuführen, um die Mannschaftssynchronisation sowie ein zweckmäßiges Freilaufverhalten möglichst schnell zu erreichen und damit die Grundlage für weitere Ansteuerungseffekte der Rudertechnik zu schaffen.

## 6 Literatur

- Böhmert, W. (2009). *Projektbeschreibung Rudermesssystem des Instituts FES*. Projektbeschreibung für das BISp. Berlin: FES.
- Böhmert, W. & Mattes, K. (2003). Biomechanische Objektivierung der Ruderbewegung im Rennboot. In W. Fritsch (Hrsg.), *Rudern – erfahren, erkunden, erforschen* (S. 163-172). Gießen: Wirth-Verlag (Sport Media).
- Effenberg, A.O. (2000). Zum Potential komplexer akustischer Bewegungsinformationen für die Technikansteuerung. *Leistungssport*, 5, 19-25.
- Effenberg, A.O. (2005). Movement sonification: Effects on perception and action. *IEEE Multimedia* 12 (2), 53-59.
- Mattes, K., Schaffert, N. & Effenberg, A.O. (2012). *Wirkungsanalyse des akustischen Feedbacktrainings mit Sofirow zur Optimierung der Bootsbewegung von Kaderathleten des Deutschen Ruderverbandes*. Abschlussbericht zum BISp-Projekt IIA1-070802/11.
- Mattes, K., Schaffert, N. & Effenberg, A.O. (2010). *Sonifikation des Bootsbeschleunigungs-Zeit-Verlaufs zur Optimierung der Bootsbewegung im Wassertraining und Ruderrennen*. Abschlussbericht zum BISp-Projekt IIA1-070802/09.
- Schaffert, N. (2011). *Sonifikation des Bootsbeschleunigungs-Zeit-Verlaufs als akustisches Feedback im Rennrudern*. Berlin: Logos Verlag.
- Schaffert, N. & Mattes, K. (2011). Designing an acoustic feedback system for on-water rowing training. *International journal of computer science in sport*, 10 (2), 71-76.



# Verbesserung der reaktiven Bewegungsleistung durch Postactivation Potentiation (PAP) und Motor Imagery (MI) bei Spitzenathletinnen und -athleten im Bobsport

(AZ 070802/13)

Jakob Kümmerl<sup>1</sup>, Julian Bergmann<sup>1</sup>, Olaf Prieske<sup>2</sup>, Tom Krüger<sup>2</sup>, Urs Granacher<sup>2</sup>  
& Markus Gruber<sup>1</sup> (Projektleiter)

<sup>1</sup> Universität Konstanz, Fachgruppe Sportwissenschaft

<sup>2</sup> Universität Potsdam, Humanwissenschaftliche Fakultät, Exzellenzbereich Kognitionswissenschaften

## 1 Problemstellung

Durch Postaktivierungspotenzierung (engl.: *Postactivation Potentiation*; PAP) und internale Bewegungsvorstellung (engl.: *Motor Imagery*; MI) können akute Leistungssteigerungen in explosiven und reaktiven Bewegungen herbeigeführt werden. PAP steigert dabei die muskuläre Leistungsfähigkeit durch vorausgehende intensive Kontraktionen desselben Muskels. Die Übertragbarkeit dieser akuten Leistungssteigerung auf funktionelle Bewegungen wurde in einigen Studien bereits nachgewiesen (zur Übersicht s. Lesinski et al., 2013). Untersuchungen der eigenen Arbeitsgruppe konnten zeigen, dass auch reaktive Bewegungen wie Hops (reaktive repetitive Fußgelenksprünge) als Konditionierungsmaßnahme geeignet sind, um in einer darauffolgenden reaktiven Bewegung eine Leistungssteigerung auszulösen (Bergmann et al., 2013a). Es gibt Hinweise darauf, dass diese Leistungssteigerungen durch PAP ebenfalls an Athletinnen und Athleten im Leistungssport hervorgerufen werden können (Lesinski et al., 2013).

Neben PAP kann auch MI als leistungssteigernde Maßnahme eingesetzt werden. In Untersuchungen der eigenen Arbeitsgruppe hat sich MI als kurzfristige Intervention zur Steigerung der Leistungsfähigkeit in reaktiven Bewegungen erwiesen (Bergmann et al., 2013b). Hinsichtlich der Effektivität von MI im Leistungssport liegen Ergebnisse vor, dass vor allem bei Spitzenathletinnen und -athleten eine Leistungspotenzierung erreicht werden kann (Olsson et al., 2008). In der vorliegenden Studie wird erstmals der leistungssteigernde Effekt von PAP und MI auf reaktive Bewegungen bei Athletinnen und Athleten im Spitzensport untersucht.

## 2 Methoden

Sechs Kaderathletinnen und -athleten (4 männlich/2 weiblich,  $22 \pm 4$  Jahre,  $91 \pm 17$  kg) nahmen an der Studie teil. Die Untersuchungen fanden unter drei verschiedenen Bedingungen jeweils an einem separaten Tag statt. Die Reihenfolge der jeweiligen Intervention wurde randomisiert zugeteilt. Bei jeder Messung führten die Testpersonen 8 maximale Niederhochsprünge (Drop Jumps = DJ) aus einer Höhe von 46 cm durch. Die Vorgabe war es dabei die Bodenkontaktzeit möglichst gering zu halten und gleichzeitig eine maximale Sprunghöhe zu erreichen. Nach einer 10-minütigen Pause wurden zwei 30-m-Sprints aus dem Hochstart absolviert.

Unter der PAP-Bedingung wurden vorbereitend zu jedem DJ und zu jedem 30-m-Sprint 10 repetitive maximale reaktive Sprünge (Hops als Konditionierungsaktivität) durchgeführt. Zwischen den repetitiven Sprüngen und den DJs bzw. Sprints lag jeweils ein Pausenintervall von 10 Sekunden.

Während des MI Protokolls wurden die DJ Jumps und die 30-m-Sprints mit vorheriger motorischer Imagination durchgeführt. Dabei wurde den Testpersonen vorgegeben, sich jeweils dreimal den DJ bzw. den 30-m-Sprint aus der Ich-Perspektive (internale Imagination) vorzustellen, ohne dabei eine körperliche Aktivität zu zeigen. Im Anschluss an die Imagination erfolgte der tatsächliche DJ bzw. der Sprint. Zwischen Imagination und Sprint lagen nicht mehr als 10 Sekunden. Das Protokoll der Kontrollmessungen glich den beiden vorherigen Messprotokollen, jedoch wurden weder Hoppings noch eine interne Imagination vor den Sprüngen bzw. vor den Sprints durchgeführt. Die Leistungsfähigkeit wurde im DJ mittels einer Kraftmessplatte (Leonardo™ Mechanograph, Novotec Medical GmbH, Deutschland) und in den 30-m-Sprints mittels eines Lichtschrankensystems bestimmt (OptoJump next™ MicroGate™, Italien). Das PAP Protokoll wurde von fünf Athletinnen und Athleten erfolgreich absolviert. Während des MI Protokolls standen 4 Personen für die Drop Jumps und 3 Personen für die Sprinttests zur Verfügung.

### 3 Ergebnisse

Die mittlere Sprunghöhe aller 5 Testpersonen steigerte sich von CON (0,31 m) zu PAP (0,34 m) um 11 %. Eine Steigerung der Sprunghöhe konnte bei allen beobachtet werden, wobei die individuelle Zunahme der Sprunghöhe von 3-27 % reichte (vgl. Abb. 1).

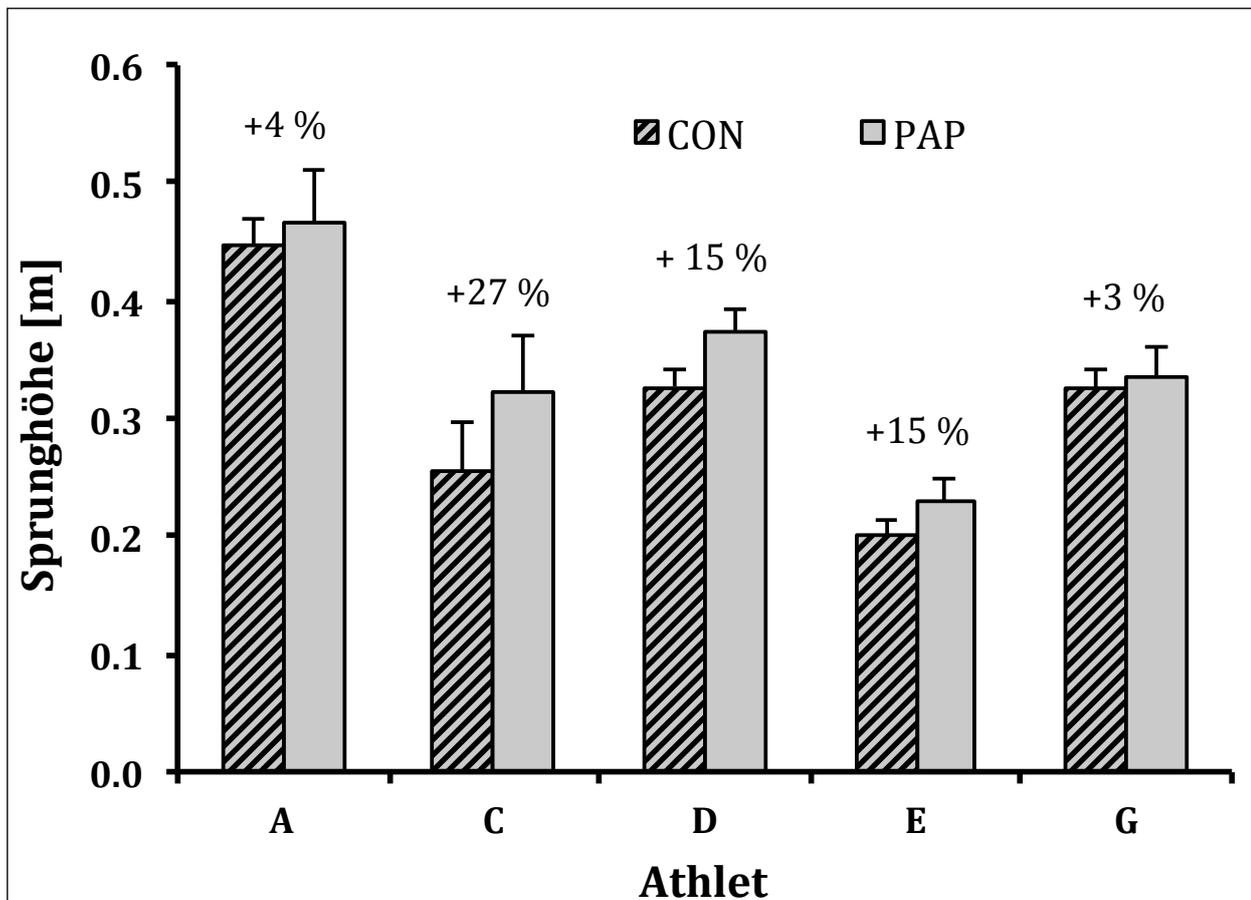


Abb. 1: Mittlere (+Stabw.) Sprunghöhe der Testpersonen unter CON und PAP. Die Steigerung unter PAP ist jeweils in % zu CON angegeben.

Sowohl die maximale Leistung als auch der Reaktivkraftindex stiegen dabei bei 4 von 5 Athletinnen und Athleten unter PAP zwischen 6 % und 31 % bzw. 6 % und 24 % an. Lediglich bei einer Person (A) manifestierte sich unter PAP eine Reduktion in der Leistung und im Index um 5 % bzw. 9 % (vgl. Abb. 2).

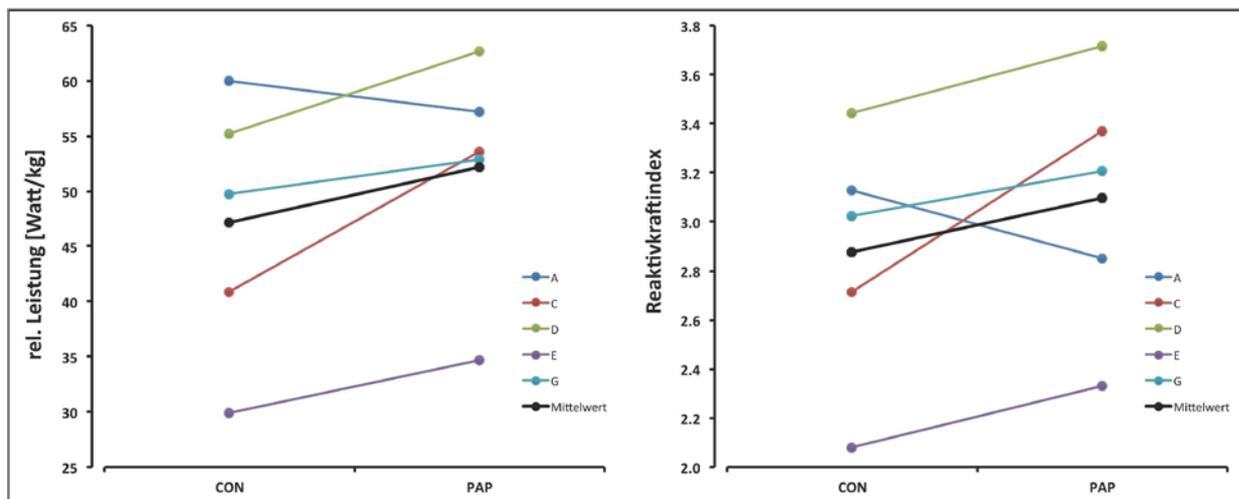


Abb. 2: Maximale Leistung und Reaktivkraftindex der Athletinnen und Athleten gemittelt über die alle acht Drop Jumps unter CON und PAP. Sowohl die relative Leistung als auch der Reaktivkraftindex nimmt bei 4 von 5 Testpersonen zu. Eine Abnahme zeigt sich bei Testperson A (dunkelblau).

Die Bodenkontaktzeit reduzierte sich bei 4 von 5 Testpersonen unter PAP im Mittel um 5 %. Testperson A zeigte hingegen unter PAP eine verlängerte mittlere Bodenkontaktzeit um 13 %. Zudem zeigte die maximale Bodenreaktionskraft nur bei Testperson A eine deutliche Zunahme um 8 %.

Die Sprintzeiten, Schrittlängen und Stützzeiten variierten zwischen CON und PAP um weniger als 1 % und zeigten keine konsistenten Änderungen.

Unter MI verhielten sich die Parameter der DJ nicht einheitlich. Nur eine Testperson (C) konnte unter MI seine Sprunghöhe steigern (+16 %).

Des Weiteren verringerte sich die Sprintzeit über die ersten 10 m bei allen 3 Testpersonen (-1 bis -4 %). Zwei Personen konnten ihre Sprintzeit über 30 m verbessern.

## 4 Diskussion

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass durch 10 repetitive Sprünge 30 s vor den Drop Jumps die Sprunghöhe im Mittel um 11 % gegenüber den Kontrollsprüngen erhöht war. Diese Resultate entsprechen den Ergebnissen aus vorhergehenden Studien welche mit Sportstudierenden (Bergmann et al., 2013a) und mit Freizeitsportlerinnen und -sportlern (Bergmann et al., 2014) durchgeführt wurden. Die mittlere Steigerung der Sprunghöhe um 11 % bei den Athletinnen und Athleten resultiert jedoch aus individuellen Steigerungen welche von 3 % bis 27 % reichten. Leistungssteigernde Effekte durch eine Konditionierungsaktivität wurden bei Spitzenathletinnen und -athleten in dieser Größe bisher nur in einer Studie von Boulosa et al. (2009) beschrieben (zur Übersicht s. Lesinski et al., 2013).

In den vorherigen Studien von Bergmann et al. (2013a, 2014) lagen die Fallhöhen des Drop Jumps deutlich unter der Fallhöhe der vorliegenden Studie. Trotz des erhöhten Absprungs zeichnete sich jedoch ein höherer Reaktivkraftindex im Vergleich mit den vorhergehenden Studien ab. Zudem konnte dieser Reaktivkraftindex bei 4 von 5 Testpersonen unter PAP weiter gesteigert werden. Zusammen mit

der gesteigerten Sprunghöhe unter PAP unterstreichen diese Ergebnisse, dass eine Konditionierungsaktivität auch bei reaktiv trainierten Spitzenathletinnen und -athleten eine Leistungssteigerung auslösen kann.

Wie bereits in vorangegangenen Studien (Bergmann et al., 2013a; Bergmann 2014) verhielt sich die maximale Bodenreaktionskraft in den Sprüngen unter PAP im Vergleich zu CON bei 4 von 5 Testpersonen nahezu unverändert. Der für die gesteigerte Sprunghöhe benötigte zusätzliche Bewegungsimpuls wurde bei diesen Personen folglich nicht über eine höhere Kraftspitze generiert, sondern ist vermutlich ein Resultat aus einem höheren Kraftniveau während der konzentrischen Muskelkontraktion im darauffolgenden Absprung. Dies könnte zudem die kürzeren Kontaktzeiten und die höhere maximale Leistung im DJ bei eben diesen 4 Personen erklären. Testperson A hingegen verringerte die maximale relative Leistung. Dessen gesteigerter Bewegungsimpuls unter PAP ist durch eine um 25 ms verlängerte Kontaktzeit und eine um 8 % gesteigerte maximale Bodenreaktionskraft zu erklären.

Gegenüber PAP konnte in den Drop Jumps unmittelbar nach der internalen Bewegungsvorstellung (MI) keine konsistente Leistungssteigerung festgestellt werden. Es wird jedoch diskutiert, dass Athletinnen und Athleten möglicherweise eine bessere Bewegungsvorstellung haben und dadurch mehr motorische Areale im Motorkortex aktivieren, welche an der Bewegung beteiligt sind (Olson et al., 2008). Man geht davon aus, dass Testpersonen, welche nicht in der spezifischen Bewegung trainiert sind einen verminderten Leistungszuwachs durch MI erreichen können (Olson et al., 2008; Bergmann et al., 2013b). Aufgrund der geringen Stichprobengröße lässt sich aus den Ergebnissen der vorliegenden Studie jedoch keine allgemeingültige Aussage über die Wirksamkeit von MI in reaktiven Bewegungen bei Spitzenathletinnen und -athleten ableiten.

Die Ergebnisse der 30-m-Sprints weisen unter PAP im Vergleich zu CON keine konsistenten Leistungsänderungen auf. Ähnliche Ergebnisse zeigten andere Studien an Sprint-Athletinnen und -Athleten (Lim et al., 2013), und Fußballspielern (Till et al., 2009; McBride et al., 2005). Auch sie konnten keine Steigerung der Sprintzeiten über 10, 20, 30 & 40 m nach Konditionierungsaktivitäten (statische und dynamische Kniebeugen (90 % des 1RM), Countermovement Jumps mit Zusatzlast (30 % des 1RM), Kreuzheben (bei 5 RM), Hocksprünge) feststellen. Trotz des fehlenden Nachweises einer Leistungssteigerung in den 30-m-Sprints kann der Einfluss von PAP auf die Sprintzeiten nicht generell ausgeschlossen werden. Möglicherweise ist der Transfer-Effekt eher gering und bedarf für einen statistischen Nachweis einer größeren Stichprobe.

Neben der akuten Anwendung kann der PAP-Effekt jedoch auch langfristig im Training der Athletinnen und Athleten eingesetzt werden. Es bietet den Sportlerinnen und Sportlern die Möglichkeit, über ihrem normalen Leistungsbereich zu trainieren. In der Folge könnte ein höherer Trainingsreiz gesetzt und damit eine zusätzliche Leistungssteigerung im Training herbeiführt werden.

## 5 Literatur

- Bergmann, J. Kramer, A., & Gruber, M. (2013a). Repetitive Hops Induce Postactivation Potentiation in Triceps Surae as well as an Increase in the Jump Height of Subsequent Maximal Drop Jumps. *PloS one*, 8 (10), e77705.
- Bergmann, J., Kumpulainen, S., Avela, J. & Gruber, M. (2013b). Acute Effects of Motor Imagery on Performance and Neuromuscular Control in Maximal Drop Jumps. *Journal of imagery research in sport and physical activity*, 8 (1), 1-9.
- Bergmann, J. Kramer, A., & Gruber, M. (2014). Reaktive Hoppings als direkte Vorbereitung für maximale Drop Jump – Einfluss der Pausenlänge. *Leistungssport*, (44) 3, 19-24.
- Boullousa, D.A., & Tuimil, J.L. (2009). Postactivation potentiation in distance runners after two different field running protocols. *Journal of strength and conditioning research*, 23, 1560-1565.
- Lesinski, M., Muehlbauer, T., Büsch, D., & Granacher, U. (2013). Akute Effekte der Postaktivierungspotenzierung auf Kraft- und Schnelligkeitsleistungen bei Sportlern. *Sportverletzung Sportschaden*, 27 (3), 147-155.
- Lim, J. J. H., & Kong, P. W. (2013). Effects of Isometric and Dynamic Postactivation Potentiation Protocols on Maximal Sprint Performance. *Journal of strength and conditioning research*, 27 (10), 2730-2736.
- McBride, J., Nimphius, S., & Erickson, T. (2005). The acute effects of heavy-load squats and loaded countermovement jumps on sprint performance. *Journal of strength and conditioning research*, 19 (4), 893-897.
- Olsson, C.-J., Jonsson, B., Larsson, A., & Nyberg, L. (2008). Motor representations and practice affect brain systems underlying imagery: an fMRI study of internal imagery in novices and active high jumpers. *The open neuroimaging journal*, 2, 5-13.
- Till, K. A., & Cooke, C. (2009). The effects of postactivation potentiation on sprint and jump performance of male academy soccer players. *Journal of strength and conditioning research*, 23 (7), 1960-1967.



# Optimierung und Evaluierung der Bedienersoftware zum Erfassen individueller Bewegungsprofile angriffsspezifischer Technikelemente im Judo mit dem JERGo©-System

(AZ 071611/12-13)

*Urs Granacher<sup>1</sup> (Projektleiter), Norman Helm<sup>1</sup>, Mario Schendel<sup>1</sup>, Tom Krüger<sup>1</sup>, Ditmar Wick<sup>2</sup> & Thomas Mühlbauer<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Universität Potsdam, Exzellenzbereich Kognitionswissenschaften, Professur für Trainings- und Bewegungswissenschaft

<sup>2</sup>Fachhochschule für Sport und Management Potsdam, Professur für Leistungs- und Wettkampfsport

## 1 Problem

Eine Nachbetrachtung der Olympischen Sommerspiele 2012 ergab, dass Wurf- und Grifftechniken dominierende und letztlich siegentscheidende Kampfhandlungen darstellen (Heinisch et al., 2012). Mehr als zwei Drittel aller Kämpfe wurden durch technische Wertungen entschieden, wobei deren finale Effektivität und Effizienz in direkter Beziehung zur erfolgreichen Anrissgestaltung in der Kuzushi-Phase steht (Büsch et al., 2012). Das Ziel des Anreißens ist es, die Gegnerin bzw. den Gegner in eine labile Gleichgewichtssituation zu versetzen, sodass die eigene Angriffstechnik erfolgreich durchgeführt werden kann. Daraus lässt sich eine hohe Relevanz für die Diagnostik und das Training von Anriss- und Platzwechselbewegungen im Judo ableiten.

Seit dem Jahr 2008 steht dem Deutschen Judo-Bund e.V. (DJB) das Mess- und Informationssystem JERGo© für die Erfassung der Anrisskraft zur Verfügung (Möller et al., 2009). Dieses judospezifische Zugerät wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Forschung und Entwicklung von Sportgeräten Berlin (FES) entwickelt. Eine wichtige Voraussetzung für den Einsatz des JERGo©-Systems ist, dass sich anhand der erhobenen Daten zuverlässige Aussagen zum Leistungsstand sowie zu trainingsinduzierten Leistungsveränderungen von Judoka treffen lassen. Bislang fehlen jedoch Angaben zur Zuverlässigkeit des JERGo©-Systems. Weiterhin äußerten Trainer und Athleten den Wunsch, das System und hierbei v. a. die Softwarebedienung für den regelmäßigen und systematischen Einsatz in der Diagnostik benutzerfreundlicher zu gestalten. Unter Verwendung des JERGo©-Systems bestanden die Ziele der vorliegenden Studie in (a) der Überprüfung der Zuverlässigkeit (Testwiederholung) des Messsystems und (b) der Evaluation der Benutzerfreundlichkeit durch die Trainer (Mühlbauer et al., 2014).

## 2 Methode

### 2.1 Probanden

Für die Studie wurden Judoka (N = 27) aus zwei verschiedenen Altersgruppen des DJB rekrutiert. Die ausschließlich männlichen Judoka entstammten der Altersklasse U18 (Landeskader des UJKC Potsdam; N = 11) sowie dem A- und B-Kader der Nationalmannschaft (N = 16). Aus jeder Gewichtsklasse wurden mindestens zwei Sportler getestet. Die verantwortlichen Bundes- (N = 4), Landes- (N = 5), Stützpunkt- (N = 3) und Vereinstrainer (N = 2) machten sich während der Messungen mit dem JERGo©-System vertraut. Nach den Messungen wurden die Trainer gebeten, selbstständig Probemessungen durchzuführen, um anschließend das JERGo©-System mittels Fragebogenanalyse zu evaluieren.

## 2.2 Testablauf

Die Messungen am JERGo©-System folgten einem standardisierten Untersuchungsablauf. Dieser sah eine Erfassung morgens vor, sodass die Athleten die Anrissbewegungen ohne Vorer müdung durchführen konnten. Die Aufwärmphase bestand aus zehn Anrissbewegungen im Standkuzushi. Es folgten zehn jeweils maximale Einzelzüge im Standkuzushi mit zehn Sekunden Pause zwischen den einzelnen Testbewegungen. Im Anschluss gab es eine einminütige Pause, auf die zehn Erwärmungszüge mit Eindrehbewegung (Kuzushi mit Platzwechsel) folgten. Nach der Pause wurden zehn maximale Anrissbewegungen mit Platzwechsel und einer Pause von zehn Sekunden zwischen den einzelnen Versuchen durchgeführt. Standkuzushi und Kuzushi mit Platzwechsel wurden in randomisierter Reihenfolge absolviert. Die Reihenfolge wurde dokumentiert und bei der zweiten Messung repliziert. Die Athleten wurden in ihrer individuellen Kampfauslage gemessen. Zur Bestimmung der Zuverlässigkeit wurden die Messungen innerhalb einer Woche wiederholt. Als abhängige Variablen wurden die Parameter Arbeit (Nm) und die Maximalkraft (N) getrennt nach Arm (Hub-, Zugarm) und Übung (Standkuzushi, Kuzushi mit Platzwechsel) bestimmt. In die Auswertung gelangte der jeweilige Bestwert aus zehn Versuchen.

## 2.3 Apparatur

### Mess- und Informationssystem JERGo©

Der Messplatz besteht aus drei Grundkomponenten, der Wandhalterung, dem JERGo©-System sowie Puzzlematten, die die Kampf fläche darstellen sollen. Über eine Welle ist der Rotor der Wirbelstrombremse mit einer Wickeltrommel verbunden, auf die das Zugseil mit der Aufnahme (Schraubkarabiner) für die Griffstücke aufgerollt ist. Durch eine starre Verbindung ist die Welle mit dem Rotor der Wirbelstrombremse verbunden, wodurch die Kraftübertragung nur in eine Drehrichtung stattfindet. Erfolgt nun eine Zugbewegung, entsteht über den Freilauf der Welle auf den Rotor der Wirbelstrombremse eine Kraftübertragung, die elektronisch gebremst wird. Die Bremsleistung kann je nach Gewichtsklasse höher oder niedriger eingestellt werden.

Die Software des JERGo©-Systems (JERGo2000 V 5.1) basiert auf der LabView Version 8.6. Die Datenübernahme von den Sensoren wird über einen Mikrokontroller (AT Mega128) gesteuert. Bevor das JERGo©-System vollständig einsatzbereit ist, erfolgt eine Kalibrierung für die Nullpunkt-Übernahme. Im Anschluss wird die Bremslasteinstellung (BLE) für die beiden JERGo©-Teilsysteme (d. h. Zug- und Hubarm) entsprechend der Gewichtsklasse der Athleten (GK: 20–39 kg = BLE: 20 %, GK: 40–59 kg = BLE: 40 %, GK: 60–79 kg = BLE: 60 %, GK: 80–99 kg = BLE: 80 %, GK:  $\geq 100$  kg = BLE: 100 %) vorgenommen.

## 2.4 Fragebogen

Für die Evaluation der Benutzerfreundlichkeit der neu entwickelten JERGo©-Software wurde ein Fragebogen entworfen. Der Fragebogen besteht aus fünf Fragekategorien mit insgesamt 14 Einzelfragen (13 geschlossene und eine offene Frage). Die geschlossenen Fragen enthalten ein einheitliches Antwortschema (trifft zu; trifft eher zu; weder/noch; trifft eher nicht zu; trifft nicht zu). Die Befragung wurde anonym durchgeführt. Die Zuordnung des Trainerstatus (Bundes-, Landes-, Stützpunkt- oder Vereinstrainer) wurde als Unterscheidungskriterium erfasst. Die Codierung der Antworten wurde für die geschlossenen Fragen folgendermaßen vorgenommen: 1 = „trifft zu“, 2 = „trifft eher zu“, 3 = „weder/noch“, 4 = „trifft eher nicht zu“ und 5 = «trifft nicht zu». Die offene Frage erhielt eine begriffszusammenfassende Kategorienzuordnung.

## 2.5 Statistische Analyse

Die Daten der Befragung wurden aufgrund des exploratorischen Charakters der Studie als Modus angegeben. Die Überprüfung der Zuverlässigkeit wurde unter Einbezug der Kennwerte Arbeit und Maximalkraft für alle Judoka sowie getrennt nach Spitzen- und Nachwuchsjudoka vorgenommen. Als Zusammenhangsmaß wurde der Korrelationskoeffizient nach Pearson ( $r_P$ ) berechnet. Bezugnehmend auf die Klassifikation nach Lienert und Raatz (1998) liegt ein hoher Zusammenhang bei  $r_P \geq 0,80$  vor. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p < 0,05$  festgelegt.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Zuverlässigkeit (Testwiederholung)

In Bezug auf die Zuverlässigkeit zeigten die Spitzenjudoka sowohl für den Standkuzushi als auch für den Kuzushi mit Platzwechsel Korrelationskoeffizienten, die unabhängig vom betrachteten Arm (Hub-, Zugarm) für den Parameter Arbeit ( $0,74 < r_P < 0,85$ ) mehrheitlich und für den Parameter Maximalkraft ( $0,15 < r_P < 0,81$ ) teilweise als hoch eingestuft werden können (Tab. 1). Im Gegensatz dazu offenbarten die Nachwuchsjudoka nur für den Kuzushi mit Platzwechsel (Ausnahme: Maximalkraft für Zugarm) Korrelationskoeffizienten, die unabhängig vom betrachteten Parameter (Arbeit, Maximalkraft) zum Teil als hoch ( $0,19 < r_P < 0,92$ ) eingestuft werden können. Für den Standkuzushi zeigten sich unabhängig vom betrachteten Parameter und Arm geringere Zusammenhänge ( $-0,09 < r_P < 0,59$ ).

Tab. 1: Reliabilität (Testwiederholung) von Kennwerten für Spitzen- und Nachwuchsjudoka für Standkuzushi und Kuzushi mit Platzwechsel

	Standkuzushi	Kuzushi mit Platzwechsel
<b>Alle Judoka (N = 27)</b>		
Whub (Nm)	0,76*	0,84*
Wzug (Nm)	0,90*	0,84*
Fhub (N)	0,45*	0,47*
Fzug (N)	0,70*	0,35
<b>Spitzenjudoka (N = 16)</b>		
Whub (Nm)	0,79*	0,84*
Wzug (Nm)	0,81*	0,75*
Fhub (N)	0,80*	0,16
Fzug (N)	0,64*	0,22
<b>Nachwuchsjudoka (N = 11)</b>		
Whub (Nm)	0,35	0,81*
Wzug (Nm)	0,57	0,91*
Fhub (N)	-0,08	0,89*
Fzug (N)	0,58	0,20

Legende: Dargestellt ist der Korrelationskoeffizient nach Pearson ( $r_P$ ); W = Arbeit; F = Maximalkraft; hub = Hubarm; zug = Zugarm; \* $p < 0,05$

### 3.2 Fragebogen

Es offenbarten sich zwischen dem Einbezug aller Trainer gegenüber der ausschließlichen Betrachtung der Bundes- und Landestrainer keine grundlegenden Unterschiede (Tab. 2). Der Einsatz des JERGo©-Systems im Training, zu diagnostischen Zwecken und als Trainingsmittel wurden mehrheitlich mit „trifft zu“ bis „trifft eher zu“ eingeschätzt. Die Benutzerfreundlichkeit der Software im Training und in der Diagnostik sowie die Auswahl und Darstellung der Messparameter wurden ebenfalls in der Mehrzahl mit „trifft zu“ bis „trifft eher zu“ eingestuft. Auch die Datendarstellung für die Trainer, ihre Übersichtlichkeit und der direkte Vergleich von neuer und alter Software wurden hauptsächlich mit „trifft zu“ bis „trifft eher zu“ bewertet. Die Selbsterklärung zur Benutzung sowie das Selbstverständnis des inneren Aufbaus wurden mit „trifft zu“ eingeschätzt. Der Bedarf weiterer Modifikationen des JERGo©-Systems wurde vor allem mit „weder/noch“ beurteilt, wobei lediglich ein Trainer konkret angab, einen schnelleren Datenrücklauf zu ermöglichen.

Tab. 2: Antwortverhalten der befragten Trainer (N = 14) zur Benutzerfreundlichkeit der neuen Software des JERGo©-Systems

Frage	Trainergruppe	Modus
Frage 1a: Einsatz des JERGo-Systems im Training	Alle Trainer (N = 14)	1
	Bundes- & Landestrainer (N = 9)	2
Frage 1b: Einsatz des JERGo-Systems zu diagnostischen Zwecken	Alle Trainer (N = 14)	1
	Bundes- & Landestrainer (N = 9)	1
Frage 1c: Einsatz des JERGo-Systems als Trainingsmittel	Alle Trainer (N = 14)	1
	Bundes- & Landestrainer (N = 9)	1
Frage 2a: Benutzerfreundlichkeit der Software im Training	Alle Trainer (N = 14)	2
	Bundes- & Landestrainer (N = 9)	2
Frage 2b: Benutzerfreundlichkeit der Software in der Diagnostik	Alle Trainer (N = 14)	1
	Bundes- & Landestrainer (N = 9)	1
Frage 2c: Auswahl der Messparameter	Alle Trainer (N = 13)	1
	Bundes- & Landestrainer (N = 8)	1
Frage 2d: Darstellung der gewählten Messparameter	Alle Trainer (N = 14)	1
	Bundes- & Landestrainer (N = 9)	1
Frage 2e: Qualität der Datendarstellung für die Trainer	Alle Trainer (N = 13)	2
	Bundes- & Landestrainer (N = 9)	2
Frage 2f: Übersichtlichkeit der Datendarstellung	Alle Trainer (N = 14)	1
	Bundes- & Landestrainer (N = 9)	1
Frage 2g: Vergleich neue vs. alte Software	Alle Trainer (N = 14)	2
	Bundes- & Landestrainer (N = 9)	2
Frage 3: Selbsterklärung zur Benutzung	Alle Trainer (N = 13)	1
	Bundes- & Landestrainer (N = 8)	2
Frage 4: Selbstverständnis des inneren Aufbaus	Alle Trainer (N = 13)	1
	Bundes- & Landestrainer (N = 8)	1

Frage	Trainergruppe	Modus
Frage 5: Modifikationen	Alle Trainer (N = 12)	3
	Bundes- & Landestrainer (N = 8)	3

Legende: 1 = trifft zu; 2 = trifft eher zu; 3 = weder/noch; 4 = trifft eher nicht zu; 5 = trifft nicht zu

## 4 Diskussion

Die wiederholte Leistungserbringung im Sinne der Zuverlässigkeit offenbarte für die Spitzenjudoka mehrheitlich und für die Nachwuchsjudoka zum Teil hohe Zusammenhänge. Dies bedeutet, dass der Genauigkeitsgrad, mit dem die geprüften Parameter Arbeit und Maximalkraft gemessen wurden, für die Spitzenjudoka größer ist als für die Nachwuchsjudoka. Somit lässt sich bei Spitzenjudoka das JERGo©-System einsetzen, um trainingsbedingte Leistungsveränderungen zu kennzeichnen. Hingegen scheint die Verwendung des JERGo©-Systems zur Trainingskontrolle bei Nachwuchsjudoka nur bedingt geeignet, da Veränderungen in den erhobenen Kennwerten zusätzlich durch Unterschiede in der Bewegungsausführung am JERGo©-System beeinflusst werden. Als Erklärung lässt sich anführen, dass aus koordinativer Sicht Bewegungsausführungen am JERGo©-System sehr anspruchsvoll sind. Vermutlich sind die technischen Bewegungsabläufe bei den Nachwuchsjudoka noch nicht stabil genug ausgeprägt, so dass neben Leistungsunterschieden gegenüber Spitzenjudoka die Reliabilitätsprüfung geringere Zusammenhänge offenbarte.

Die Einsatzmöglichkeiten des JERGo©-Systems für die Leistungsdiagnostik und Trainingskontrolle sowie seine Benutzerfreundlichkeit wurde unabhängig von der Trainergruppe mehrheitlich als zutreffend eingeschätzt, was für die differenzierte Anwendung und Praktikabilität des JERGo©-Systems spricht. Mehrheitlich wurden auch die Benutzerfreundlichkeit der Software im Training und in der Diagnostik sowie die Auswahl und übersichtliche Darstellung der Messparameter mit „trifft zu“ bis „trifft eher zu“ eingestuft. Dass die neue im Vergleich zur alten Software das Testverfahren vereinfacht wurde ebenfalls von der Trainermehrzahl mit „trifft eher zu“ bewertet.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass aufgrund der zuverlässigen Messwertbestimmung insbesondere für Spitzenjudoka und der überwiegend positiven Trainerbeurteilung der Benutzerfreundlichkeit das JERGo©-System zukünftig in die judospezifische Diagnostik und Trainingskontrolle zur Überprüfung der Anrissbewegung eingebunden werden kann. Weiterhin besteht die Möglichkeit, das System in den Trainingsbetrieb zu integrieren, um Athletinnen und Athleten bzw. Trainerinnen und Trainern unmittelbares Feedback zur Bewegungsqualität der Anrissgestaltung zu liefern.

## 5 Literatur

- Büsch, D., Heinisch, H.-D., Bussweiler, J., Gawin, W. & Oswald, R. (2012). Einführung in das Themenheft zur Wettkampfanalyse in den Zweikampf- und Spielsportarten. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft*, 19 (1), 9-12.
- Heinisch, H.-D., Oswald, R., Ultsch, D., Bazynski, M., Birod, M. & Büsch, D. (2012). Analyse der Olympischen Spiele 2012 im Sicht Judo. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft*, 19 (2), 121-150.
- Lienert, G. A. & Raatz, U. (1998). *Testaufbau und Testanalyse*. Weinheim: Beltz.
- Möller, S., Kittel, R., Krüger, T., Sprunk, S. & Wick, D. (2009). Movement profiles of the balance breaking (Kuzu-shi) of top judoka. In: A. Hökelmann, K. Witte & P. O'Donoghue (Eds.), *World Congress of Performance Analysis of Sport VIII* (S. 228-231). Aachen: Shaker.
- Mühlbauer, T., Krüger, T., Schendel, M., Wollburg, D., Heinisch, H. D., Ultsch, D., Büsch, D. & Granacher, U. (2014). Anwendung eines judospezifischen Mess- und Informationssystems (JERGo©-System) für Diagnostik und Training, *Leistungssport*, eingereicht.

# Biomechanische Diagnostik von Ruderleistung und -technik im Rennboot mit Sonifikation und Messung fahrdynamischer Parameter der Bootsbewegung im Nachwuchstraining (U23 und Juniorennationalmannschaft 2013)

(AZ 071601/13)

Klaus Mattes (Projektleiter), Nina Schaffert & Martin Reischmann

Universität Hamburg, Arbeitsbereich Bewegungs- und Trainingswissenschaft

## 1 Problemstellung

Auf Grundlage der erzielten Regattaergebnisse, anhand von leistungsphysiologischen Befunden sowie Messfahrten erfolgt die jährliche Auswahl der leistungsstärksten deutschen Juniorenrunderinnen und -ruderer (Mattes, 2012). Bei Messfahrten findet insbesondere die individuelle ruderspezifische Leistungsfähigkeit unter den Bedingungen der Groß- und Mittelboote Berücksichtigung. Die Formierung der neuen Bootsbesetzungen und deren rudertechnische Vorbereitung auf den internationalen Wettkampfhöhepunkt (Junioren- und U23 Weltmeisterschaften) macht die Optimierung der Ruderleistung und -technik sowie deren Feinstellung im Mannschaftsgefüge in vergleichsweise kurzer Zeit notwendig, um die hohe Bootsgeschwindigkeit während der Ruderrennen im internationalen Vergleich zu erreichen. Mit dem Einsatz biomechanisch gestützter Diagnostik sowie dem anschließenden Feedbacktraining kann dieser Prozess schnell und zielgerichtet gesteuert und die Arbeit der Trainerinnen und Trainer unterstützt werden. Dabei stehen folgende Aspekte im Mittelpunkt:

- › das Ranking und Empfehlungen zur Groß- und Mittelbootsformierung,
- › Generierung von Trainingszielen zur Ansteuerung der Rudertechnik für die einzelne Ruderin und den einzelnen Ruderer sowie für die Bootsbesetzung und
- › die wissenschaftliche Begleitung des Feedbacktrainings zur Sicherung von Ansteuerungseffekten bei der Ruderin bzw. beim Ruderer sowie bei der Bootsbesetzung.

Für die komplexe Diagnostik (KLD) von Ruderleistung und -technik wurde das Mobile Mess- und Trainingssystem 2012 (MMS 2012) (Böhmert & Mattes, 2003) verwendet. Die Durchführung des visuellen Feedbacktrainings erfolgte mit dem Processor Coach System-3/Sportler (PCS-3/S) mit direkter Anzeige der Messgrößen beim Rudern im Rennboot (Mattes & Böhmert, 2002). Für das akustische Feedback wurde *Sofirow* eingesetzt (Schaffert & Mattes, 2011).

Ein weiterer Schwerpunkt des Betreuungsprojekts beinhaltete die Integration fahrdynamischer Parameter des Bootes (Rollen, Gieren und Stampfen) mit dem neuen Messsystem x-Row (Reischmann, Böhmert & Mattes, 2012) in das MMS 2012. Zusätzlich sollte der Einfluss der Leistungsklasse (Junioren vs. Senioren) auf die 3D-Bootsbewegung untersucht werden.

## 2 Methode

Die Betreuung erfolgte bei Mitgliedern der Juniorennationalmannschaft 2013 bzw. Kader, die am Selektionslehrgang zur Nominierung für die Nationalmannschaften teilnahmen (CJ-Kader-Athletinnen und Athleten) im Mittel- und Großboot (4- und 8+). Jede Athletin bzw. jeder Athlet wurde ein- bis zweimal getestet, wobei der erste Test zur Selektion für die Nationalmannschaften diente. Der zweite Test erfolgte während der UWV zur Überprüfung der Wirksamkeit der Trainingsmaßnahmen. Für die Feinstellung der Rudertechnik und zur Verbesserung der Mannschaftsharmonie absolvierten ausgewählte Boote Feedback-Trainingsfahrten während der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung (UWV) (visuell und akustisch). Die Messungen fanden im Frühjahr und Sommer 2013 auf der Regatta-Strecke in Berlin-Grünau statt.

Insgesamt wurden 188 wissenschaftlich betreute Messfahrten zur Selektion und während des Techniktrainings in der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung (UWV) durchgeführt (davon 84 x KLD, 90 x Feedback). Das Vorgehen unterschied sich nicht zu dem in den Vorjahren bereits beschriebenen Ablauf. Für die Sonifikation kam das bereits bewährte trainingspraktische Vorgehen zum Einsatz.

Je nach Zielstellung der Diagnostik kamen in Absprache mit den Bootstrainerinnen und -trainern unterschiedliche Testmethoden zur Anwendung, die in den Berichten zu den Projekten der vorangegangenen Jahre bereits beschrieben wurden. Die Messfahrten wurden bei vergleichbaren Wasser- und Wetterbedingungen (nahezu glattes Wasser, leichte Brise) durchgeführt. Das MMS 2012 liefert sportlerspezifische Messwerte (Riemenkraft, Ruderwinkel, Rollsitze und Stemmbrettkraft) sowie die Bootsbeschleunigung in Vortriebsrichtung (Böhmert, 2009) und das PCS-3/S stellt die biomechanischen Messgrößen zeitsynchron mit der Bewegungsausführung der Rudererin bzw. dem Ruderer im Rennboot bzw. der Trainerin oder dem Trainer im Begleitboot auf je einem Grafikdisplay dar (Mattes & Böhmert, 2002). *Sofirow* erfasst und speichert die Bootsbeschleunigung mittels 125-Hz-MEMS-Beschleunigungssensor, den Bootsweg und die -geschwindigkeit mit 4-Hz-GPS und bildet den Bootsbeschleunigungs-Zeit-Verlauf als Spiegelbild der Gesamtwirkung von Kraftabgabe und Bewegung der Mannschaft auf das Boot differenziert akustisch ab. Die Klangsequenz wird als akustisches online-Feedback den Rudererinnen und Ruderern im Rennboot sowie auf Wunsch den Trainerinnen und Trainern per WLAN im Begleitboot präsentiert. Mittels des 3D-Messsystems x-Row werden die Bootsbeschleunigung (100-Hz-MEMS-Beschleunigungssensor), der Bootsweg und -geschwindigkeit (4-Hz-GPS) sowie das Rollen, Gieren und Stampfen (100-Hz-3D-Gyroskop) als Rotation des Bootes in seinen drei Raumachsen.

## 3 Ergebnisse der Betreuungsmaßnahmen

### 3.1 Komplexe Leistungsdiagnostik (KLD)

Die Selektion der Auswahlmannschaften erfolgte über Ranggruppen, die nach der Ruderleistung und -technik des jeweiligen Untersuchungskollektivs gebildet wurden. Auf Basis der wissenschaftlichen Messergebnisse (schriftlicher Vorschlag) wurden Empfehlungen zur Sitzposition der einzelnen Rudererinnen bzw. Ruderer im formierten Boot formuliert. Im Anschluss erfolgte die Besprechung der individuellen Mess- und Testergebnisse sowie die Erläuterung und Begründung der Ranggruppen mit den Aktiven sowie ihren Trainerinnen und Trainern. Dabei wurden die Zusammenhänge zwischen dynamischer und kinematischer Struktur der Ruderbewegung, die äußerlich sichtbare Rudertechnik und deren Wirkung auf die Bootsgeschwindigkeit sowie der Bootsdurchlauf erläutert und die Schwerpunkte für das folgende Technik- und Konditionstraining für die einzelne Rudererin bzw. den einzelnen Ruderer sowie für die Bootsbesetzung abgeleitet.

### 3.2 Parametergestütztes Feedbacktraining (visuelles und akustischer Feedback)

Auf Grundlage der Messergebnisse aus den Selektionsuntersuchungen und den daraus abgeleiteten rudertechnischen Schwerpunkten für das Training der einzelnen Rudererinnen und Ruderer sowie der Bootsbesetzungen erfolgte das Feedbacktraining. Während des Feedbacktrainings wurden die objektiven Synchroninformationen über die Bewegungsausführung und deren Ergebnisse in Form von Kennlinien und -werten (visuell) bzw. des Parameterverlaufs (akustisch) rückgemeldet. Das Feedback lenkte dabei die Aufmerksamkeit der Athletinnen und Athleten auf den jeweiligen Technikschnittpunkt. Veränderungen in der Bewegungsausführung wurde objektiv rückgemeldet und dadurch das Gefühl für die Bewegungsänderung unterstützt. Die Ansteuerungseffekte wurden unmittelbar im Anschluss an die Wassertrainingseinheit im gemeinsamen Gespräch analysiert. Im Mittelpunkt standen dabei die Analyse und Bewertung von Änderungen der Bewegungsausführung, der Zusammenhang zwischen intrinsischen, extrinsischen Feedback und der richtigen Bewegungsausführung, der erzielte Lernfortschritt sowie die Festlegung der weiteren Trainingsschwerpunkte für die Ruderin bzw. den Ruderer sowie für die Bootsbesetzung.

### 3.3 3D-Bootsbewegung

Mittels x-Row konnten Rollen, Gieren und Stampfen mit der für den Hochleistungsbereich notwendigen Genauigkeit gemessen werden. Der Leistungsklassenvergleich zeigte im Riemenvierier signifikante Unterschiede zwischen der Roll-, Gier- und Stampfamplitude. Für das Rollen und Gieren wies das Juniorenboot signifikant höhere und für das Stampfen signifikant niedrigere Amplituden auf als die Senioren. Im Achter konnte dieser Effekt lediglich für das Gieren nachgewiesen werden (Tab. 1).

Tab. 1: Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung der Roll-, Gier- und Stampfamplitude im 4- und 8+ zwischen U19-Junioren und Senioren im Ruderzyklus mit dem Hauptkontrast der Schlagfrequenzstufen (HK (Sf)), der Wechselwirkung zwischen Altersklasse und Schlagfrequenzstufe (WW (AK\*Sf)) und dem Zwischensubjekteffekt der Altersklasse (ZW (AK))

Bootsklasse	Altersklasse	Rollen [°]		Gieren [°]		Stampfen [°]	
		4-	8+	4-	8+	4-	8+
4-	Junioren (U19)	3,43 $\pm$ 1,07		0,72 $\pm$ 0,16		0,81 $\pm$ 0,16	
	Senioren	2,61 $\pm$ 0,62		0,46 $\pm$ 0,16		0,92 $\pm$ 0,1	
8+	Junioren (U19)	2,84 $\pm$ 0,63		0,58 $\pm$ 0,28		0,41 $\pm$ 0,07	
	Senioren	2,78 $\pm$ 0,89		0,25 $\pm$ 0,13		0,45 $\pm$ 0,08	
<b>Bootsklasse</b>		<b>4-</b>	<b>8+</b>	<b>4-</b>	<b>8+</b>	<b>4-</b>	<b>8+</b>
HK (Sf)	<b>p</b>	n.s.	n.s.	n.s.	0,037	n.s.	0,008
	<b><math>\eta^2</math></b>				0,231		0,351
WW (AK*Sf)	<b>p</b>	0,006	n.s.	0,006	0,028	0,001	n.s.
	<b><math>\eta^2</math></b>	0,355		0,352	0,253	0,468	
ZW (AK)	<b>p</b>	0,005	n.s.	0,000	0,000	0,008	n.s.
	<b><math>\eta^2</math></b>	0,368		0,646	0,552	0,334	

## 4 Diskussion

Die biomechanische Betreuung mit den eingesetzten Messsystemen hat sich in den zurückliegenden Trainingsjahren aus Sicht des DRV bei der Selektion der Bootsbesetzungen und im Feedbacktraining sehr gut bewährt und ist zu einem unverzichtbaren Bestandteil für die Formierung von Großbooten und die Entwicklung leistungsfähiger Bootsklassen in Vorbereitung der Nachwuchsnationalmannschaften auf den internationalen Wettkampfhöhepunkt (Juniorenweltmeisterschaften) geworden. Der biomechanisch-trainingswissenschaftliche Hintergrund dieser Entwicklungen stimmt mit international anerkannten Erkenntnissen überein (Baudouin & Hawkins, 2004; Hofmijster, Landmann & Van Soest, 2002; Kleshnev, 2010; Nolte, 2011) und basiert maßgeblich auf Forschungsergebnissen, die im Rahmen von Forschungsprojekten an der Universität Hamburg generiert worden sind. Die Entwicklungen wurden in der Trainingspraxis erprobt und die Wirkung evaluiert.

Mit dem MMS 2012 können die Ruderleistung und -technik unmittelbar im Rennboot in allen Bootsklassen und unter allen typischen Wettkampf- und Trainingsbedingungen (auch das Messen von Achterbesetzungen bei internationalen Rennen) erfasst werden. Die generierten Mess- und Testdaten (Hinweise zur Steuerung der individuellen Ruderleistung und -technik sowie die Empfehlungen für die Formierung von Bootsbesetzungen) haben eine hohe trainingspraktische Relevanz (Mattes, 2012).

Die Sonifikation der Bootsbeschleunigung stellt eine neue vergleichsweise ungewohnte Trainingsform mit ganz spezifischen Möglichkeiten zur Ansteuerung des Beschleunigungsverlaufs, der Mannschaftssynchronisation und individuellen Merkmalen der Rudertechnik im Durchzug und Freilauf dar (Mattes & Schaffert, 2014). Mit der Sonifikation erzielte Ansteuerungseffekte sind für die Traineeinnen und Trainer direkt beobachtbar und im veränderten Beschleunigungsverlauf akustisch wahrnehmbar. Das Bewegungssehen, die Bewegungsbewertung und die Feedbackansprache an die Athletinnen und Athleten werden verbessert (Mattes, Schaffert & Effenberg, 2012).

Mit der Integration von x-Row in das MMS 2012 besteht die Möglichkeit der synchronen Erfassung der Roll-, Gier- und Stampfbewegung des Bootes differenziert nach Leistungs- und Bootklasse. Entsprechend müssen Orientierungswerte zur Auswertung von Rollen und Stampfen leistungs- und bootsklassenabhängig erstellt werden. Da die 3D-Bootsbewegung direkt Einfluss auf die Bootsgeschwindigkeit nimmt, trägt deren Optimierung unmittelbar zur Leistungssteigerung der Boote bei.

## 5 Literatur

- Baudouin, A. & Hawkins, D. (2004). Investigation of biomechanical factors affecting rowing performance. *Journal of biomechanics*, 37, (7): 969-976.
- Böhmert, W. (2009). *Projektbeschreibung Rudermesssystem des Instituts FES*. Projektbeschreibung für das BISp. Berlin: FES
- Böhmert, W. & Mattes, K. (2003). Biomechanische Objektivierung der Ruderbewegung im Rennboot. In W. Fritsch (Hrsg.), *Rudern – erfahren, erkunden, erforschen* (S. 163-172). Gießen: Wirth-Verlag (Sport Media).
- Hofmijster M.J., Landman, E.H. & Van Soest, A.J. (2007). Effect of stroke rate on the distribution of net mechanical power in rowing. *Journal of sports science*, 25 (4), 403-411.
- Kleshnev, V. (2010). Boat acceleration, temporal structure of the stroke cycle, and effectiveness in rowing. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P. *Journal of sports engineering and technology*, 224, 63-74.
- Liebermann, D.G., Katz, L., Hughes, M.D., Bartlett, R.M., McClements, J. & Franks, I.M. (2002). Advances in the application of information technology to sport performance. *Journal of sports sciences*, 20, 755-769.
- Mattes, K. (2012). Rowing technique. In D. Altenburg, K. Mattes & J. Steinacker (Eds.), *Manual for Rowing Training. Technique, High Performance and Planning*. 2nd ed. (pp. 53-108). Wiebelsheim: Limpert Verlag.
- Mattes, K. & Böhmert, W. (2002). *Feineinstellung der sportlichen Technik durch Messplatztraining*. In *Messplatztraining*. 5. Gemeinsames Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft 19.-21.9.2002, Leipzig.
- Mattes, K. & Schaffert, N. (2014). *Wirkungen des akustischen online-Feedbacks zum Bootsbeschleunigungs-Zeit-Verlauf im Mannschaftsboot auf die individuelle Rudertechnik der Crewmitglieder*. Bericht für den Cheftrainer zum BISp-Projekt IIA1-070801/13.
- Mattes, K., Schaffert, N. & Effenberg, A.O. (2012). *Wirkungsanalyse des akustischen Feedbacktrainings mit Sofirow zur Optimierung der Bootsbewegung von Kaderathleten des Deutschen Ruderverbandes*. Abschlussbericht zum BISp-Projekt IIA1-070802/11.
- Nolte, V. (2011). (Ed.) *Rowing faster. Serious Training for serious rowers*. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Reischmann, M., Böhmert, W. & Mattes, K. (2012). Erste Ergebnisse zur Messung der Stampfbewegung im Rennskiff. *Book of Abstracts*. 9. Gemeinsames Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft 21.-23.3.2012, Münster.
- Schaffert, N. & Mattes, K. (2011). Designing an acoustic feedback system for on-water rowing training. *International journal of computer science in sport*, 10 (2), 71-76.



# Biomechanische Diagnostik von Ruderleistung und -technik im Rennboot mit Sonifikation und Messung fahrdynamischer Parameter der Bootsbewegung im HLT und Handicap

(AZ 071602/13)

*Klaus Mattes (Projektleiter), Nina Schaffert & Martin Reischmann*

Universität Hamburg, Arbeitsbereich Bewegungs- und Trainingswissenschaft

## 1 Problem

Im Deutschen Ruderverband (DRV) erfolgt die komplexe Diagnostik von Ruderleistung und -technik mit dem Mobilien Mess- und Trainingssystem 2012 (MMS) (Böhmert & Mattes, 2003; Böhmert, 2009) sowie parametergestütztes Feedbacktraining (visuell mit dem Processor Coach System-3/Sportler (PCS-3/S) (Mattes & Böhmert, 2002) und akustisch mit *Sofirow* (Schaffert & Mattes, 2011)) regelmäßig zur Vorbereitung der Rudernationalmannschaften auf die internationalen Wettkampfhöhepunkte (Weltmeisterschaften und Olympischen Spiele). Zudem werden die Relationsrennen am Ende der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung (UWV) messtechnisch mit *Accrow* (Mattes & Schaffert, 2010) begleitet. Die Beschreibung der eingesetzten Messsysteme erfolgte bereits im Bericht zum Vorjahresprojekt. Hervorzuheben ist die hohe trainingspraktische Relevanz der generierten Mess- und Testdaten (Hinweise zur Steuerung der individuellen Ruderleistung und -technik sowie Empfehlungen für die Formierung von Bootsbesetzungen).

Im Trainingsjahr 2013 wurden zusätzlich Messungen der Roll-, Gier- und Stampfbewegung des Bootes mit dem neuen Messsystem x-Row (Reischmann, Böhmert & Mattes, 2012) in Kooperation mit dem Institut für Forschung und Entwicklung von Sportgeräten (FES) durchgeführt. Untersucht werden sollte der Einfluss der Sensorpositionierung im Boot auf die Messdaten der 3D-Bootsbewegung sowie die Auswirkungen unterschiedlicher Schlagfrequenzstufen auf die Roll-, Gier- und Stampfampplituden.

## 2 Methode

Die Untersuchungen wurden mit Kaderathletinnen und -athleten des DRV (A- sowie z. T. zur Vervollständigung der Bootsbesetzung auch B- oder C-Kader) der Skull- und Riemenbootklassen durchgeführt. Die Leistungsdiagnostik für die Athletinnen und Athleten fand ein- bis dreimal im Trainingsjahr statt. Insgesamt wurden 96 Messfahrten zur komplexen Leistungsdiagnostik (KLD) und 106 Feedbackfahrten mit parametergestütztem Techniktraining durchgeführt. Zudem erfolgte die 2000-m-Rennanalyse bei acht Booten der Nationalmannschaft.

In Absprache mit dem Cheftrainer sowie den verantwortlichen Bootstrainerinnen bzw. -trainern kamen je nach Zielstellung der Diagnostik unterschiedliche Testmethoden zur Anwendung:

- kombinierter Test aus vier Schlagfrequenzstufen (SF 20, 24, 28 und 32),
- Wettkampftest über verschiedene Distanzen bis 2000 m (Rennprofil mit Start, Strecke, Zwischen- und Endspurt) und/oder
- visuelles Feedbacktraining mit dem Prozessor Coach System (Sportler) sowie

- › akustisches Feedbacktraining mit *Sofirow* in definierten Feedbackblöcken im EXA-Trainingsbereich bei vergleichbarer Schlagfrequenz (max. Differenz  $\pm 0,5$  Schl./min).

Die Mess- und Feedbackfahrten wurden bei vergleichbaren Wetterbedingungen durchgeführt (überwiegend glattes Wasser und leichte Brise). Zum Abschluss der UWV fand die Untersuchung der Relationsrennen mit dem Messsystem *Accrow* (Mattes & Schaffert, 2010) bei ausgewählten Mannschaften statt. Das Messsystem analysierte die Bootsgeschwindigkeit, Schlagfrequenz und den Vortrieb pro Schlag für jeden Ruderzyklus als Mittelwert für die 250-m-Abschnitte bzw. charakteristischen Rennphasen (Start, Strecke, Endspurt).

Die genaue Beschreibung der Messgrößen der eingesetzten Messsysteme (MMS 2012) erfolgte im Vorjahresprojektbericht. Das neu integrierte 3D-Messsystem *x-Row* erfasste die Bootsbeschleunigung (100-Hz-MEMS-Beschleunigungssensor), den Bootsweg und -geschwindigkeit (4-Hz-GPS) in Vortriebsrichtung sowie das Rollen, Gieren und Stampfen (100-Hz-3D-Gyroskop) als Rotation des Bootes um seine drei Raumachsen.

## 3 Ergebnisse der Betreuungsmaßnahmen

### 3.1 Komplexe Leistungsdiagnostik (KLD)

Die Auswertung der Diagnostikdaten erfolgte im Anschluss an den Test. Je nach Bootsklasse (1x- bis 8+) lagen die Testergebnisse ein bis zwei Stunden nach Testdurchführung als metrische Daten (proportionales Skalenniveau) vor. Über die kombinierte grafische Darstellung mit ausgewählten rudertechnischen Kennwerten in Tabellenform konnten der qualitative Verlauf rudertechnischer Kennlinien sowie die quantitative Ausprägung von Merkmalen der Ruderleistung und -technik eingeschätzt und beurteilt werden. Für das bessere Verständnis der Athletinnen und Athleten wurden die Testergebnisse des MMS mit einer speziellen Auswerte- und Darstellungssoftware (Videomesswertkopplung) präsentiert. In gemeinsamen Gesprächen mit den verantwortlichen Trainerinnen bzw. Trainern (Bundes- und/oder Heimtrainerin bzw. -trainer) und den Sportlerinnen und Sportlern wurden die Zusammenhänge zwischen dynamischer und kinematischer Struktur der Ruderbewegung, die äußerlich sichtbare Rudertechnik und deren Wirkung auf die Bootsgeschwindigkeit sowie der Bootsdurchlauf erläutert. Auf dieser Grundlage konnten Schwerpunkte für das Technik- und Konditionstraining für die einzelne Rudererin bzw. den einzelnen Ruderer sowie für die Bootsbesatzung abgeleitet werden.

### 3.2 Visuelles und akustisches Feedback

Das biomechanisch gestützte Feedbacktraining vermittelte den Ruderinnen und Ruderern die Messinformationen zeitsynchron mit der Bewegungsausführung auf Grafikdisplays im Rennboot (PCS-3) bzw. akustisch als Klangsequenz (*Sofirow*). Dem Feedbacktraining ging die KLD zur Bestimmung der rudertechnischen Fehler und individuellen Besonderheiten voraus. Dabei wurden die anzusteuern den Technikmerkmale festgelegt und konkrete Hinweise zur Veränderung der Bewegungsausführung und zur Feedbackanzeige gegeben. Während des Feedbacktrainings erfolgte die Rückmeldung der objektiven Synchroninformationen über die Bewegungsausführung und deren Ergebnisse in Form von Kennlinien und -werten (visuell) bzw. des Parameterverlaufs (akustisch). Diese Rückmeldungen sollten die Athletinnen bzw. Athleten in Beziehung zu den eigenen intrinsischen Rückinformationen setzen und die veränderte Bewegungsausführung wahrnehmen und verinnerlichen. Über die subjektiven Fremdinformationen wurde dieser Prozess von außen unterstützt und gelenkt (Smith

& Loschner, 2002). Die Ansteuerungseffekte wurden unmittelbar im Anschluss an das Wassertraining gemeinsam analysiert und die nächsten Schritte im Technik- und Konditionstraining bestimmt. Damit unterstützte das Feedbacktraining die erfolgreiche Ansteuerung verschiedener Merkmale der Rudertechnik in kurzer Zeit (1-3 Trainingseinheiten), wie die Schlagweite, die Gestaltung der vorderen und hinteren Bewegungsumkehr, die Kraft- und Bewegungskopplung im Durchzug, das widerstandsarme Vorrollen, etc. Mit der Sonifikation bestand zudem die Möglichkeit, die Mannschaftssynchronisation zu verbessern.

### 3.3 2000-m-Rennanalyse

Die Analyse des Rennverlaufs erfolgte strecken- und zeitbezogen und ermöglichte eine Einschätzung des Rennprofils und Interpretation der Daten (Rennprofil, -taktik, -phasen, Relation Schlagfrequenz/ Bootsgeschwindigkeit und Schwankung der Bootsgeschwindigkeit). Die Rennprofile zeigten bei allen Booten eine offensive Ausrichtung mit zweckmäßiger Relation von Schlagfrequenz zu Bootsgeschwindigkeit und geringer intrazyklischer Geschwindigkeitsschwankung. Im Vergleich zur Prognosegeschwindigkeit lagen die Endzeiten bei allen Booten bei über 90 %.

### 3.4 3D-Bootsbewegung (x-Row)

Mittels x-Row konnten Rollen, Gieren und Stampfen des Bootes mit der für den Hochleistungsbereich notwendigen Genauigkeit gemessen werden. Für die KLD war es dabei ausreichend, nur einen Sensor zu verwenden, der im Heck des Bootes zu platzieren ist, da das Heck stärker als der Bug stampft. Die Schlagfrequenz reduzierte im Durchschnitt der Boote die Gier- und steigerte die Stampfampplituden. Für die Rollbewegung konnte kein systematischer Effekt der Schlagfrequenz nachgewiesen werden, da dieser von der Wechselwirkung Bootsklasse\*Schlagfrequenz überlagert wurde, wobei ein unsystematischer Anstieg bzw. Abfall der Rollamplitude in den untersuchten Bootsklassen bestand. Die Wechselwirkung für das Stampfen resultierte aus dem unterschiedlichen Anstieg der Stampfampplitude mit Zunahme der Schlagfrequenz in den einzelnen Bootsklassen (Tab. 1).

Tab. 1: Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung der Roll-, Gier- und Stampfampplituden im Ruderzyklus mit dem Hauptkontrast der Schlagfrequenzstufen (HK (Sf)), der Wechselwirkung zwischen Bootsklasse und Schlagfrequenzstufe (WW (BK\*Sf)) und dem Zwischensubjekteffekt der Bootsklasse (ZW (BK))

Sf-Stufe [Schl./min]		Rollen [°]	Gieren [°]	Stampfen [°]
20		3,28 $\pm$ 1,68	0,66 $\pm$ 0,33	0,72 $\pm$ 0,18
24		3,23 $\pm$ 1,22	0,65 $\pm$ 0,25	0,81 $\pm$ 0,18
28		3,22 $\pm$ 1,56	0,5 $\pm$ 0,21	0,86 $\pm$ 0,21
32		3,08 $\pm$ 1,44	0,5 $\pm$ 0,27	0,95 $\pm$ 0,24
HK (Sf)	p	n.s.	0,000	0,000
	$\eta p^2$		0,270	0,734
WW (BK*Sf)	p	0,011	n.s.	0,030
	$\eta p^2$	0,247		0,210
ZW (BK)	p	0,000	0,000	0,000
	$\eta p^2$	0,652	0,478	0,928

## 4 Diskussion

Die biomechanische Betreuung hat sich in den vergangenen Trainingsjahren aus Sicht des DRV mehr als bewährt und ist zu einem unverzichtbaren Bestandteil für die Entwicklung leistungsfähiger Bootsklassen geworden. Der biomechanisch-trainingswissenschaftliche Hintergrund dieser Entwicklungen stimmt mit internationalen Erkenntnissen überein (Baudouin & Hawkins, 2004; Hofmijster, Landmann & Van Soest, 2002; Kleshnev, 2010; Nolte, 2011) und basiert maßgeblich auf Forschungsergebnissen, die im Rahmen von Forschungsprojekten an der Universität Hamburg generiert worden sind. Die Entwicklungen wurden in der Trainingspraxis erprobt und die Wirkung evaluiert.

Die Sonifikation der Bootsbeschleunigung stellt eine neue vergleichsweise ungewohnte Trainingsform mit ganz spezifischen Möglichkeiten zur Ansteuerung des Beschleunigungsverlaufs, der Mannschaftssynchronisation und individuellen Merkmalen der Rudertechnik im Durchzug und Freilauf dar (Mattes & Schaffert, 2014). Mit der Sonifikation erzielte Ansteuerungseffekte sind für die Trainer direkt beobachtbar und im veränderten Beschleunigungsverlauf akustisch wahrnehmbar. Das Bewegungssehen, die Bewegungsbewertung und die Feedbackansprache an die Athleten werden verbessert. Mit der 2000-m-Rennanalyse über *Accrow* erfolgt die Bereitstellung der kinematischen Struktur des Ruderrennens und damit der notwendigen Informationen zur Beurteilung des Gesamtrennens (mittlere Bootsgeschwindigkeit und Relation Bootsgeschwindigkeit/ Schlagfrequenz), zur realisierten Renntaktik (Plan-Ist-Vergleich), zur mechanischen Zweckmäßigkeit des Rennprofils (interzyklische Geschwindigkeitsschwankungen) sowie zum Anteil und der zeitlichen Verausgabung der aeroben und anaeroben Kapazitäten durch die Rennphasenanalyse (Schaffert & Mattes, 2011). Die Analyse erweitert damit die bisherige Dokumentation der Gesamttrendistanz erheblich und lieferte Daten zu 500-m- und 250-m-Abschnitten.

Mit der Integration von x-Row in das MMS 2012 besteht die Möglichkeit der synchronen Erfassung der Roll-, Gier- und Stampfbewegung des Bootes. Die Ergebnisse belegen den direkten Einfluss der Schlagfrequenz auf die Gier- und Stampfbewegung des Bootes. Um die 3D-Bootsbewegung realitätsnah abbilden zu können, sollte der Sensor im Heck des Bootes platziert werden. Die Orientierungswerte zur Auswertung von Rollen und Stampfen müssen schlagfrequenzabhängig erstellt werden. Damit können weiterführende Informationen zur individuellen Rudertechnik und Krafterzeugung sowie deren trainingsmethodisch relevante Auswirkungen auf die Bootsbewegung abgeleitet werden

## 5 Literatur

- Baudouin, A. & Hawkins, D. (2004). Investigation of biomechanical factors affecting rowing performance. *Journal of biomechanics*, 37, (7), 969-976.
- Böhmert, W. (2009). *Projektbeschreibung Rudermesssystem des Instituts FES*. Projektbeschreibung für das BISp. Berlin: FES
- Böhmert, W. & Mattes, K. (2003). Biomechanische Objektivierung der Ruderbewegung im Rennboot. In W. Fritsch (Hrsg.), *Rudern – erfahren, erkunden, erforschen* (S. 163-172). Gießen: Wirth-Verlag (Sport Media).
- Hofmijster, M.J., Landman, E.H. & Van Soest, A.J. (2007). Effect of stroke rate on the distribution of net mechanical power in rowing. *Journal of sports science*, 25 (4), 403-411.
- Kleshnev, V. (2010). Boat acceleration, temporal structure of the stroke cycle, and effectiveness in rowing. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P. *Journal of sports engineering and technology*, 224, 63-74.
- Künzel, M. (2007). *Entwicklung eines Messsystems zur Bestimmung der Kräfte am Stemmbrett bei Rennruderbooten*. Diplomarbeit, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin.
- Mattes K. & Schaffert N. (2010). A new measuring and on water coaching device for rowing. *Journal of human sport and exercise*, 5 (2), 226-239.
- Mattes, K. & Schaffert, N. (2014). *Wirkungen des akustischen online-Feedbacks zum Bootsbeschleunigungs-Zeit-Verlauf im Mannschaftsboot auf die individuelle Rudertechnik der Crewmitglieder*. Bericht für den Cheftrainer zum BISp-Projekt IIA1-070801/13.
- Nolte, V. (2011). (Ed.) *Rowing faster. Serious Training for serious rowers*. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Reischmann, M., Böhmert, W. & Mattes, K. (2012). Erste Ergebnisse zur Messung der Stampfbewegung im Rennskiff. *Book of Abstracts*. 9. *Gemeinsames Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft* 21.-23.3.2012, Münster.
- Schaffert, N. & Mattes, K. (2011). Designing an acoustic feedback system for on-water rowing training. *International journal of computer science in sport*, 10 (2): 71-76.
- Smith, R.M. & Loschner, C. (2002). Biomechanics feedback for rowing. *Journal of sports sciences*, 20 (10), 783-791.



# Biomechanische Untersuchungen zur Wirkung von Messplatztraining auf das Umlernen individuell optimaler Skistock-Abdruckbewegungen beim Skaten

(AZ 071603/13)

Maren Witt (Projektleiterin), Martina Clauß & Hartmut Herrmann

Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, IABTW, Abteilung Biomechanik

## 1 Problem

Das grundlegende Ziel des universitären Betreuungsprojektes bestand im wissenschaftlich begleiteten Überführen und Implementieren einer im BISp-Forschungsprojekt IIA1-071501/10 BISp Bonn neu entwickelten Messplatz-Konfiguration mit Online-Feedback in die Spitzensportpraxis.

Speziell war beabsichtigt das Skilanglauf-Training des DSV-Kaders Nordische Kombination in den Vorbereitungsperioden auf die Wettkampfsaison 2013 wissenschaftlich zu betreuen. Das heißt, auch mit dem Einsatz des neuen Messplatzes im Training sollte dazu beigetragen werden, dass sich die Wirksamkeit von Skistockabdruckbewegungen für das Erreichen der Laufgeschwindigkeiten beim Skaten erhöht. Hierzu war geplant, im Rahmen trainingsbegleitend durchgeführter Untersuchungen zunächst sportlerbezogene Datenobjektivierungen zu dynamischen und kinematischen Bewegungsparametern mit kausalem Einfluss auf die Wirkungen von Stockabdruckbewegungen vorzunehmen. Im Ergebnis ihrer Bewertungen sollten trainingsmethodischen Schlussfolgerungen für das individuelle spezifische Bewegungstechniktraining stehen. Anschließend war das Durchführen von Messplatztraining unter Nutzen des neu entwickelten Messplatzes geplant (Prä-/Post-Testdesignstest).

Im Zusammenhang mit dem Durchführen und Auswerten des Messplatztrainings sollte darüber hinaus ein wissenschaftlich gestützter Nachweis bezüglich der Trainingswirksamkeit dieses neu entwickelten Messplatzes mit Online-Feedbackprozedur erbracht werden. Insofern galt es, auf der Basis quantitativer einzelfallanalytischer Untersuchungen den Einfluss von Messplatztraining als state-Messinstrument auf die im Ergebnis von Arm-/Stockabdruckbewegungen erzielten Abdruckkräfte aufzuzeigen. Dabei wurde die singuläre Hypothese verfolgt, dass Sportlerinnen und Sportler im Ergebnis dieses speziellen Messplatztrainings prinzipiell höhere mittlere Arm-/Stockabdruckkraftwerte erzielen.

## 2 Methode

Die Ausgangs- und Enduntersuchung erfolgte unter Nutzung des seit 2001 im DSV eingesetzten Messplatzes. Neben den Bein-/Skidruckkräften, den Kniegelenkwinkelgeschwindigkeiten und den in Skistocklängsrichtung wirkenden Arm-/Skistockabdruckkräften wurden Komponenten-bezogene Systemgeschwindigkeitsschwankungen und Bewegungszyklus-bezogene mechanische Leistungsverläufe erfasst (siehe Abb. 1).

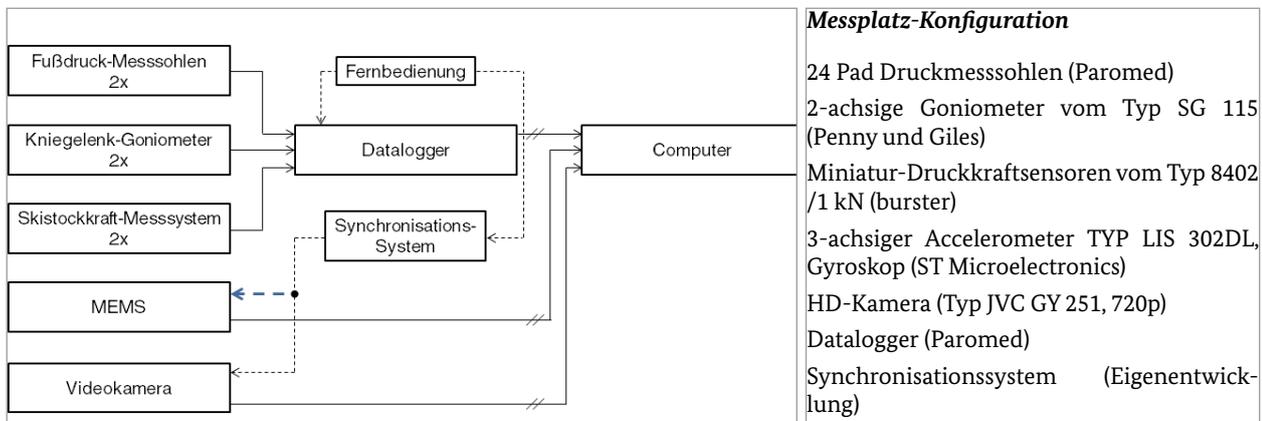


Abb. 1. Mobiler biomechanischer Skilanglauf-Messplatz

Die Ergebnisinterpretation in Form von synchroner Darstellung ausgewählter Bewegungsparameter und Videobild fand unmittelbar nach der Messung statt. In der Ausgangsuntersuchung wurden alle drei Skatingtechniken (1-2 Skatingtechnik mit Führungsarm am Anstieg von 10°, 1-1 Skatingtechnik am Anstieg von 3° und 1-2 Skatingtechnik mit betontem Armschwung in der Ebene) sowohl im Stabilisierungs- als auch im Grenzbereich jeweils innerhalb einer 1,5 km Laufrunde messtechnisch erfasst. Die Datenerfassung und Darstellung der Messergebnisse während der Intervention (Phase B) konzentrierte sich ausschließlich auf die durch die Testperson während der Arm-/Skistockabdruckphasen erzielten Skistockkraftkomponenten beim Ausführen der 1-2 Skatingtechnik mit Führungsarm und 1-1 Skatingtechnik. Die Hardwarekonfiguration des in Phase B eingesetzten Messplatzes orientierte sich weitergehend an dem im BISP geförderten Projekt IIA1-071501/10 entwickelten Feedback-Messplatz. Die erstellte Feedback-Variante basiert auf einer Erweiterung des Telemetrysystems Telemyo 2400 G2 durch ein Telemyo DTS Analog Output Modul gekoppelt mit der ADU DT 9800.

Die visuelle Soll-Ist-Wert Darstellung wurde online (Remote Desktop-Protocol) über eine Videobrille Typ Carl Zeiss Cinemizer realisiert. Auf Empfehlung der Trainer konzentrierte sich das während der Interventionsphase (Phase B) durchgeführte Messplatztraining nur auf das motorische Ausführen der 1-2 Skatingtechnik mit Führungsarm und der 1-1 Skatingtechnik.

Die Sollwerte ergaben sich aus Sporttechnik bezogenen und intraindividuellen bewegungszielorientierten mittleren Stockkraftwerten innerhalb einer vorgegebenen Skistockstützzeit. Die Intervention umfasste 3 Blöcke mit jeweils 2 x 0,8 km im Stabilisierungsbereich und Grenzbereich. Nach Abschluss jedes Blocks wurden bewegungstechnische Veränderungsstrategien mit dem Sportler und Trainer besprochen und eventuell notwendige Veränderungen der Sollgrößen vorgenommen.

Im Rahmen der Enduntersuchung fand wieder eine projektbezogen gezielte Offline-Auswertung spezieller Messdaten statt. Das heißt diese Datenquantifizierungen konzentrierten sich nur auf die innerhalb der Abdruckphasen gemittelten Abdruckkräfte und Abdruckkraftstöße. Für die Bewertung wurden jeweils sechs bis acht aufeinanderfolgende Bewegungszyklen gemittelt.

### 3 Ergebnisse

Die mittleren Skistockkraftwerte haben sich im Rahmen der Trainingsintervention in beiden Belastungsbereichen signifikant erhöht. Dies betrifft sowohl die 1-2 Skatingtechnik mit Führarm (Abb. 2) als auch die 1-1 Skatingtechnik.

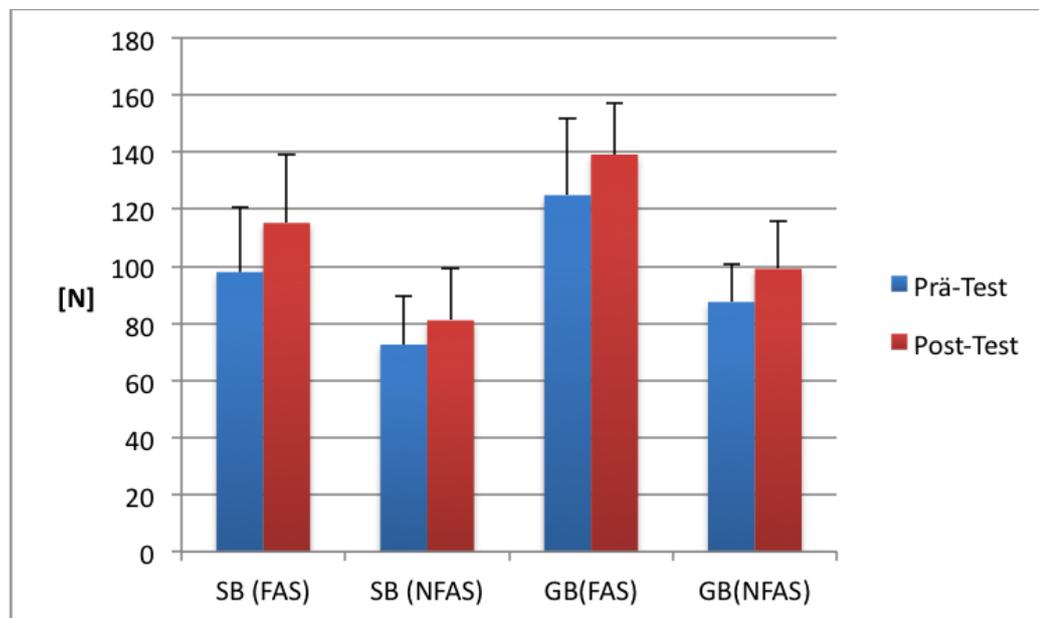


Abb. 2. Mittlere Stockkraftwerte für die 1-2 Skatingtechnik mit Führarm im Anstieg in zwei Geschwindigkeitsbereichen (SB = Stabilisierungsbereich, GB = Grenzbereich, FAS = Führarmseite, NFAS = Nichtführarmseite)

Der Abdruckkraftstoß erhöhte sich in der 1-1 Skatingtechnik ebenso wie die mittleren Abdruckkräfte (Abb. 3). Die Veränderung ist für den rechten Arm in der höheren Geschwindigkeit nicht signifikant. Für die 1-2 Skatingtechnik mit Führarm zeigte sich außer für die Führarmseite in der niedrigen Geschwindigkeit keine signifikante Veränderung.

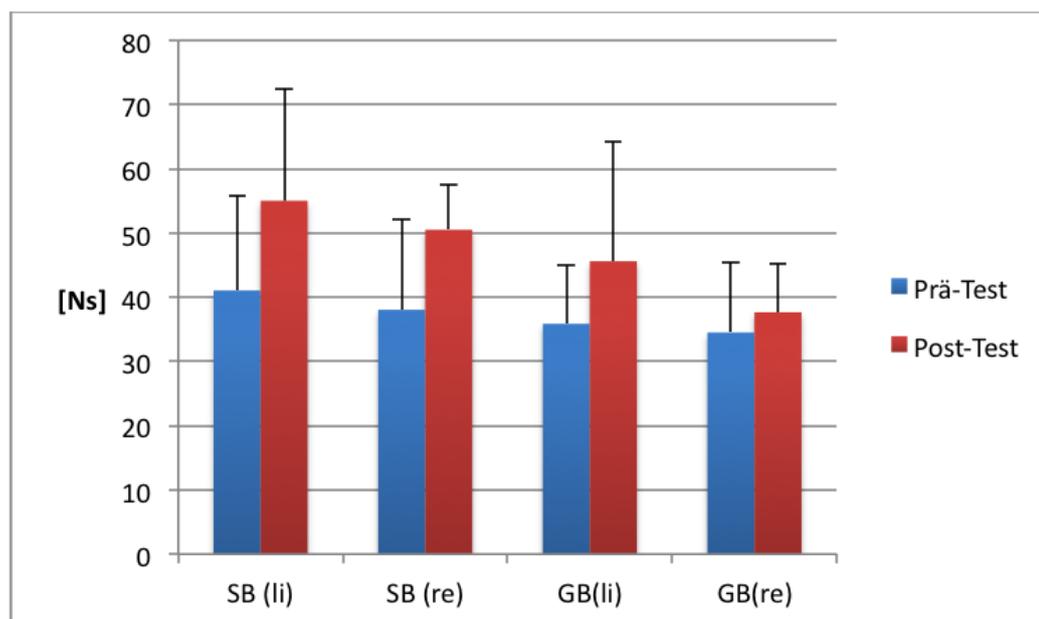


Abb. 3. Stockkraftstoß für die 1-1 Skatingtechnik im Anstieg in zwei Geschwindigkeitsbereichen (SB = Stabilisierungsbereich, GB = Grenzbereich, li = links, re = rechts)

Die erzielten Veränderungen in der Antriebserzeugung der oberen Extremität können insgesamt als positiv im Sinne des bewegungstechnischen Leitbildes bewertet werden. Die Veränderungen zeigen sich in beiden Geschwindigkeitsbereichen vor allem in der 1-1 Skatingtechnik, in der die Antriebserzeugung durch die Armbewegung maßgeblich mitbestimmt wird. Das hier realisierte Vorgehen eines kombinierten Messplatztrainings in verschiedenen Geschwindigkeitsbereichen sichert in hohem Maße die Übertragbarkeit auf die Wettkampfbedingungen.

## 4 Diskussion

Abschließend kann eingeschätzt werden, dass das Ziel dieses universitären Betreuungsprojektes sowohl aus der Sicht der Bearbeiter als auch der Kooperationspartner erfüllt wurde. Inwieweit eine hinreichende Nachhaltigkeit der erzielten Fortschritte beim motorischen Ausführen der Skistock-Abdruckbewegungen durch die deutschen NK gewährleistet ist, kann jedoch nur mittels weiterführender Untersuchungen nachgewiesen werden. Dies wird erforderlich, weil u. a. keine Kontrollgruppe von Spitzensportlerinnen und -sportlern in die bisher durchgeführten Untersuchungen einbezogen werden konnte und somit beispielsweise auch nicht der Wirkungsgrad des Trainingseffektes von Messplatztraining im Vergleich zu einem herkömmlich durchgeführten Training zu beziffern war.

Des Weiteren besteht, sowohl aus trainingswissenschaftlicher als auch sportpraktischer Perspektive gesehen der Bedarf, wissenschaftlich zu belegen, welches individuell durch Training entwickelte Skistock-Abdruckkraftniveau zu Steigerungen der individuellen Laufgeschwindigkeiten für das Erzielen von Weltspitzenleistungen bei diesen großmotorischen zyklischen Bewegungen führt. Das heißt, es muss ebenfalls untersucht werden, mittels welcher Koordination von Arm-/Skistock- und Bein-/Ski-Abdruckbewegung die höchsten Laufgeschwindigkeiten – bei geringsten kinetischen Systemenergieschwankungen bzw. „biomechanischen Leistungsabforderungen für die Athletinnen und Athleten“ – in den Skating-Bewegungszyklen erzielt werden.

# Erfassung von Kraftangriffspunkten bei Langlaufskiern für die optimale Konstruktion von Sitzschlitten

(AZ 071605/13)

Walter Rapp, Florian Schillinger, Ralf Rombach\* & Albert Gollhofer (Projektleiter)

Albert-Ludwigs Universität Freiburg, Institut für Sport- und Sportwissenschaft

\*Nordisches Paralympisches Skiteam des Deutscher Behindertensportverbandes

## 1 Einleitung

Aufgrund der individuellen Behinderung von Athletinnen bzw. Athleten werden im Nordischen Sitzschlittensport unterschiedliche Sitzpositionen beobachtet, die unterschiedliche Schlittenkonstruktionen notwendig machen (Rapp et al., 2014). Während sich mehrere Studien mit den physiologischen Auswirkungen sowie der biomechanischen Beschreibung der Bewegungstechnik von sitzenden Athletinnen bzw. Athleten befassen (Bernardi et al., 2012; Bernardi et al., 2013; Gastaldi et al., 2012), wurde die Auswirkung des Equipments (Ski, Stöcke, Schlitten) auf die Leistung der Athletinnen und Athleten bisher kaum untersucht. Im Rahmen zweier vom BISp geförderter Studien zur Optimierung von Stocklängen wurde lediglich der Einfluss der Stocklänge für einen effektiven Vortrieb aufgezeigt (Wank et al., 2012; Wank et al., 2013).

Um einer Athletin oder einem Athleten im Sitzschlittensport ein optimales Sportgerät zu bieten, ist ein individuell angepasster Schlitten notwendig. Für die Konstruktion von Sitzschlitten ist der Montagepunkt der Bindung und somit des Schlittens von entscheidender Bedeutung, da dieser die Position des Körperschwerpunktes (KSP) der jeweiligen Athletin bzw. des jeweiligen Athleten auf dem Ski entscheidend mitbestimmt (BISp Expertise Az: AII-2512BHS500, Assländer, Scherge & Gollhofer, 2013). Assländer et al. (2013) konnten zeigen, dass eine KSP-Lage vor dem Montagepunkt der Bindung zu einem Drehmoment führt, aus dem eine Zunahme des Drucks auf dem vorderen Schaufelbereich der Ski resultiert. Eine Abschätzung über die Entstehung und Größenordnung solcher Drehmomente sollte deshalb in die Konstruktionsplanung von Sitzschlitten integriert werden.

Einen weiteren Einflussfaktor stellt in diesem Zusammenhang der Aufbau des verwendeten Langlaufskis dar. Dabei spielen die Faktoren Spannung bzw. Steifigkeit der Ski eine Rolle. Durch die Dynamik der Schritt- und Gleitbewegung, vor allem im Mittelbereich, sind Langläuferinnen bzw. -läufer im Stehen in der Lage, Druck auf die Gleitfläche auszuüben, während dies der Fahrerin bzw. dem Fahrer im Sitzschlitten nicht möglich ist. Eine KSP Veränderung in vertikaler Richtung, wie Sie normalerweise beim Doppelstockeinsatz zustande kommt, ist sowohl aufgrund der Behinderung als auch durch die fixierte Sitzposition nur eingeschränkt möglich.

Ziel des Projektes war es deshalb, den Verlauf des KSPs in zwei technikspezifischen Sitzpositionen unter statischen Bedingungen zu erfassen, um eine grundsätzliche Vorstellung über Bewegungsausmaß und Druckverteilungen im nordischen Schlittensport zu erhalten. In Ergänzung dazu wurden Gleittests mit Skiern durchgeführt, um den Reibungskoeffizienten bei unterschiedlichen Montagepunkten und Druckbedingungen zu bestimmen.

## 2 Methodik

Zur Erfassung des Druckpunktes (centre of pressure - COP) wurde der Schlitten mit Ski auf eine Drucksensormatte (FDM Typ1.5, Fa. Zebris, Germany) gestellt, wobei der Bindungskopf in der Mitte der Matte positioniert war. Aufgabe der Testpersonen war es, aus einer aufrechten Ausgangsposition (Abb. 1, links) den Oberkörper nach vorne zu beugen, in einer Position in der der Stockeinsatz erfolgt (Bedingung Stock, Abb. 1, Mitte) ca. 10 sec zu verharren und danach wieder in die Ausgangsposition zurück zu kehren. Dieser Ablauf wurde dreimal wiederholt. In einer zweiten Bedingung (Bedingung Abfahrt, Abb. 1, rechts) sollte die Testperson eine maximale Vorlage entsprechend einer Abfahrtsposition einnehmen. Auch diese Position wurde dreimal wiederholt und 10 sec gehalten.

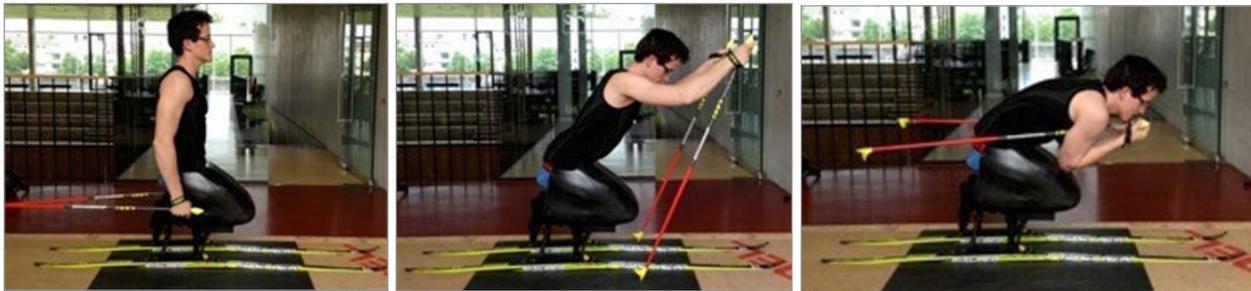


Abb. 1: Testpositionen in denen der KSP erfasst wurde. aufrechtes Sitzen (links), „Stock Impact“ (Mitte), Abfahrts-haltung (rechts).

Basierend auf den Darstellungen des Druckbildes (Abb. 2) kann der Verlauf des COP während der Positionsveränderungen bestimmt werden. Berechnet wurden hierbei die Koordinaten des COP in den Positionen P1 (aufrechter Sitz) und P2 (Oberkörper in Vorlage). Ein negativer Wert bezeichnet einen COP hinter dem Montagepunkt der Bindung, während ein positiver Wert einen COP vor der Bindung anzeigt.

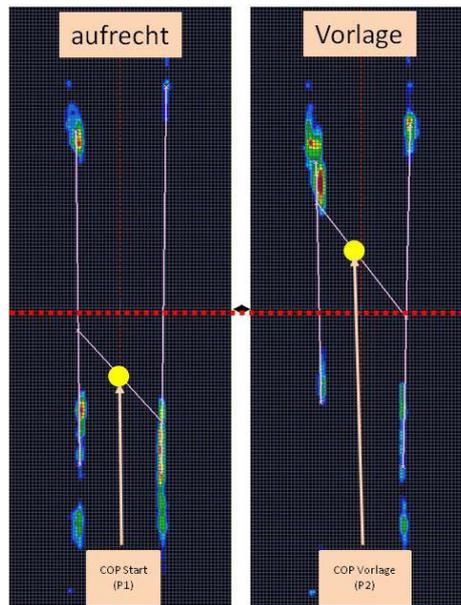


Abb. 2: Beispiel eines COP Verlaufes im aufrechten Sitz (links) und bei Vorlage zum Stockeinsatz. Die rot gepunktete Linie repräsentiert den Montagepunkt des vorderen Bindungskopfes. Die gelben Punkte markieren den berechneten COP als Mittelwert aller Einzelsensoren.

Zur Messung der Reibungskoeffizienten (RQ) wurde ein speziell für Gleittests entwickelter Skitester der Universität Jyväskylä (Finnland) verwendet. Dieser Skitester ist als permanentes Testsystem in einem Skitunnel (Vuokatti, Finnland) installiert und ermöglicht einen Vergleich von Skimaterial unter standardisierten Bedingungen (Linnamo et al., 2009). Die Ski werden jeweils einzeln an einem Aufnehmer für die Skibindung eingespannt und mit einer Geschwindigkeit von 6 m/s und einem konstanten Anpressdruck über eine Teststrecke von 8 m gefahren. Mittels in der Testspur integrierter Messdruckplatten werden die auftretenden horizontalen und vertikalen Kräfte gemessen und der RQ berechnet. Der Testschlitten fährt mit jedem Ski 6-mal direkt hintereinander über die Teststrecke. Bei der folgenden Ermittlung des Mittelwerts werden der beste und schlechteste Wert gestrichen. Für das vorliegende Mess-Setup wurden 2 Skilängen (182 cm und 187 cm) verwendet. Für jede Skilänge erfolgte die Positionierung der Bindung auf der NIS-Platte (Fischer XCELERATOR SKATE NIS) jeweils maximal vorne und maximal hinten. Die Differenz der beiden Positionen beträgt 5 cm, wobei die vordere Position dem Schwerpunkt des jeweiligen Skis entspricht. Da die Athletinnen und Athleten im Sitzschlittensport in der Regel ein geringeres Körpergewicht als nichtbehinderte Skilangläuferinnen bzw. -läufer aufweisen und durch den ständigen Bodenkontakt beider Ski eine durchgängige Druckverteilung stattfindet, wurde der ursprünglich festgelegte Anpressdruck von 60 kg auf 30 kg und 40 kg reduziert.

### 3 Ergebnisse

Abb. 3 zeigt den Mittelwert für die Position P2, die die Vorlagenpositionen „Abfahrt“ bzw. „Stockein-satz“ repräsentiert. Die Nulllinie definiert den Montagepunkt der Bindung.

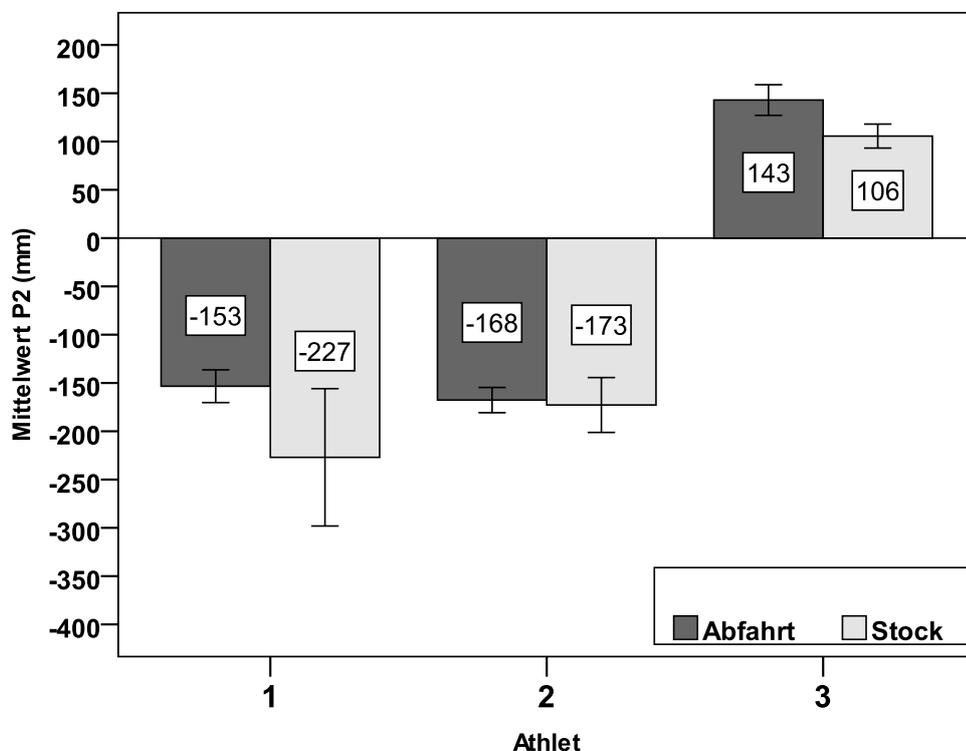


Abb. 3: Mittelwert und SD des COP in den Vorlagepositionen. Die Nulllinie repräsentiert den Montagepunkt der Bindung.

Bei den Testpersonen „1“ und „2“ liegt der COP stets hinter der Bindung. Testperson „3“ weist nach der Verlagerung des Körpers in Position P2 hingegen eine COP Position vor der Bindung auf. Der COP-Wert in der Ausgangsposition (P1) von Testperson „1“ liegt bei Ø 340 mm und von Testperson „2“ bei Ø 310 mm. Testperson „3“ erreicht einen Wert von Ø 150 mm. Dies bedeutet, dass der COP in der normalen Sitzposition näher an der vorderen Bindung liegt als bei den Personen „1“ und „2“. Im Vergleich zum Stockaufsatz ist die Auslenkung in der Abfahrtsposition bei allen Testpersonen größer. Nachfolgend wird der Reibungskoeffizient für die Testbedingungen dargestellt.

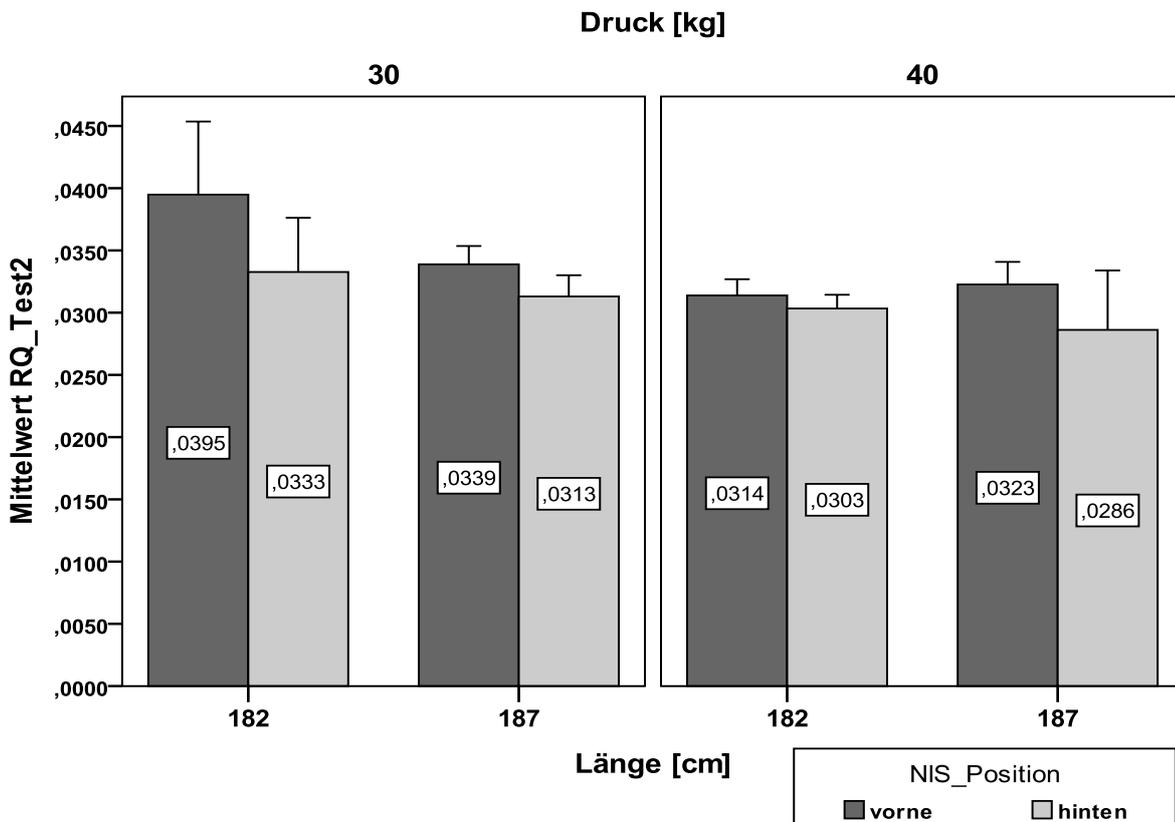


Abb. 4: Mittelwert und SD des Reibungskoeffizienten bei Anpressdruck 30 Kg und 40 Kg in Abhängigkeit von der Bindungsposition und Skilänge bei Gleittests.

Abb. 4 zeigt, dass eine Bindungsmontage möglichst weit hinten (NIS-Position) einen etwas geringeren RQ produziert. Auch der RQ des längeren Skis liegt unter dem des kürzeren Skis. Alle Unterschiede sind jedoch lediglich als Tendenz zu bewerten. Eine Signifikanzprüfung erbrachte keinen signifikanten Unterschied.

## 4 Diskussion und Fazit

Die von Testperson 3 verwendete Schlittenkonstruktion zeigt bei der Körpervorlage in der Abfahrtsposition eine Verschiebung des KSP auf einen Höchstwert von 150 mm vor der Bindung. Diese Vorlage bewirkt eine Zunahme der Zugkraft an der hinteren Bindung, die bis zu ca. 600 N erreichen kann (Assländer et al., 2013). Daraus resultiert ein höheres Biegemoment im Bereich vor der Bindung. Dieses Biegemoment bedeutet aus tribologischer Sicht eine ungünstige Skibelastung und Erhöhung des Reibungskoeffizienten (Assländer et al., 2013), was wiederum negativ auf die Vortriebsleistung wirkt. Die Erfassung des COP bei Sitzschlittenfahrerinnen bzw. -fahrern in verschiedenen Positionen mittels Drucksensormatte hat sich als geeignete Methode zur Ermittlung der Bewegungsweite der jeweiligen Athletinnen bzw. Athleten herausgestellt. Hieraus können wichtige Informationen zur Feinabstimmung der Schlittenpositionierung auf den Ski gewonnen werden. Um eine optimale Konstruktion zu gewährleisten empfiehlt es sich daher, dieses Messverfahren vor jedem Neubau eines Schlittens und auch währenddessen einzusetzen. Es zeigte sich, dass eine Verlagerung des COP vor die Bindung vermieden werden sollte, da eine Druckerhöhung im vorderen Skibereich (Schaufel) eine ungünstige Auswirkung auf die Gleiteigenschaften des Skis hat. Daraus lässt sich eine Empfehlung zur Positionierung der Bindung hinter dem üblichen Montagepunkt (am Schwerpunkt des Skis) ableiten. Die Ermittlung des Reibungskoeffizienten unterstützt diese Empfehlung, wenngleich eine Veränderung der Bindungsposition keinen signifikanten Einfluss auf den RQ hat. Ebenso verhält es sich beim Vergleich der Skilängen (182 cm und 187 cm). Es lässt sich lediglich eine Tendenz in Richtung eines Vorteils für den längeren Skis erkennen. Es sollten jedoch auch weitere Faktoren bei der Entscheidung berücksichtigt werden. So gilt es besonders die individuellen technischen Fähigkeiten der Athletin bzw. des Athleten bei der Steuerung der Ski-Schlitten-Einheit zu berücksichtigen.

## 5 Literatur

- Assländer, L., Scherge, M. & Gollhofer, A. (2013). *Analyse der Möglichkeiten zur Optimierung der Sitzschlitten im Langlauf der Sitzskifahrerinnen und Sitzskifahrer*. Expertise für BISp (AII-2512BHS500)
- Bernardi, M., Carucci, S., Faiola, F., Egidio, F., Marini, C., Castellano & V., Faina, M. (2012). Physical Fitness Evaluation of Paralympic Winter Sports Sitting Athletes. *Clinical journal of sport medicine*, 22, 26-30.
- Bernardi, M., Janssen, T., Bortolan, L., Pellegrini, P., Fischer, G. & Schena, F. (2013). Kinematics of Cross-Country Sit Skiing During a Paralympic Race. *Journal of electromyography and kinesiology*, 23, 94-101.
- Gastaldi, L., Pastorelli, S. & Frassinelli, S. (2012). A Biomechanical Approach to Paralympic Cross-Country Sit-Ski Racing. *Clinical journal of sports medicine*, 22, 58-64.
- Linnamo V., Kolehmainen V., Vähäsöyrinki P. & Komi P. (2009). Simulation of classical skiing using a new ski tester. In E. Müller, S. Lindinger & T. Stöggl (Hrsg), *Proceedings of 5th International Congress on Science and Skiing*. Aachen: Meyer&Meyer.
- Rapp W., Lindinger S., Lappi T., Ohtonen O. & Linnamo V. (2014). Force production, balance control and muscle activation in different sitting positions – pilot study for disabled sit sledge cross-country skiers. In E. Müller, J. Kröll, S. Lindinger, J. Pfusterschmied & T. Stöggl (Hrsg), *Proceedings of 6th International Congress on Science and Skiing*. Aachen: Meyer&Meyer.
- Wank, V., Heger, H. & Rapp, W. (2013). Optimierung der Lauftechnik entsprechend der individuellen Voraussetzungen der Athletinnen und Athleten im Sitzschlitten-Skilanglauf. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2012/13* (S. 141-146). Köln: Sportverlag Strauß.
- Wank, V., Heger, H., Schwarz, M., Rapp, W., Blab, F. & Schwarz, O. (2012). Entwicklung von leistungsdiagnostischen Methoden im Langlauf der Sitzschlittenfahrerinnen und -fahrer. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2011/12* (S. 101-106). Köln: Sportverlag Strauß.

# Leistungsdiagnostik von Sprints, Weitsprunganläufen und horizontalen Mehrfachsprüngen sowie Messplatztraining von Weitspringerinnen und -springern im HLT

(AZ 071607/13)

*Klaus Mattes (Projektleiter), Stefanie Manzer, Nina Schaffert & Martin Reischmann*

Universität Hamburg, Abteilung Bewegungs- und Trainingswissenschaft

*Kooperationspartner: Uwe Florczak, DLV-Bundestrainer Weitsprung*

## 1 Problemstellung

Aus kinematischen und dynamischen Analysen bei Wettkämpfen und im Training sind die leistungsstrukturellen Anforderungen an Anlauf und Absprung und deren gesetzmäßige Zusammenhänge für große Flugweiten beim Weitsprung bekannt (Hay, Miller & Canterna, 1986; Coh, Kugovnik & Dolenc, 1997; Bridgett & Linthorne, 2006; Miladinov, 2006; Huber, 2012). Wichtige kinematische Merkmale sind eine rhythmisierte Anlaufgestaltung, eine zweckmäßige Absprungvorbereitung mit Absenken des Körperschwerpunktes, eine hohe Anlaufgeschwindigkeit ohne bzw. mit nur geringem Geschwindigkeitsverlust vor und während des Absprunghes, ein präzises Treffen des Weitsprungbalkens sowie eine optimale Relation zwischen Bodenkontaktzeit, Abflugwinkel und erzeugter horizontaler und vertikaler Abfluggeschwindigkeit in der letzten Stützphase (Brüggemann, Nixdorf & Ernst, 1982; Graham-Smith & Lees, 2005; Linthorne, Guzman & Bridgett, 2005; Bridgett & Linthorne, 2006). Zu den wichtigen dynamischen Merkmalen zählen die horizontalen und vertikalen Kraft-Zeit-Verläufe (ausgeprägter Doppel-Peak, Doppel-Peak, Ansatz zum Doppel-Peak, einfacher Peak), der horizontale Beschleunigungs- und Bremsanteil, der vertikale Beschleunigungsanteil, das erste Kraftmaximum, das Zwischenminimum und das zweite Kraftmaximum des vertikalen Kraftstoßes sowie die sagittalen und frontalen Drehmomente (Miladinov, 2006; Huber, 2012).

Die komplexe Weitsprungleistung wird durch den Einsatz verschiedener spezieller Trainingsübungen (Sprints, horizontale Mehrfachsprünge, Weitsprünge aus unterschiedlichen Anlaufängen und -geschwindigkeiten) im Jahreszyklus (Einfach- oder Doppelperiodisierung) aufgebaut (Killing, 2008). Messplatztraining und das regelmäßige Messen der kinematischen und dynamischen Daten im Training, bei Leistungskontrollen oder bei Wettkämpfen können den aktuellen Ist-Stand ermitteln und dadurch Trainerinnen und Trainer sowie Athletinnen und Athleten bei der Trainingssteuerung entscheidend unterstützen.

Schon im Jahr 2011 erfolgte regelmäßig ein Messplatztraining mit objektiv ergänzender Rückinformation über die realisierten kinematischen Parameter der Trainingsübungen im Anschluss an die Bewegungsausführung mit der Videoanalyse. Dieses Projekt wurde mit dem Ziel fortgesetzt, die kinematische Analyse um die 3-D-Bodenreaktionskräfte beim Absprung zu erweitern.

## 2 Methoden

Im Trainingsjahr 2013 fand eine kontinuierliche, wissenschaftliche Betreuung ausgewählter A- und B-Kaderathletinnen und -athleten des Deutschen Leichtathletik Verbandes (DLV) unter der Leitung des Bundestrainers Sprung, Uwe Florczak, am Messplatz der Leichtathletikhalle Hamburg statt. Dieser Messplatz umfasst eine fest installierte 50-m-OptojumpNext-Messstrecke der Firma Microgate (Ita-

lien), die in einer Weitsprunggrube endet sowie eine Kraftmessplatte (Advanced Mechanical Technology, Inc., USA) unter dem Absprungbalken.

Untersucht wurden Trainingsübungen wie z. B. Anlaufkontrollen aus unterschiedlichen Anlauf­längen, 3er- und 5er-Sprungläufe in die Grube, Dreierhop, Take Offs, Dreisprünge sowie Kombinationen dieser Sprungübungen. Die Kraftmessplatte wurde für Trainings­sprünge vom Brett sowie von einer Erhöhung aus unterschiedlichen Anlauf­längen und für Take-Off-Sprünge genutzt.

Das Messplatztraining erfolgte mit objektiv ergänzenden Schnell- oder Spätinformationen nach der Bewegungsausführung als Ergebnis- und Verlaufsinformation der kinematischen und dynamischen Schritt- und Sprungmerkmale in metrischer Form.

Optojump Next ist ein optisches Messsystem zur Aufnahme von Kontakt- und Flugzeiten sowie Schrittweiten. In einer parallelen Messgasse von 50 m sind Infrarotlichtschranken in einem Abstand von einem Zentimeter integriert. Die Messgenauigkeit beträgt bei der Wegmessung  $\pm 0,5$  cm und bei der Zeitmessung 1 ms (Messfrequenz 1000 Hz).

Aus den Rohdaten der Kraftmessplatte (Messfehler  $< 1\%$ , Messfrequenz 1000 Hz) kann vor Ort eine Auswertung erstellt werden, die Schrittlänge und Schrittgeschwindigkeit sowie die dynamischen Parameter vereint, die Kraft-Zeit-Verläufe und Drehmomente graphisch darstellt und für den Absprung wichtige Kennwerte tabellarisch abbildet. Die dabei berechneten Zeitintervalle, Brems- und Beschleunigungsanteile, die Kraftimpulse ( $p$ ) und die Kraftwerte ( $F$ ) sind in Abb. 1 dargestellt.

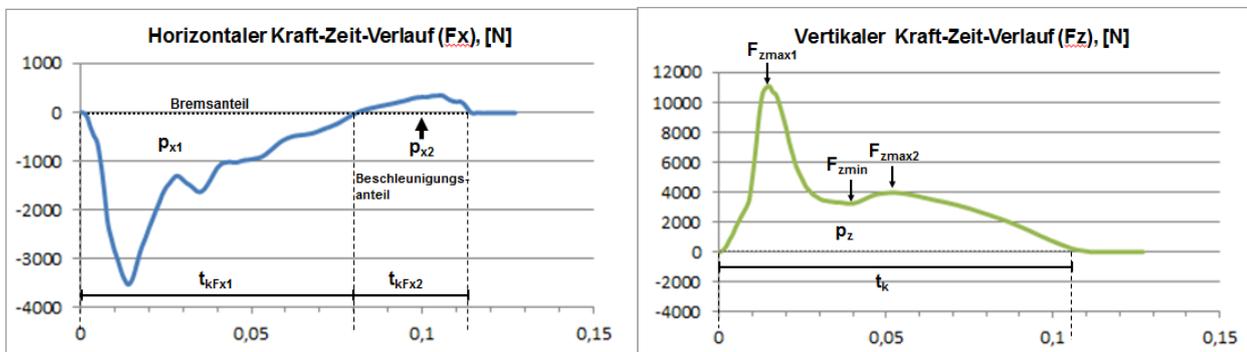


Abb. 1: Kraft-Zeit-Verläufe der horizontalen ( $F_x$ ) und vertikalen Kraft ( $F_z$ )

### 3 Ergebnisse

Im Rahmen der Diagnostik wurden die individuellen Daten horizontaler Mehrfachsprünge und des Weitsprunganlaufs aus unterschiedlichen Anlaufschritten ausgewertet und zur Dokumentation der Leistungsentwicklung archiviert. Durch den Vergleich der Messdaten konnten Unterschiede zwischen den einzelnen Sprüngen, Sprungreihen und Anlaufkontrollen ermittelt werden (Abb. 2 und Tab. 1).

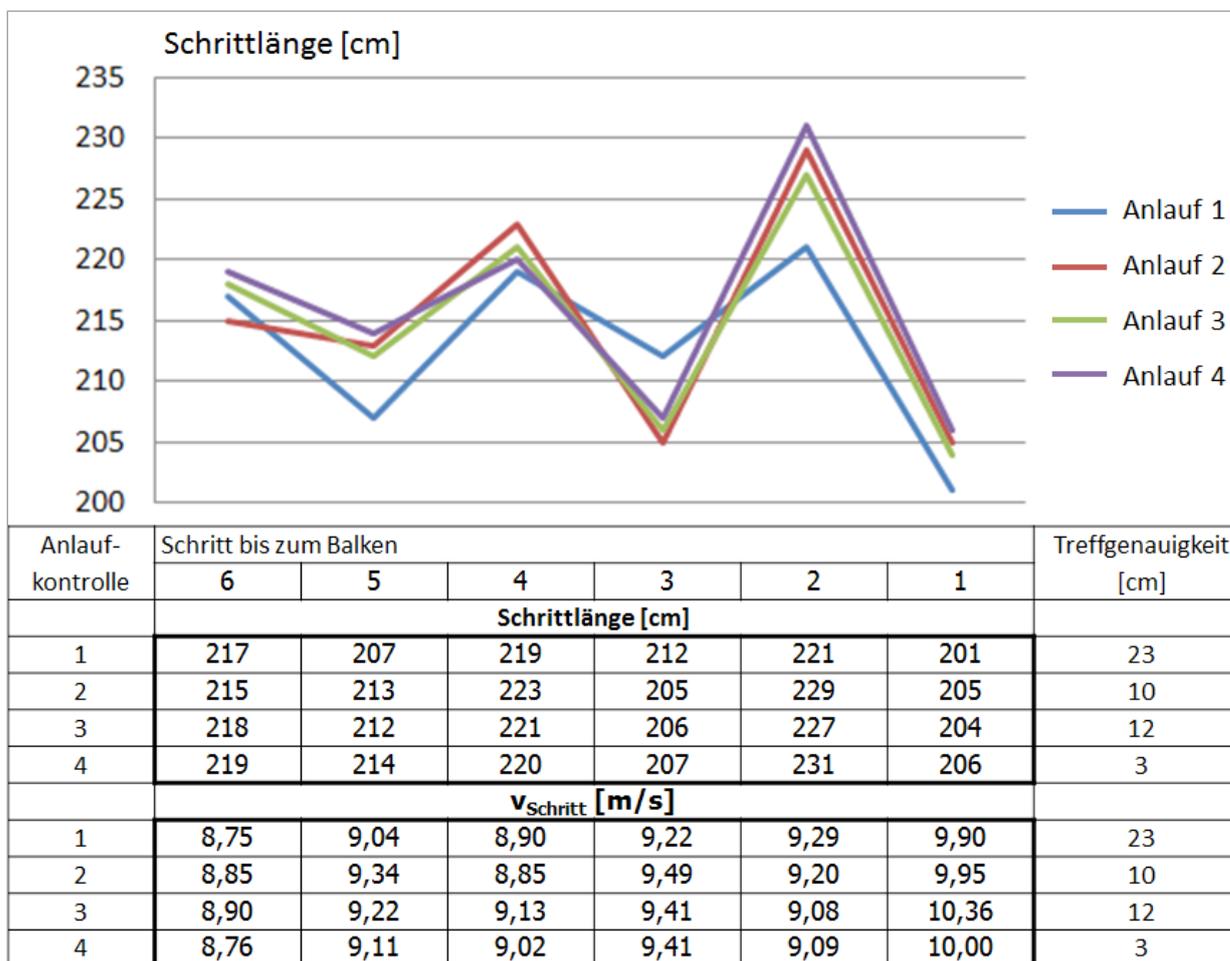


Abb. 2: Vergleich der Anlaufkontrollen einer Kaderathletin

Tab. 1: Vergleich von Absprüngen aus 16 bzw. 18 Anlaufschritten eines Kaderathleten aus zwei Trainingseinheiten

Anlaufschritte	Sprungweite [m]	Letzter Schritt			
		Brettkontaktzeit [ms]	Schrittlänge [cm]	Geschwindigkeit [m/s]	Frequenz [1/s]
16	7,3	121	206	11,08	5,4
16	7,32	124	201	10,98	5,5
16	7,42	119	213	11,39	5,4
18	7,21	118	218	11,12	5,1
18	7,28	125	223	11,32	5,1

Zusätzlich zur Diagnostik der kinematischen Merkmale erfolgte ein Feedback im Anschluss an den Test. Dabei wurden die kinematischen Schrittmerkmale Schrittgeschwindigkeit, Schrittlänge, Kontaktzeit, Schrittfrequenz und Flughöhe, die Präzision beim Treffen des Balkens, die Absprungdauer und Sprungweite im (Weit-)Sprungtraining mit verschiedenen Anlaufängen und -geschwindigkeiten ausgewertet. Die Datenpräsentation erfolgte ca. 10-60 Sekunden nach dem Test als Sofort- oder Spätinformation. Anhand der parallelen Präsentation der Messdaten mit den Videoaufnahmen wurden Anlaufgestaltung und Absprung gemeinsam mit dem Trainer und der Athletengruppe detailliert analysiert und reflektiert. Die Bewegungsanweisungen des Trainers konnten dadurch präziser formuliert und deren Wirkung in der folgenden Bewegungsausführung kontrolliert werden.

Die Kraftmessdaten für Weitsprungabsprünge zeigten individuell typische Kraft-Zeit-Verläufe der Weitspringerinnen und -springer mit hoher Konstanz. Die unterschiedlichen Anforderungen der Sprünge äußerten sich in den Kennwerten des ersten und zweiten vertikalen Kraftmaximum, des vertikalen Kraftstoßes, der horizontalen Brems- und Beschleunigungsimpulse, des Kraftminimums, der resultierenden Absprunggeschwindigkeit mit horizontaler und vertikaler Komponente, des Absprungwinkels sowie der sagittalen und frontalen Drehmomente.

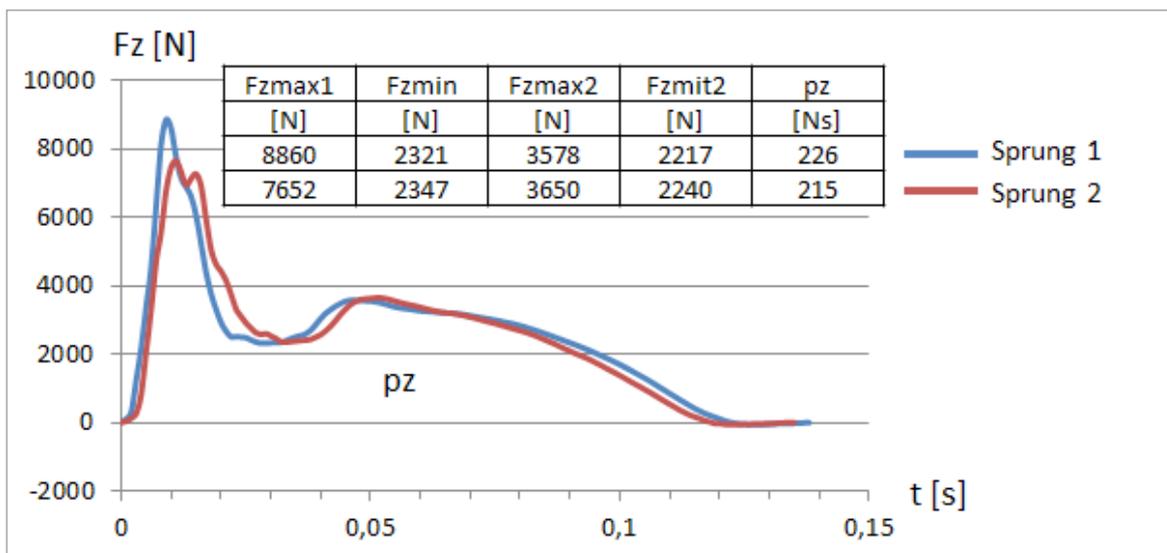


Abb. 3: Vergleich zweier Sprünge aus Erhöhung eines Kaderathleten (vertikale Kraft)

## 4 Diskussion und Fazit

Die oben genannten Ziele wurden wie geplant erreicht. Mit OptoJumpNext konnten die kinematischen Daten mit der notwendigen Genauigkeit erfasst und schnell für die weitere Analyse zur Verfügung gestellt werden. Dadurch wurden trainingsrelevante Veränderungen über die Zyklenfolge, die Variabilität der Schritte, die Schrittrhythmisierung mit dem Treffen des Balkens und deren Abhängigkeit z. B. von der Anlaufgeschwindigkeit wiedergegeben. Das entsprach in sehr guter Weise den Anforderungen der Anlaufkontrollen, der Belastungsdosierung der Sprungreihen, der Bewegungskorrektur und Ableitung von Bewegungsanweisungen.

Einen wesentlichen Wert der wissenschaftlichen Betreuung stellte das Feedbacktraining dar, das eine hohe Akzeptanz beim Trainer sowie den Athletinnen und Athleten erreichte. Die hohe Wirksamkeit des Feedbacktrainings resultierte aus der Bereitstellung der Daten als Sofort- (bis 20 s nach Bewegungsausführung) und Spätinformation (60 s nach Bewegungsausführung bzw. nach der Trainingseinheit),

der ergebnisorientierten Rückmeldung (KR) über die Ist-Information und die Abweichungen vom individuellen Sollwert (Übertritt, Sprungweiten etc.) sowie der Kombination mit verlaufsorientierter Rückmeldung (KP) über das zusätzliche Videofeedback. Durch die detaillierte Bewegungsanalyse in Verbindung mit intrinsischer und extrinsischer Information werden die Bewegungsvorstellung der Athletinnen und Athleten und des Trainers weiter differenziert, die Bewegungsanweisungen präziser und die Ansteuerung verschiedener Technikmerkmale unterstützt.

Die Integration der Kraftmessplatte in den komplexen Messplatz hat sich bewährt und sollte in der weiteren wissenschaftlichen Begleitung fortgesetzt werden. Der Zusammenhang zwischen den Kraft-Zeit-Verläufen, den kinematischen Daten und den Sprungweiten konnte sehr gut abgebildet werden.

Die Variation der Anlaufängen und -geschwindigkeiten dokumentierten Veränderungen der dynamischen und kinematischen Daten in Abhängigkeit von Trainingsschwerpunkt und Zeitpunkt im Trainingsjahr.

Die Optojumpdaten liefern keine Informationen zum Geschwindigkeitsverlauf des Körperschwerpunktes innerhalb eines Sprint- bzw. Sprungschrittes. Dadurch resultierte das Problem der Abschätzung der Eingangsbedingungen für den Weitsprungabsprung. Informationen zur vertikalen Geschwindigkeitskomponente konnten nur indirekt aus der Flugzeit ergänzt werden. Die dabei auftretenden Vereinfachungen eigneten sich jedoch nicht für die Trainingssteuerung. Die vertikale Abflughöhe des Körperschwerpunktes blieb zudem unbekannt. Um diese Eingangsdaten zu erheben, muss der Messplatz um eine Videokinemetrie ergänzt werden.

Zusammenfassend stellt das regelmäßige Messen der kinematischen und dynamischen Parameter im Training und Wettkampf einen wichtigen Bestandteil dar, um notwendige Steuermaßnahmen innerhalb der Trainingseinheit und im Verlauf des Trainingsjahres vornehmen zu können. Die über das Trainingsjahr 2013 erfolgten Messungen und die Gewöhnung der Athletinnen und Athleten an die Maßnahmen führten zu einer hohen Akzeptanz der wissenschaftlichen Betreuung.

## 5 Literatur

- Bridgett, A. & Linthorne, N. P. (2006). Changes in long jump take-off technique with increasing run-up speed. *Journal of sports sciences*, 24 (8), 889-897.
- Brüggemann, P. Nixdorf, E. & Ernst, H. (1982). Biomechanische Untersuchungen beim Weitsprung. *Lehre der Leichtathletik*, 33 (49), 1635-1642.
- Coh, M., Kugovnik, O. & Dolenc, A. (1997). Kinematisch-dynamische Analyse der Absprungaktion beim Weitsprung. *Leistungssport*, 27 (2), 47-49.
- Graham-Smith, P. & Lees, A. (2005). A three-dimensional kinematic analysis of the long jump take-off. *Journal of sports science*, 23 (9), 891-903.
- Hay, J. G., Miller, J. A. & Canterna, R. W. (1986). The techniques of elite male long jumpers. *Journal of biomechanics*, 19 (10), 855-866.
- Huber, A.C. (2012). *Eine biomechanische Analyse des Absprungs beim Weitsprung*. Dissertation, Universität Tübingen.
- Killing, W. (2008). *Leistungsreserve Springen: Handbuch des Sprungkrafttrainings für alle Sportarten*. Münster: Philippka-Sportverlag.
- Linthorne, N. P., Guzman, M. S. & Bridgett, L. A. (2005). Optimum take-off angle in the long jump. *Journal of sports science*, 23 (7), 703-712.
- Miladinov, O. (2006). New Aspects in perfecting the long jump Technique. *New studies in athletics*, 21 (4), 7-25.



# Überprüfung der Reliabilität und Validität judospezifischer Leistungen unter Verwendung des JERGo©-Systems

(AZ 071610/13-14)

*Urs Granacher (Projektleiter), Norman Helm, Olaf Prieske, Tom Krüger & Thomas Mühlbauer*  
 Universität Potsdam, Exzellenzbereich Kognitionswissenschaften, Professur für Trainings- und Bewegungswissenschaft

## 1 Problem

Die Wettkampfleistung im internationalen Spitzenjudo wird immer stärker durch ein offensives Kampfverhalten, eine gesteigerte Aktionsdichte und eine hohe Effektivität der individuellen Angriffstechniken bestimmt (Heinisch et al., 2012). Im Judo steht die effiziente Anwendung einer finalen Wurftechnik in direkter Beziehung zur erfolgreichen Anrissgestaltung. Die Diagnostik von Anrissbewegungen (Standkuzushi) im Judo besitzt daher eine besondere Bedeutung, um mögliche Leistungspotentiale aufzudecken.

Mit dem Mess- und Informationssystem JERGo© steht dem Deutschen Judo-Bund e. V. (DJB) ein judospezifisches Zugerät für die Erfassung der Anrisskraft zur Verfügung (Möller et al., 2009). Dieses wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Forschung und Entwicklung von Sportgeräten Berlin (FES) entwickelt. Die Überprüfung der Zuverlässigkeit (Testabstand: 1 Woche) judospezifischer Testleistungen am JERGo©-System zeigte für Spitzenjudoka mehrheitlich und für die Nachwuchsjudoka zum Teil hohe Zusammenhänge (Mühlbauer et al., 2014). Eine weitere Voraussetzung ist die Überprüfung der Validität judospezifischer Leistungen. So muss zum Beispiel gewährleistet sein, dass die Durchführung der Anrissbewegung am JERGo©-System versus am Partner zu vergleichbaren Leistungen führt. Daher bestand das Ziel der vorliegenden Studie in der Überprüfung der Übereinstimmungsvalidität der Muskelaktivität bei Ausführung des Standkuzushi am JERGo©-System und mit Partner.

## 2 Methode

### 2.1 Probanden

An der Studie nahmen 14 männliche Judoka der Altersklassen U18 (N = 5) und U21 (N = 9) teil. Aus jeder Gewichtsklasse wurden jeweils zwei Sportler getestet.

### 2.2 Testablauf

Die Untersuchungen wurden standardisiert und kontrolliert durchgeführt. Die Athleten absolvierten die Messungen ohne Vorerärmung. Nach einer allgemeinen Erwärmung (Seilspringen über 60 s) folgte eine spezifische Erwärmung am JERGo©-System. Diese bestand aus 20 submaximalen und drei maximalen Einzelzügen im Standkuzushi. Nach einer Minute Pause folgte am JERGo©-System die Messung von sechs maximalen Einzelzügen im Standkuzushi mit drei Sekunden Pause zwischen den einzelnen Zügen (Abb. 1a). Außerdem absolvierten die Athleten eine spezifische Erwärmung mit Partner bestehend aus 20 submaximalen und drei maximalen Einzelzügen im Standkuzushi. Nach einer Minute Pause folgte die Messung von sechs Einzelzügen im Standkuzushi mit Partner (Abb. 1b). Die Pause zwischen den Zügen betrug drei Sekunden. Die Messungen am JERGo©-System sowie mit Partner wurden in randomisierter Reihenfolge absolviert. Die Athleten wurden in ihrer individuellen

Kampfauslage gemessen. In die Auswertung gelangte der Mittelwert aus fünf Einzelzügen (2.-6. Versuch).

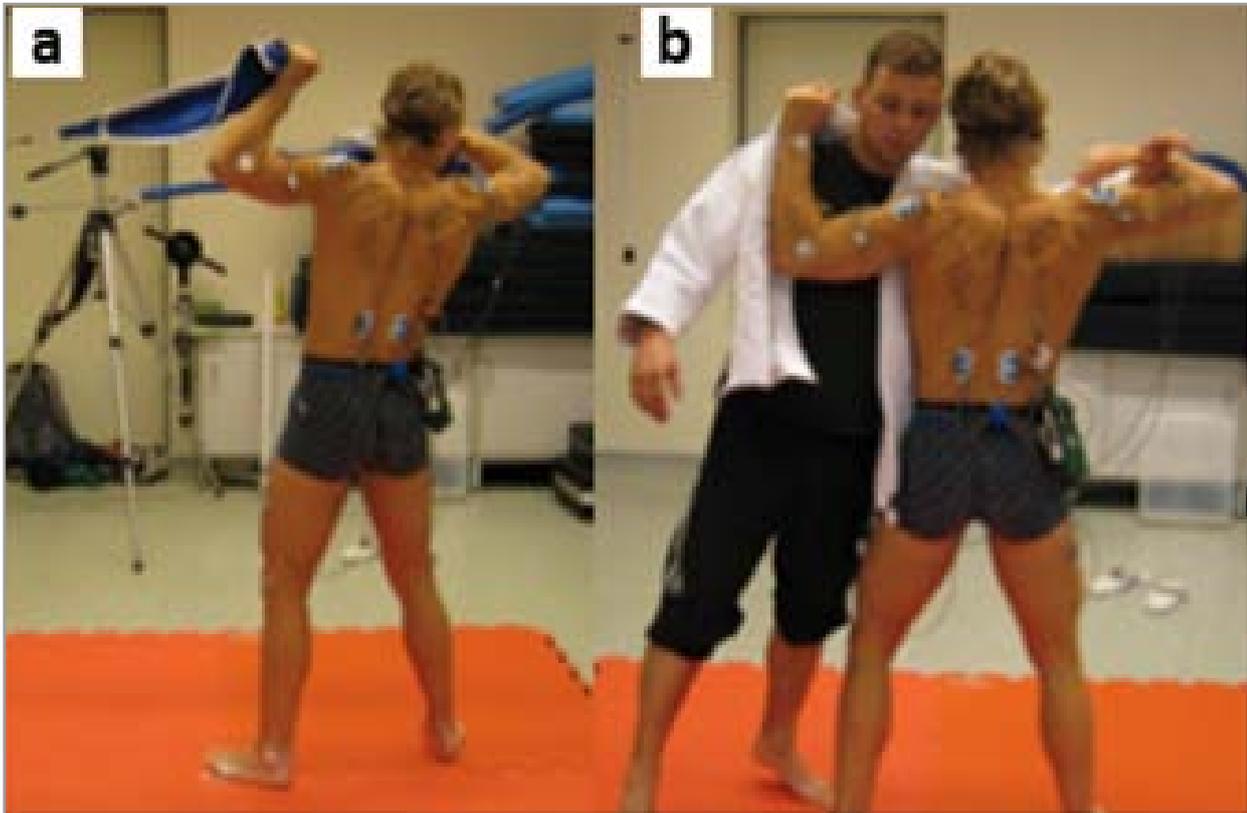


Abb. 1: Ausführung des Standkuzushi am JERGo©-System (a) und mit Partner (b).

### 2.3 Mess- und Informationssystem JERGo©

Der Messplatz besteht aus drei Grundkomponenten, der Wandhalterung, dem JERGo©-System sowie Puzzlematten, die die Kampffläche darstellen sollen. Über eine Welle ist der Rotor der Wirbelstrombremse mit einer Wickeltrommel verbunden, auf die das Zugseil mit der Aufnahme (Schraubkarabiner) für die Griffstücke aufgerollt ist. Durch eine starre Verbindung ist die Welle mit dem Rotor der Wirbelstrombremse verbunden, wodurch die Kraftübertragung nur in eine Drehrichtung stattfindet. Erfolgt nun eine Zugbewegung, entsteht über den Freilauf der Welle auf den Rotor der Wirbelstrombremse eine Kraftübertragung, die elektronisch gebremst wird. Die Bremsleistung kann je nach Gewichtsklasse höher oder niedriger eingestellt werden.

Die Software des JERGo©-System (JERGo2000 V 5.1) basiert auf der LabView Version 8.6. Die Datenübernahme von den Sensoren wird über einen Mikrokontroller (AT Mega128) gesteuert. Bevor das JERGo©-System vollständig einsatzbereit ist, erfolgt eine Kalibrierung für die Nullpunkt-Übernahme. Im Anschluss wird die Bremslasteinstellung (BLE) für die beiden JERGo©-Teilsysteme (d. h. Zug- und Hubarm) entsprechend der Gewichtsklasse der Athleten (GK: 20–39 kg = BLE: 20 %, GK: 40–59 kg = BLE: 40 %, GK: 60–79 kg = BLE: 60 %, GK: 80–99 kg = BLE: 80 %, GK:  $\geq 100$  kg = BLE: 100 %) vorgenommen.

## 2.4 Oberflächenelektromyographie

Während der Ausführung der Einzelzüge im Standkuzushi am JERGo©-System sowie mit Partner wurde die Aktivität von vier Muskeln (m. deltoideus pars acromialis, m. biceps brachii, m. erector spinae pars lumbalis, m. trapezius pars transversa) getrennt für Hub- und Zugarmseite telemetrisch erfasst (TeleMyo 2400T DTS, Noraxon®, Scottsdale, AZ, USA; Aufnahmefrequenz: 1.500 Hz). Die zeitliche Synchronisation der elektromyografischen Datenerfassung am JERGo©-System und mit Partner erfolgte mittels 2D-Beschleunigungsaufnehmer (Noraxon®), der am Handgelenk des Zugarms angebracht wurde. Die Ableitung der Muskelaktivität erfolgt gemäß internationaler Empfehlungen (Hermens et al., 2000). Auf eine Normierung der EMG-Signale wurde aufgrund der Verwendung nur eines Messzeitpunkts sowie des vorgenommenen Innersubjektvergleichs verzichtet. Die EMG-Signale herznah gelegener Muskeln wurden hinsichtlich EKG-Artefakte bereinigt und mit einem digitalen Bandpass-Filter verarbeitet (High-pass: 10 Hz, Low-pass: 750 Hz) und gleichgerichtet (Konrad, 2005). Als Kennwert wurden das integrierte EMG (iEMG in  $\mu\text{V}\cdot\text{s}$ ) getrennt nach Hub- und Zugarmseite für jeden der vier Muskeln pro Versuch (2. bis 6. Versuch) und Bedingung (am JERGo©-System vs. mit Partner) bestimmt. Aufgrund der Tatsache, dass die Aktivierungsdauer bei Ausführung des Standkuzushi am JERGo©-System bzw. mit Partner unterschiedlich lang war, wurde zunächst eine Zeitnormalisierung vorgenommen (Konrad, 2005). Hierbei wurde ausgehend von der absoluten Aktivierungsdauer (1. bis 2. Aktivitätsminimum) jeder Versuch in zehn Abschnitte von jeweils 10 % der Gesamtdauer (d. h. 0–10 %, 10–20 % etc.) unterteilt. Nachfolgend wurde für jeden dieser Abschnitte das iEMG berechnet, was einen Vergleich zwischen den beiden Testbedingungen Standkuzushi am JERGo©-System vs. mit Partner (Uke) ermöglicht.

## 2.5 Statistische Analyse

Zur Überprüfung des Zusammenhangs der Muskelaktivität bei Ausführung des Standkuzushi am JERGo©-System und mit Partner wurde der Intraklassenkorrelations-Koeffizient (ICC) und das 95 % Konfidenzintervall (KI) berechnet. Laut Fleiss (1986) entspricht ein  $\text{ICC} < 0,40$  einer schlechten, ein  $\text{ICC}$  zwischen  $0,40$ – $0,75$  einer guten und ein  $\text{ICC} > 0,75$  einer ausgezeichneten Übereinstimmung.

## 3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Überprüfung der Übereinstimmungsvalidität der Muskelaktivität bei Ausführung des Standkuzushi am JERGo©-System und mit Partner sind getrennt für Zug- und Hubarmseite in Tabelle 1 dargestellt. Für das iEMG in den Zeitintervallen 0–10 %, 10–20 %, 20–30 %, 30–40 %, 40–50 %, 50–60 % und 80–90 % zeigten sich unabhängig vom betrachteten Muskel für die Zug- und Hubarmseite ausschließlich gute bis ausgezeichnete Zusammenhänge. Für das iEMG in den Zeitintervallen 60–70 %, 70–80 % und 90–100 % wurden ebenfalls unabhängig vom betrachteten Muskel für die Hubarmseite (Ausnahme: m. trapezius im Intervall 90–100 %) jedoch nicht für die Zugarmseite gute bis ausgezeichnete Zusammenhänge gefunden.

Tab. 1: Übereinstimmungsvalidität (ICC mit 95 % KI) der Muskelaktivität (iEMG in  $\mu V^*$ s) bei Ausführung des Standkuzushi am JERGo®-System und mit Partner

Intervall	m. deltoideus		m. biceps brachii		m. erector spinae		m. trapezius	
	Zugarmseite	Hubarmseite	Zugarmseite	Hubarmseite	Zugarmseite	Hubarmseite	Zugarmseite	Hubarmseite
0-10 %	0,82 (0,54-0,94)	0,85 (0,60-0,95)	0,96 (0,88-0,99)	0,69 (0,27-0,89)	0,75 (0,39-0,91)	0,73 (0,34-0,90)	0,75 (0,38-0,91)	0,70 (0,29-0,89)
10-20 %	0,80 (0,48-0,93)	0,87 (0,65-0,96)	0,84 (0,57-0,95)	0,87 (0,64-0,96)	0,77 (0,43-0,92)	0,53 (0,03-0,82)	0,75 (0,39-0,91)	0,86 (0,62-0,95)
20-30 %	0,83 (0,56-0,94)	0,79 (0,47-0,93)	0,90 (0,71-0,97)	0,81 (0,50-0,93)	0,81 (0,51-0,94)	0,60 (0,12-0,85)	0,80 (0,48-0,93)	0,84 (0,58-0,95)
30-40 %	0,85 (0,59-0,95)	0,75 (0,39-0,91)	0,91 (0,72-0,96)	0,74 (0,37-0,91)	0,86 (0,63-0,95)	0,79 (0,46-0,93)	0,79 (0,47-0,93)	0,84 (0,57-0,95)
40-50 %	0,69 (0,26-0,89)	0,98 (0,93-0,99)	0,71 (0,31-0,90)	0,89 (0,70-0,96)	0,79 (0,47-0,93)	0,85 (0,59-0,95)	0,72 (0,33-0,90)	0,88 (0,66-0,96)
50-60 %	0,57 (0,08-0,84)	0,96 (0,87-0,99)	0,50 (-0,02-0,81)	0,64 (0,19-0,87)	0,66 (0,21-0,88)	0,83 (0,55-0,94)	0,80 (0,48-0,93)	0,83 (0,55-0,94)
60-70 %	0,27 (-0,29-0,69)	0,52 (0,02-0,81)	0,14 (-0,41-0,61)	0,83 (0,55-0,94)	0,15 (-0,40-0,61)	0,71 (0,30-0,90)	0,89 (0,70-0,96)	0,80 (0,48-0,93)
70-80 %	-0,01 (-0,52-0,51)	0,45 (-0,09-0,78)	0,37 (-0,17-0,75)	0,86 (0,62-0,95)	0,14 (-0,40-0,61)	0,80 (0,49-0,93)	0,78 (0,45-0,93)	0,79 (0,47-0,93)
80-90 %	0,77 (0,42-0,92)	0,86 (0,63-0,95)	0,64 (0,18-0,87)	0,94 (0,83-0,98)	0,44 (-0,10-0,78)	0,51 (-0,01-0,81)	0,67 (0,23-0,88)	0,53 (0,02-0,82)
90-100 %	0,68 (0,25-0,88)	0,73 (0,35-0,91)	0,60 (0,13-0,85)	0,79 (0,46-0,93)	0,32 (-0,23-0,72)	0,57 (0,08-0,84)	0,26 (-0,29-0,68)	0,29 (-0,26-0,70)

Legende: ICC = Intraklassenkorrelations-Koeffizient (engl. intraclass correlation coefficient); iEMG = integriertes EMG; KI = Konfidenzintervall

## 4 Diskussion

Die Überprüfung der Übereinstimmungsvalidität für die Muskelaktivität offenbarte mehrheitlich gute bis ausgezeichnete Zusammenhänge bei der Ausführung des Standkuzushi am JERGo©-System im Vergleich zum Standkuzushi mit Partner. Mit anderen Worten, die Ausführung des Standkuzushi am JERGo©-System und mit Partner führt zu vergleichbaren neuromuskulären Aktivitätsprofilen. Die in späteren Zeitintervallen (60–70 %, 70–80 % und 90–100 %) mehrheitlich für die Zugarmseite gefundene schlechte Übereinstimmung könnte auf eine höhere Variabilität der Bewegungsausführung am JERGo©-System versus mit Partner zurückzuführen sein. So erlaubt das JERGo©-System Bewegungen in alle Richtungen, was einer hohen Anzahl an Freiheitsgraden entspricht (Abb. 1a). Bei der Ausführung mit Partner (Uke) stellt Uke aufgrund des Körperkontakts ein Widerlager dar, sodass die Anzahl an Freiheitsgraden eingeschränkt wird (Abb. 1b).

Als Fazit verweisen die vorliegenden Ergebnisse zusammen mit der von Mühlbauer et al. (2014) berichteten hohen Übereinstimmung bei wiederholter Testausführung auf den validen und zuverlässigen Einsatz des JERGo©-Systems für die judospezifische Diagnostik und Trainingskontrolle von Anrissbewegungen. In einem Anschlussprojekt soll daher geprüft werden, welche Effekte durch ein ergänzendes Messplatztraining am JERGo©-System auf judospezifische Leistungen erzielt werden können. Es wird angenommen, dass das Messplatztraining am JERGo©-System gegenüber einem Judotraining am Partner zu höheren Leistungszuwächsen führt. Der vermutete Mehrwert des Messplatztrainings wird damit begründet, dass hierdurch das Prinzip der objektiven Schnell- und Sofortinformation im Training praxisbezogen zur Anwendung kommt.

## 5 Literatur

- Fleiss, J. L. (1986). *Reliability of measurement. The design and analysis of clinical experiments*. New York: Wiley.
- Heinisch, H.-D., Oswald, R., Ultsch, D., Bazynski, M., Birod, M. & Büsch, D. (2012). Analyse der Olympischen Spiele 2012 im Sicht Judo. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft*, 19 (2), 121-150.
- Hermens, H. J., Freriks, B., Disselhorst-Klug, C. & Rau, G. (2000). Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of electromyography and kinesiology*, 10 (5), 361-374.
- Konrad, P. (2005). *EMG-Fibel: Eine praxisorientierte Einführung in die kinesiologische Elektromyographie*. Köln: Eigenverlag.
- Möller, S., Kittel, R., Krüger, T., Sprunk, S. & Wick, D. (2009). Movement profiles of the balance breaking (Kuzu-shi) of top judoka. In: A. Hökelmann, K. Witte & P. O'Donoghue (Eds.), *World Congress of Performance Analysis of Sport VIII* (S. 228-231). Aachen: Shaker.
- Mühlbauer, T., Krüger, T., Schendel, M., Wollburg, D., Heinisch, H. D., Ultsch, D., Büsch, D. & Granacher, U. (2014). Anwendung eines judospezifischen Mess- und Informationssystems (JERGo©-System) für Diagnostik und Training, *Leistungssport*, eingereicht.



# Determinanten zur Analyse der Belastbarkeit und des Adaptationspotentials bei Belastungen des Rumpfes im Nachwuchsleistungssport

(AZ 080126/09-13)

Steffen Müller<sup>1</sup>, Josefine Stoll<sup>1</sup>, Juliane Müller<sup>1</sup>, Michael Cassel<sup>1</sup>, Katja Fröhlich<sup>1</sup>, Nicolas Streich, Holger Mellerowicz<sup>3</sup> & Frank Mayer<sup>1</sup> (Projektleiter)

<sup>1</sup>Universität Potsdam, Hochschulambulanz, Professur für Sportmedizin und Orthopädie

<sup>2</sup>Orthopädische Universitätsklinik Heidelberg, Sektion Sportorthopädie

<sup>3</sup>Helios-Klinikum Emil von Behring Berlin-Zehlendorf, Orthopädische Klinik und Institut für diagnostische und interventionelle Radiologie

## 1 Einleitung und Problemstellung

Die jährliche Erstinzidenz (5 %), die Punktprävalenz (14 %), die Jahresprävalenz (57 %) und Lebenszeitprävalenz (66 %) mit insbesondere chronischen Beschwerden der Lendenwirbelsäule (LWS) ist bei Nachwuchsathletinnen und -athleten bedeutsam (Ellert, 2007; Calvo-Muñoz, 2013; Schmidt, 2014). In der Ätiologie werden meist repetitive Mikrotraumata und Insuffizienzen des Muskel-Sehnen-Apparates auf der Basis einer nicht ausreichenden neuromuskulären/posturalen Kontrolle, einer reduzierten maximalen Krafftistungsfähigkeit und einer geringen muskulären Ermüdungswiderstandsfähigkeit in dynamischen Belastungssituationen als Erklärungsmodell für die Beschwerden genannt (Borghuis, 2008; Caffaro, 2014). Bei Auswahl und Planung von Interventionen sollte zwischen strukturellen Pathologien und Prädispositionen zu Beschwerden ohne strukturelle Veränderungen differenziert werden. Eine Kombination von primär und sekundär präventiven Maßnahmen wird als effizienteste Methode zur Beschwerde- und Risikoreduktion angesehen. Eine Optimierung der Rumpfstabilität und der Rumpfkraft(-ausdauer) beinhaltet das größte Potential für präventive Effekte (Airaksinen, 2006; Hibbs, 2008; Schmith, 2008; Zazulak, 2008).

Ziel der Studie ist die Entwicklung eines messmethodischen Diagnostikums zur Differenzierung zwischen Nachwuchsathletinnen und -athleten mit bzw. ohne Rückenbeschwerden und der Prädiktion von einem erhöhten Rückenschmerzrisiko (Rumpf-Stabilitäts- und Funktions-Index LSFI). Zusätzlich ist zu klären, welche Trainingsinterventionen zur Prävention von Rückenbeschwerden bzw. zur Verbesserung der Rumpfstabilität geeignet sind (LWS-Präventions-Index LPI).

## 2 Methode

Die Bearbeitung der Studie erfolgte über Projektteile, die im kombinierten Quer- und Längsschnitt mit (Randomized Controlled Trial: RCT) bzw. ohne Intervention durchgeführt wurden. In das Gesamtprojekt wurden 2427 Testpersonen mit der Partizipation in mindestens einem Projektteil und einem Messtag eingeschlossen. Eine große Anzahl der Testpersonen hat dabei an mehreren Messtagen (z. B. M1, M2, M3) im Rahmen des Gesamtprojektes bzw. der unterschiedlichsten Teilstudien teilgenommen. Die Nachwuchsathletinnen und -athleten kamen aus 24 unterschiedlichen Sportarten und hatten im mittleren Alter von  $13,2 \pm 1,7$  Jahren einen Trainingsumfang von  $8,6 \pm 5,7$  Stunden/Woche (m/w: 60/40 %; Größe:  $162,6 \pm 12,5$  cm; Gewicht:  $52,3 \pm 14,5$  kg). Es erfolgte die Erfassung von anthropometrischen, trainingsanamnestischen, klinischen und biomechanischen Daten. Der Rückenschmerz wurde mit Hilfe eines standardisierten Fragebogens durchgeführt (Numerical Rating Scale: 5-stufige Smileyskala mit Smiley 1: keine, Smiley 2: leichte, Smiley 3: mäßige, Smiley 4: starke

und Smiley 5: maximal schlimme Rückenschmerzen). Darüber hinaus wurde zur Quantifizierung der Rückenschmerzintensität in einigen Studienteilen ergänzend eine Visuelle Analog-Skala (VAS; [0-10 cm] eingesetzt. Zur Erfassung der biomechanischen Kenngrößen wurde die posturale Kontrolle (z. B. Einbeinstand; Bodenreaktionskraftmessung, Center of Pressure COP-Weg [mm]), die Maximalkraft der rumpfungreifenden Muskulatur (isokinetisch konzentrisch/exzentrisch/+Perturbation in Rumpfflexion/-extension und Rumpfrotation; Dynamometer gestützte Kraftmessung, Peak Torque/Max. Kraft [Nm]/[N]) sowie die allgemeinen sportmotorischen Leistungsfähigkeit (z. B. Counter Movement Jump, Drop Jump, Bodenreaktionskraftmessung, max. Kraft/Flugphase [N]/[ms]) von Athletinnen bzw. Athleten mit und ohne Rückenschmerz untersucht. In den Testsituationen wurde für Teilstudien zusätzlich ein Oberflächen Elektromyogramm (EMG; 12-Kanal der Bauch-/Rückenmuskulatur)(vgl. Abb. 1) eingesetzt. Als Interventionen wurden zum einen in Feldstudien (1-3 Schuljahre) einfache Trainingsübungen, implementiert in das tägliche Aufwärmprogramm des Trainings, durchgeführt. Außerdem erfolgten „center-based“ Intervention über einen Zeitraum von 6 Wochen (à 2 Einheiten/Woche; 4 Gruppendesigns: sensomotorisches Training (SMT), Maximalkrafttraining (KT Rumpf) und Maximalkrafttraining mit Lasteinleitung über die Extremitäten (KT Extremitäten), Kontrollgruppe (KG)). Die Datenanalyse erfolgte deskriptiv (Mittelwert  $\pm$  SD) und über ein- und mehrfaktorielle Verfahren ( $\alpha < 0,05$ ).

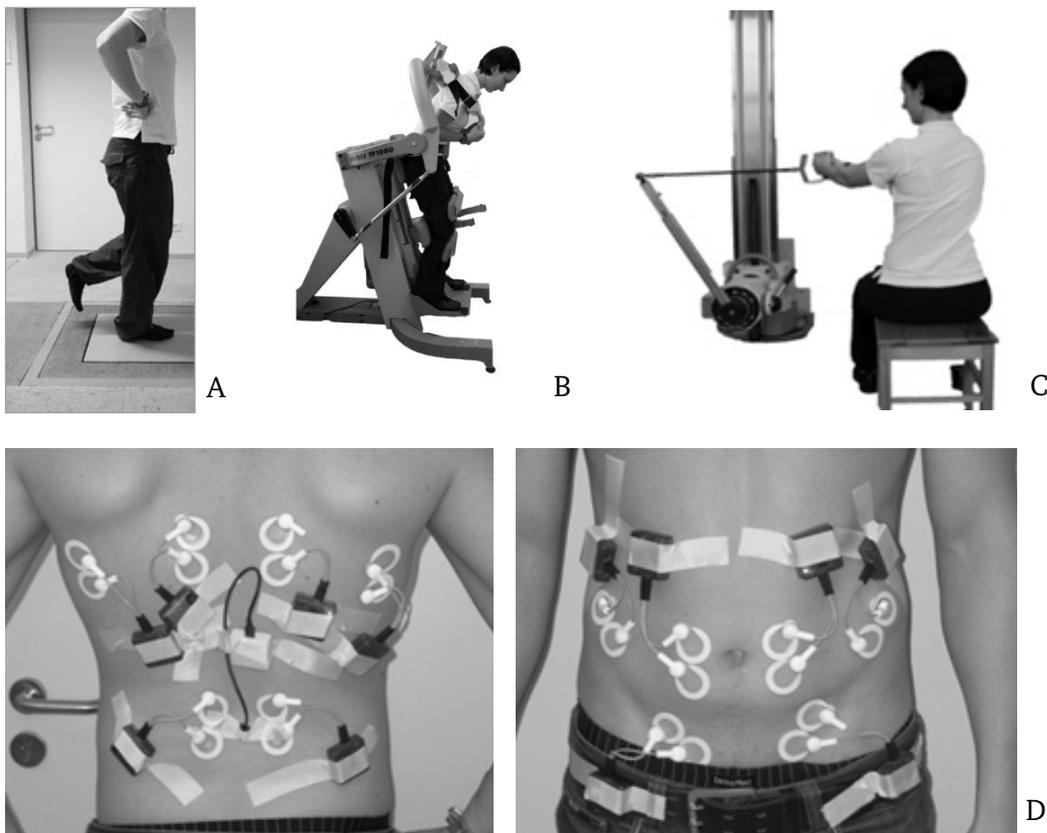


Abb. 1: Biomechanische Diagnostik: A Einbeinstand der rechten Seite auf der Kraftmessplatte (ohne Schuhe); B Isokinetische Rumpfkraftmessung in Extension/Flexion; C Isokinetische Rumpfkraftmessung in Rotation; D 12-Kanal-EMG Rumpf-setup (links: Rückenansicht/rechts: Bauchansicht)

### 3 Ergebnisse

Die Punktprävalenz für Rückenschmerzen lag bei 23 % (Kategorisierung der Smileyskala: 1 = kein Schmerz; 2-5 = Schmerz, vgl. Abb. 2). Ab einem Alter von 14 Jahren ist die Prävalenz 2-3 Mal höher als bei Athletinnen bzw. Athleten unter 14 Jahren.

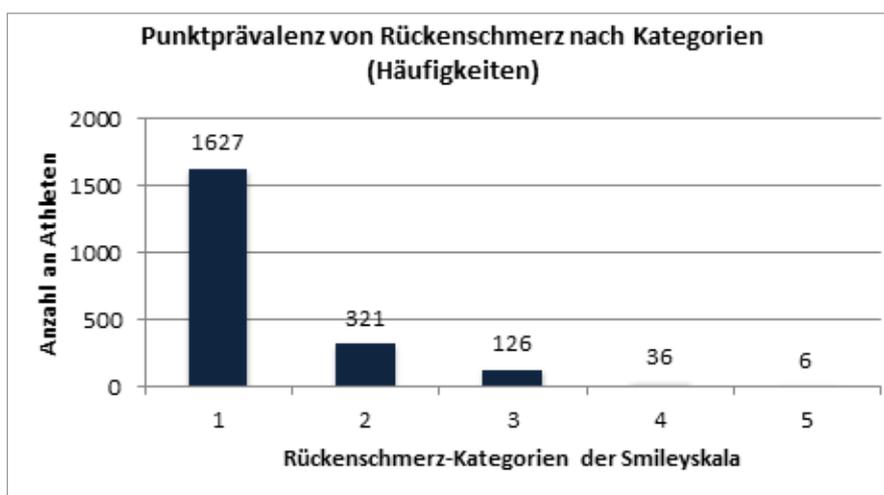


Abb. 2: Punktprävalenz von Rückenschmerzen (Häufigkeiten) bei Nachwuchsleistungssportlerinnen bzw. -sportlern nach Rückenschmerzkategorie 1 bis 5 auf der Smileyskala

Athletinnen bzw. Athleten mit aktuellen subjektiven Rückenschmerzen sind dabei im Mittel älter und haben höhere Trainingsumfänge im Vergleich zu denen ohne Schmerzen. Eine kurze biomechanische Diagnostik differenziert nicht zwischen Athletinnen/Athleten mit und ohne Rückenschmerzen bei Betrachtung aller Testpersonen. Über differenzierte biomechanische Tests kann jedoch in Spezialkohorten zwischen Athletinnen bzw. Athleten mit und ohne Rückenschmerz unterschieden werden. Dies zeigt sich über reduzierte Maximalkraftwerte des Rumpfes (Kanu/Rudern, Abb. 3) bzw. eine reduzierte posturale Kontrolle (Spondylolisthesis) bei Testpersonen mit Beschwerden ( $p < 0,05$ ) (Abb. 4).

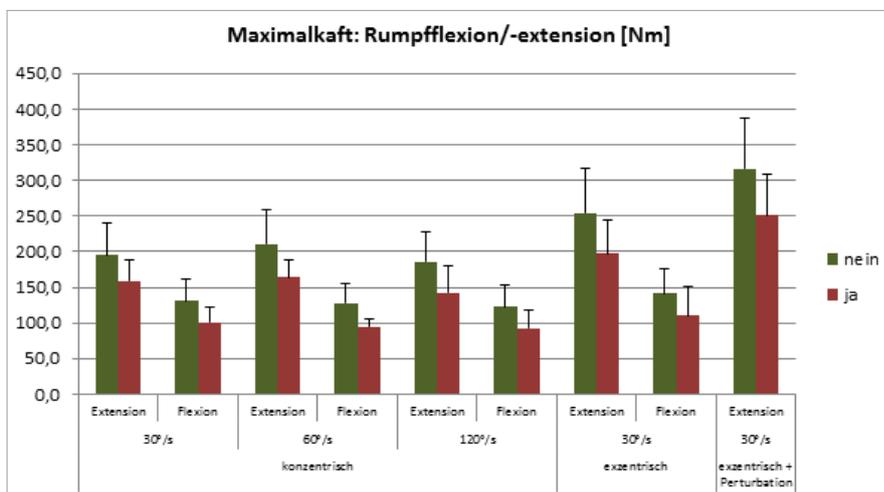


Abb. 3: Maximalkraftwerte für die Rumpfflexion und Rumpfflexion (konzentrisch, 30, 60 120°/s, exzentrisch 30°/s, exzentrisch + Perturbation 30°/s) [Nm] für die Testpersonen mit bzw. ohne Rückenschmerz (ja, nein)

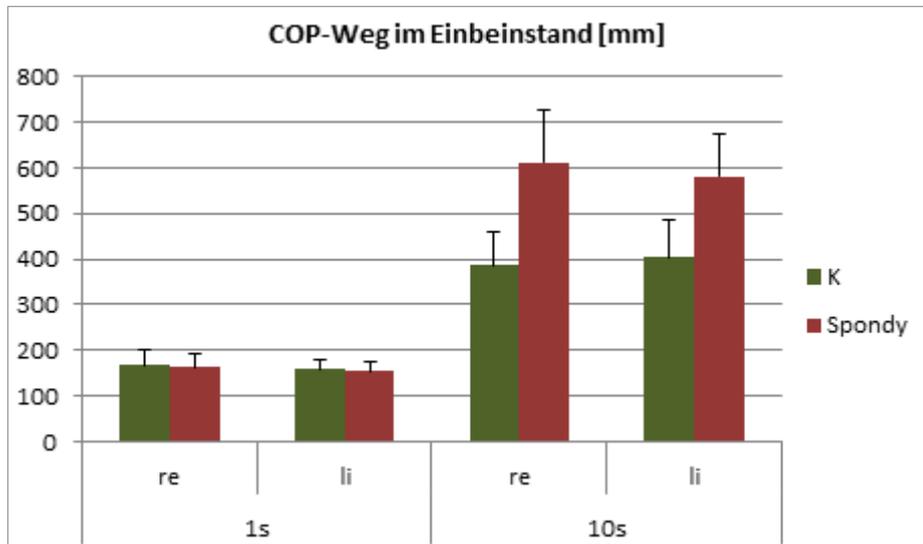


Abb. 4: COP-Weg im Einbeinstand über 1s und 10s [mm] für die Testpersonen mit (Spondy) und ohne (K) Spondylolisthesis

Interventionsmaßnahmen zur Steigerung der Rumpfstabilität und Prävention von Rückenschmerzen, implementiert in das alltägliche Training über ein Schuljahr, zeigen im Kontrollgruppenvergleich eine Verbesserung der posturalen Kontrolle ( $p < 0,05$ ), wobei der präventive Nachweis noch aussteht. Für die 6-wöchige center-based Trainingsintervention zur Optimierung der Rumpfstabilität und Funktion zeigen sich Veränderungen der Messgrößen in den Interventionsgruppen gegenüber der Kontrollgruppe, wobei sich dies nur teilweise statistisch absichern ließ. Die entwickelten Indizes (LSFI, LPI) können über eine multivariate Modellierung 71-78 % der Athletinnen bzw. Athleten korrekt zu der Gruppe Rückenschmerz bzw. kein Rückenschmerz im Quer-/Längsschnitt zuordnen, wobei dieses Modell aktuell  $< 20$  % der Varianzen erklärt.

## 4 Diskussion und Schlussfolgerung

Es ist zu schließen, dass Nachwuchssport zu keiner erhöhten Rückenschmerzprävalenz gegenüber gleichaltrigen NichtAthletinnen bzw. -Athleten führt (Ellert, 2007). Die aus der Allgemeinbevölkerung bekannten Veränderungen von biomechanischen Messgrößen bei bestehenden Rückenschmerzen sind nicht grundsätzlich in gleicher Form im Nachwuchssport zu finden (Müller, 2012). Die Klassifikation von subjektiven Rückenschmerzen, der Einfluss von systematischem Training (trotz moderaten Schmerzen) und des medizinischen Versorgungskontextes sind hier als moderierende Faktoren zu diskutieren.

## 5 Literatur

### 5.1 Projektliteratur (Auszug)

- Airaksinen, O., Brox, J.I., Cedraschi, C., Hildebrandt, J., Klüber-Moffett, J., Kovacs, F., Mannion, A.F., Reis, S., Staal, J.B., Ursin, H. & Zanoli, G. (2006). Chapter 4 European guidelines for the management of chronic nonspecific low back pain. *European spine journal*, 15 (2), 192-300.
- Borghuis, J., Hof, A. L. & Lemmink, K. A. P. M. (2008). The importance of sensory-motor control in providing core stability: implications for measurement and training. *Sports medicine*, 38, 893-916.
- Caffaro, R. R., França, F.J., Burke, T.N., Magalhães, M.O., Ramos, L.A. & Marques, A.P. (2014). Postural control in individuals with and without non-specific chronic low back pain: a preliminary case-control study. *European spine journal*, 23 (4), 807-813. doi:10.1007/s00586-014-3243-9
- Calvo-Muñoz, I., Gómez-Conesa, A. & Sánchez-Meca, J. (2013). Prevalence of low back pain in children and adolescents: a meta-analysis. *BMC Pediatrics* 13:14.
- Ellert, U., Neuhauser, H. & Roth-Isigkeit, A. (2007). Pain in children and adolescents in Germany: the prevalence and usage of medical services. Results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS). *Bundesgesundheitsblatt*, 50, 711-717.
- Hibbs, A.E., Thompson, K.G., French, D., Wrigley, A. & Spears, I. (2008). Optimizing performance by improving core stability and core strength. *Sports medicine*, 38, 995-1008.
- Schmidt, C.P., Zwingenberger, s., Walther, A. Reuter, U. Kasten, P. Seifert, J. Günther, K.P. & Stiehler, M. (2014). Prevalence of Low Back Pain in Adolescent Athletes – An Epidemiological Investigation. *International journal of sports medicine*, 35 (8), 684-689. doi:10.1055/s-0033-1358731
- Zazulak, B.T., Hewett, T.E., Reeves, N.P., Goldberg, B. & Cholewicki, J. (2007). Deficits in Neuromuscular Control of the Trunk Predict Knee Injury Risk: A Prospective Biomechanical-Epidemiologic Study. *The American journal of sports medicine*, 35, 1123-1130.

### 5.2 (eigene) Publikationen

- Müller, S., Stoll, J., Müller, J. & Mayer, F. (2012). Validity of isokinetic trunk measurements with respect to healthy adults, athletes and low back pain patients. *Isokinetics and exercise science*, 20 (4), 255-266.
- Müller, J., Müller, S., Stoll, J., Baur, H. & Mayer F. (2014). Trunk extensor and flexor strength capacity in healthy young elite athletes aged 11 to 15 years. *Journal of strength and conditional research*, 28 (5), 1328-1334.
- Müller, J., Müller, S., Stoll, J., Fröhlich, K., Baur, H. & Mayer, F. (2014). Reproducibility of maximum isokinetic trunk strength testing in healthy adolescent athletes. *Sports orthopaedics and traumatology* 30, (3), 229-237.



# Entwicklung einer sportartspezifischen Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung im alpinen Skirennlauf der Monoskifahrerinnen und -fahrer unter Berücksichtigung tatsächlicher Belastungen und Beanspruchungen

(AZ 080401/12-13)

*Maren Goll & Peter Spitzenpfeil (Projektleiter)*

TU München, Angewandte Sportwissenschaft

## 1 Problem

Während für die stehenden paralympischen Athletinnen und Athleten das Leistungsdiagnostik-Konzept des Deutschen Skiverbandes nach leichten Modifikationen übernommen werden konnten, setzte die Entwicklung einer Leistungsdiagnostik für die Monoskifahrer aufgrund mehrerer Besonderheiten und grundlegender Unterschiede zum stehenden Skifahren eine gewisse Vorarbeit voraus. Über die Unterschiede auf der metabolischen Ebene zwischen stehenden und sitzenden Athletinnen und Athleten wurde bereits im Vorgänger-Projekt berichtet. Die weiteren Aspekte, begründet in wesentlichen Unterschieden bezüglich Material (Monoski) und Körperposition (sitzend, mit individuell variierendem Grad an Unterstützung durch die Höhe der Rückenlehne), standen im Fokus des zweiten Forschungsabschnitts mit dem Ziel, die Bereiche Kraft und Koordination näher zu beleuchten. Insgesamt kann aufgrund der unterschiedlichen Voraussetzungen das Monoskifahren als eine Sub-Sportart in der Gesamtklasse Ski alpin angesehen werden, die zunächst eine genaue Analyse erfordert, um darauf aufbauend eine funktionale Leistungsdiagnostik zu entwickeln. Die im Folgenden dargestellte Analyse der Faktoren Kraft und Koordination sollte deshalb bei der Erstellung des umfassenden Anforderungsprofils die bereits bestehenden Erkenntnisse aus dem metabolischen Bereich vervollständigen. Ziel war es in diesem Zusammenhang, eine geeignete Messinstrumentation zu entwickeln, die sich rückwirkungsfrei am Monoskigerät der Athletinnen und Athleten unterbringen lässt und Elektromyographie- (EMG), GPS-, Gyroskop- und Inertialsensorik-Signale sowohl im Labor aber auch in Feldversuchen aufzeichnen kann.

Für die Bestimmung der Kraftanforderung war es notwendig, die während des Monoskifahrens auftretenden Kräfte zu quantifizieren und diese in einem weiteren Schritt in Relation zu den Basiswerten bzw. dem jeweiligen Leistungsmaximum der Athletin bzw. des Athleten zu setzen. Darüber hinaus stellte sich die Frage, welche Muskeln eingesetzt werden, wann und in welcher Intensität sie aktiv sind und in welcher Weise sie zum Schwungverlauf beitragen.

Die Anforderungen an die koordinativen Fähigkeiten und hier insbesondere an die Gleichgewichtsfähigkeit, ergaben sich im Umkehrschluss über eine Analyse mehrerer Faktoren. Wirkende Kräfte, muskuläre Antwort, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen im Schwungverlauf lassen Rückschlüsse auf die Art und Weise der Bewegungsintensität und -charakteristik. So sind die Bereiche Kraft und Koordination eng verbunden, besonders im Hinblick auf Einsatz und Zusammenspiel der Rumpfmuskulatur, der inter- und intramuskulären Koordination.

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurden zunächst die Basiswerte im Bereich Kraft und die Innervation der Rumpfmuskulatur erhoben, im Feldversuch anschließend die real auftretenden Belastungen gemessen.

Auf Basis dieser Ergebnisse wurde dann das Anforderungsprofil der Sportart Monoski definiert und mögliche Diagnostikgeräte auf Anwendbarkeit und Praktikabilität geprüft. Außerdem flossen die Erkenntnisse in Form von Trainingsempfehlungen direkt in die laufende Trainingsgestaltung und -planung der Athletinnen und Athleten auf dem Weg zu den Paralympischen Spielen von Sotschi ein.

## 2 Methode

Das Projekt wurde mit den Monoskifahrern des Deutschen Paralympischen Skiteam Alpin und damit einer Stichprobengröße von  $N = 5$  (2 ♀/3 ♂) durchgeführt.

Die Baselinebestimmung der maximalen Kraftfähigkeiten erfolgte an einem isokinetischen Kraftdiagnostikgerät (Isomed 2000, Rumpfmodul, D & R Ferstl, Hemau, Deutschland) des OSP Bayern in statischer und dynamischer Arbeitsweise für die Bewegungsrichtungen Flexion/Extension und Rotation.

Den Seniam Richtlinien (SENIAM guidelines, [www.seniam.org](http://www.seniam.org)) folgend wurden bilateral die EMG-Signale des Erector spinae longissimus (ESL), Erector spinae iliocostalis (ESI), Trapezius pars ascendens (TPA) und Obliquus abdominis externus (OAE) abgeleitet. Hierfür wurde das Messsystem der Firma 2D Datarecording (Debus & Diebold Messsysteme GmbH) verwendet, das im Vorfeld speziell für die Besonderheiten in den Messsituationen entwickelt bzw. modifiziert worden war. Zur Bestimmung der EMG-Referenzwerte führten die Athletinnen und Athleten für die jeweiligen Muskeln maximal willentlich aktivierte Kontraktionen (MVC, maximal voluntary contraction) gegen einen unüberwindbaren Widerstand aus. Alle EMG Signale wurden gleichgerichtet, High- und Lowpass gefiltert und durch das Root-Mean-Square Verfahren geglättet.

Bei den Feldmessungen wurden in der Basisdisziplin des alpinen Skirennlaufs (Riesenslalom) in einem standardisierten Lauf (vermessene Torabstände und Positionen für Reproduzierbarkeit) pro Athletin/Athlet vier Läufe absolviert und dabei die EMG-Signale der beschriebenen Rumpfmuskeln, die Geschwindigkeit anhand GPS System, Beschleunigungen und rotierende Beschleunigungen um die jeweiligen Achsen mit Beschleunigungsaufnehmern und Gyroskopen aufgezeichnet. Anhand der Signale aus den Beschleunigungssensoren wurden im Anschluss die Schwungfolgen separiert (Rechts-/Linksschwung), die Schwungphasen definiert (Schwungwechsel, Steuerphase) und diese in einem weiteren Schritt auf die Muskelaktivität übertragen. Die Entwicklung des Messinstruments ermöglichte die gleichzeitige Aufzeichnung aller Kanäle, (EMG, Beschleunigung, Rotationsgeschwindigkeit, GPS), so dass die bekannten Schwierigkeiten der Daten-Synchronisierung für eine genaue Phasendefinition hier entfiel.

Um die wirkenden Kräfte während der Fahrt auf die Athletinnen und Athleten zu bestimmen, wurde deren Dämpfersystem, bzw. die Federkomponente mit einem Potentiometer ausgerüstet. Die gewonnenen Daten wurden in einem weiteren Schritt mit den Kennlinien der Dämpfer, bestimmt auf einem elektrischen Prüfstand (Roehrig engineering Inc., Lexington, NC, USA) verrechnet und so aus den Positionsveränderungen Kraftwerte abgeleitet.

Zur Quantifizierung der koordinativen Fähigkeiten wurde das MFT Testgerät (TST GmbH, Großhöflein, Österreich) modifiziert. Hierfür erfolgte die Verstärkung der Oberplatte durch Metall und die zentrale Montage einer um 90° drehbaren Skibindung zur Befestigung des Monoskis, um Messungen der Kernbewegungsrichtungen beim Monoskifahren in lateraler und anteriorer/posteriorer Ausrichtung abzubilden. Die Messungen in den jeweiligen Bewegungsrichtungen erfolgten in zwei Versu-

chen von jeweils 60 Sekunden Dauer. Dabei wurde der Kraftangriffspunkt über die Zeit aufgezeichnet und so die Gleichgewichtsfähigkeit gemessen.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Kraft-, Maximalkraftfähigkeiten

Die Werte der Maximalkraftmessungen (Abb.1) werden im Folgenden für die Athletinnen und Athleten einzeln dargestellt. Auf die Darstellung der mittleren Werte wird aufgrund der geringen Aussagekraft, gegeben durch die unterschiedlichen Läsionshöhen, verzichtet.

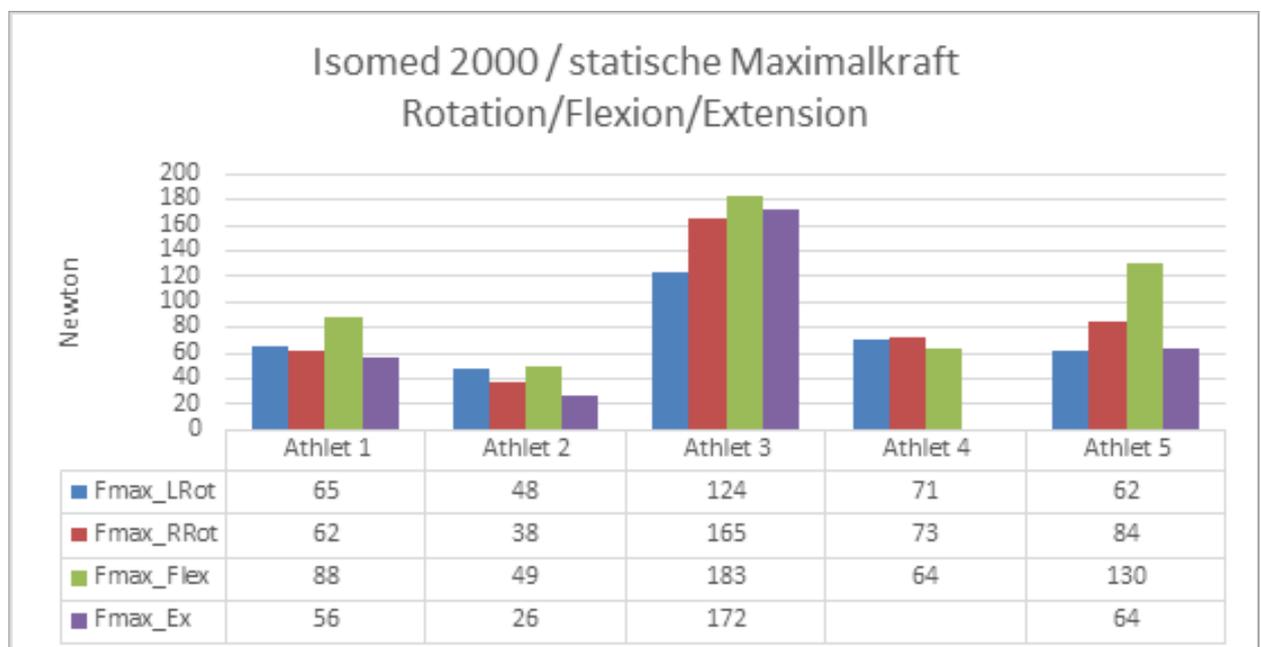


Abb. 1: Maximalkraftwerte der isokinetischen Messungen aller Athletinnen und Athleten. „Fmax\_LRot“ und „Fmax\_RRot“ zeigen die Kräfte in der Rotation nach links und rechts, „Fmax\_Flex“ und „Fmax\_Ex“ in der Flexion und Extension

### 3.2 EMG/ Muskelaktivität

Im Zuge der MVC Messung stellten sich die in der Literatur empfohlenen Bewegungsausführungen zu maximalen Kontraktionen für die Athletinnen und Athleten als nicht realisierbar heraus. Es wurden Modifikationen vorgenommen, um die MVC Werte der Rückenstrecker Muskulatur und der Obliqui zu erhalten.

Da während der Messungen der Ziel-Muskeln auch die Elektroden der anderen Muskeln bereits angebracht waren, wurde deren Aktivität mit aufgezeichnet. Es zeigte sich, dass die Maximalwerte nicht in allen Fällen in den muskelspezifischen Tests erreicht wurden. Die höchsten MVC-Werte des OAE beispielsweise stammten bei einem Athleten aus den Messungen für den TPA. Eine Amplitudennormalisierung wurde deshalb zunächst nicht vorgenommen.

Die EMG Signale aus dem Feldversuch (Abb.2) zeigten bei allen Athletinnen und Athleten für den TPA eine gute Signalqualität und Phasenaktivierung in den einzelnen Schwungzyklen, hier exemplarisch anhand der gemessenen Signale eines Athleten dargestellt.

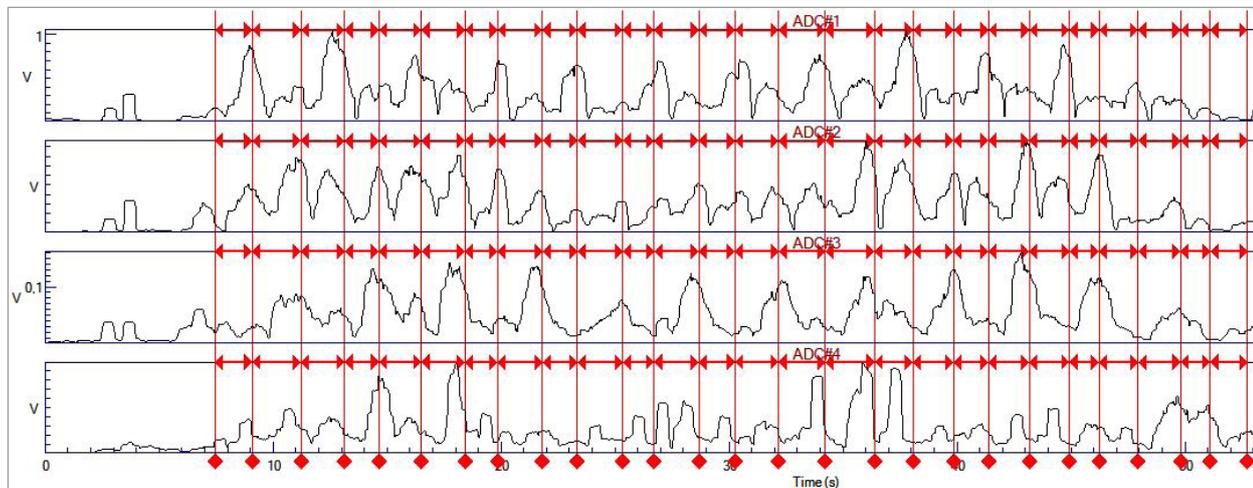


Abb. 2: Verarbeitetes EMG Signal eines Athleten mit TPA Aktivität links und rechts (Kanal 1 und 2) sowie ESL links und rechts (Kanal 3 und 4) in den einzelnen Schwungzyklen

In einzelnen Fällen traten diese Phasenaktivierungen auch für Muskeln unterhalb der Läsionshöhe auf, wie Abb. 3 zeigt.

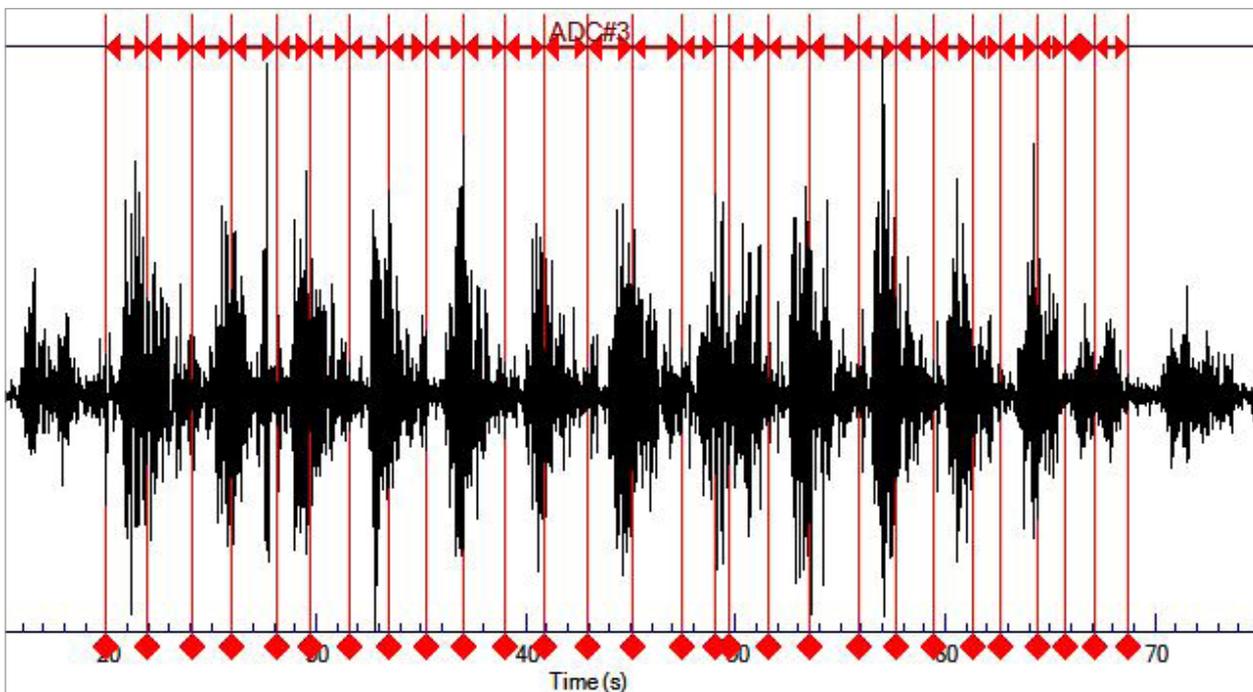


Abb. 3: Rohsignal des ESL, unterhalb der Läsionshöhe des betreffenden Athleten.

### 3.3 Kräfte Kurve/ Kurvenverlauf

Erste Ergebnisse aus dem folgenden Betreuungsprojekt zur Dämpferoptimierung der Monoskifahrer lieferten mittlere Werte an wirkenden Kräften im Bereich von 650-1050 N (in Abhängigkeit von Körpergewicht und Geschwindigkeit) der jeweiligen Athletin bzw. des jeweiligen Athleten. Kraftspitzen erreichten Werte von 1050-2500 N.

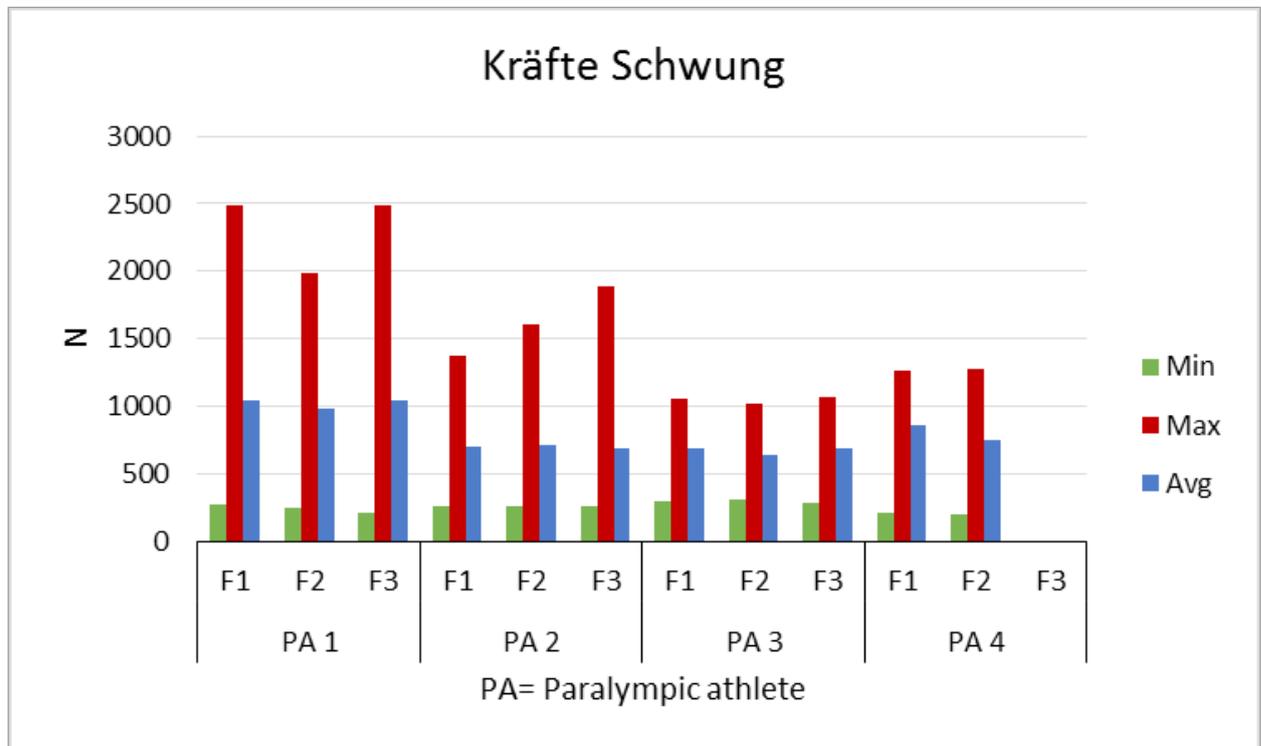


Abb. 4: Werte der im Schwung auftretenden Kräfte bei vier Athletinnen und Athleten (PA1-4) während drei Fahrten (F1, F2, F3)

### 3.4 MFT

Die Versuche einer Gleichgewichtsnormbestimmung auf dem MFT Gerät ergab keine schlüssigen Ergebnisse. Das Balancehalten in einer mittleren Position erwies sich für die Athletinnen und Athleten als nicht durchführbar. Mit einer Unterstützungsmaßnahme in Form von äußeren Stabilisatoren verlor der Test seine Aussagekraft.

## 4 Diskussion (unter besonderer Berücksichtigung von Transfer und Praxis)

Bei den im Labor durchgeführten Tests traten Schwierigkeiten in der Anwendbarkeit der Test- und Diagnostikgeräte für die Athletinnen und Athleten auf, vor allem im Hinblick auf ihr individuelles Bewegungsausmaß des Rumpfes abhängig von der individuellen Läsionshöhe.

Die Messung der statischen Maximalkraft ließ sich für die Athletinnen und Athleten noch relativ gut bewerkstelligen, wohingegen die dynamischen Messungen allein am Gewicht des Hebelarms scheiterten. Diesem in einer Vor-Rückbewegung bei ständigem Widerstand zu begegnen, war aufgrund der nicht einsetzbaren Muskulatur unmöglich. Auch die Durchführung im sog. „aktiv-assistiven“ Modus (Hebelarm wird von Motor betrieben bei maximalem Gegenhalten der Athletin bzw. des Athleten über den gesamten Bewegungszyklus) lieferte keine verwertbaren Ergebnisse.

Bei Betrachtung der statischen Maximalkraftwerte ist diese Tatsache jedoch nicht verwunderlich, da diese weit unter denen anderer Sportlerinnen bzw. Sportler aus anderen Disziplinen liegen. Mitglieder der Rennrodel-Nationalmannschaft beispielsweise streben bei der Diagnostik der Rotation Werte von

ca. 300 Nm an, in Flexion ca. 300 Nm und in Extension 550 Nm. Auch wenn man die sportspezifischen Unterschiede außer Acht lässt, zeigt sich hier deutlich, dass die Einschränkungen in der Innervation der Rumpfmuskeln Auswirkungen auf die Maximalkraftfähigkeiten haben.

Im Bereich der MVC-Messungen zeigten sich alle Ausgangspositionen (Konrad, 2005), mit Ausnahme der des TPA, als nicht praktikabel und durchführbar für die Athletinnen und Athleten. Modifikationen (z. B. sitzend anstatt in Bauchlage) in der Ausgangspositionen ließen im Folgenden eine Aufzeichnung von Muskelaktivität zu, dennoch mussten diese Daten mit Vorsicht interpretiert werden, da Werte aus unspezifischen Tests zum Teil höhere Aktivierungsgrade lieferten als die aus den muskel-spezifischen. Bevor eine Amplitudennormalisierung durchgeführt wird, sollte noch mehr Erfahrung in der Erhebung von MVC-Werten der Rumpfmuskulatur bei Athletinnen und Athleten mit Paraplegie gesammelt werden.

Verzichtet man auf eine Normalisierung, bleibt die Betrachtung der Signale während des Feldversuchs beim Fahren zwar ohne Bezugnahme zu Relationen und dem Grad an Aktivierung. Dennoch ist dieses Vorgehen durchaus sinnvoll, denn interessanter Weise zeigten sich bei einigen Athletinnen und Athleten im Feldversuch Muskelaktivität in Bereichen unterhalb der Läsionshöhe. Diese Werte erreichten nicht die in der Literatur beschriebenen Maximalwerte für die spezifischen Muskeln (bis zu 1000 mV), dennoch konnte auch hier im niedrigen Millivolt-Bereich eine Aktivierung der Muskulatur in funktionellen Phasen beobachtet werden (Goll et al. 2013).

In Kombination mit den anderen aufgezeichneten Kanälen der Gyroskope, dem Kraftverlauf und der Geschwindigkeit, lässt sich die Trapeziusaktivität im Schwungverlauf funktionalen Aspekten zuordnen. Insbesondere die Phase des Umkantens, gleichbedeutend mit dem Vorbereiten einer neuen Schwungeinleitung, zeigt eine hohe Aktivierung des rechten bzw. linken TPA in Abhängigkeit der jeweiligen Schwungrichtung (Abb.5), wohingegen die Aktivierung im Schwungverlauf selbst eher auf niedrigem Niveau bleibt.

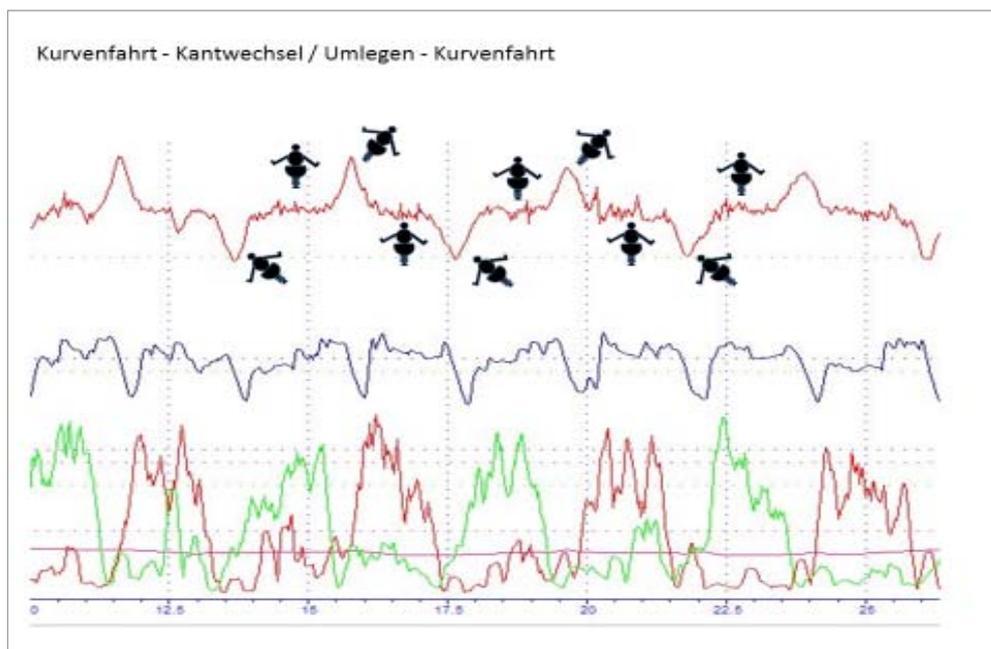


Abb. 5: Kombinierte Darstellung von Gyroskop mit Position des Monoski Athleten (oben), Kraftkurve (Mitte), EMG-Kurven TPA links und rechts (unten) und deren korrespondierende Funktion zur jeweiligen Schwungphase.

Die Kräfte, die im Schwung auf die Athletinnen und Athleten wirken, sind sowohl im Durchschnitt wie auch in den kurzen Kraftspitzen durchaus mit denen der stehenden Athletinnen und Athleten vergleichbar. Allerdings handelt es sich aufgrund der Absorption im Dämpfer dabei nicht um die Kräfte, die ein Monoskifahrer mit seiner Muskelkraft überwinden muss. Anders als bei den stehenden Athletinnen und Athleten, die zum Schwungwechsel Kräfte von bis zu 3000 N (Spitzenpfeil et al., 2009) allein mit der Kraft ihrer Beine überwinden müssen, deuten die Daten bei den Monoskifahrern darauf hin, dass es sich bei ihnen mehr um eine Kraftmodulation handelt, da das aktive Überwinden der äußeren Kräfte vom Dämpfungs-/Federsystem übernommen wird. Hier entscheidet letztendlich die Einstellung des Dämpfers, wie schnell die Athletin bzw. der Athlet aus dem Schwung ‚herausgefедert‘ wird und wie schnell er daraufhin einen neuen Schwung einleiten kann. Timing und Bewegungsregulation sind hier als die Faktoren zu nennen, denen mehr Bedeutung zukommt als der reinen maximalen Krafterleistung.

Im Dämpfungs-/Federsystem liegt somit auch die Erklärung der Tatsache, dass die Athletinnen und Athleten trotz relativ geringer eigener Maximalkraftwerte der Rumpfmuskulatur den hohen wirkenden Kräften widerstehen können.

Zusammen betrachtet scheint der Umkantvorgang bzw. der Schwungwechsels die sensible Phase im Schwungsverlauf zu sein. In ihr legen die Athletinnen und Athleten fein dosiert und in Kombination mit ihrer individuellen Dämpferabstimmung die Basis für den neuen Schwungrad, den sie anders als die stehenden Athletinnen und Athleten nicht in demselben Maße beeinflussen können, da ein aktiver Druckaufbau (zum weiteren Durchbiegen des Skis und damit zur Radiusverkleinerung) aufgrund des Dämpfer-/Federsystems kaum möglich ist.

Vor diesem Hintergrund ist die Anforderung an die koordinativen Fähigkeiten, die Sitzbalance und Stabilität als sehr hoch einzuschätzen, und in jedem Fall höher als Maximalkrafterleistungen.

In Verbindung gebracht mit den Ergebnissen der EMG-Messungen scheinen dynamische, komplexe Bewegungsabläufe unter Einwirkung von äußeren Kräften auch Muskulatur unterhalb der Läsionshöhe anzusprechen, ein Phänomen das auch an anderer Stelle bereits in der Literatur beschrieben wurde (Bjerkefors et al., 2009), dessen Ursachen jedoch nicht hinreichend erklärt werden konnten.

Ungeachtet dessen kann ein dynamisches Training aber möglicherweise dazu beitragen, dass sich durch die Mitbeteiligung von Muskulatur unterhalb der Läsionshöhe die Stabilität und Feinkoordination der Athletinnen und Athleten verbessert und sie durch diese positiven Effekte störungsresistenter, schneller und präziser in der Schwungwechselphase agieren können.

Aufgrund der beschriebenen Zusammenhänge von äußeren Kräften und eigenem dosierten Krafteinsatz ist die Fähigkeit der Bewegungsregulation in labilen Gleichgewichtssituationen für Monoskifahrerinnen und -fahrer als wesentlicher leistungsbestimmender Faktor einzuschätzen.

Das MFT Gerät erwies sich zwar für die Zwecke einer koordinativen Diagnostik als ungeeignet, die Überlegungen in Richtung einer Koordinationsdiagnostik laufen jedoch weiter. Es sind Wege angedacht, Druckmessmatten und standardisierte Sitzbedingungen auf stabilen und labilen Untergründen miteinzubeziehen, deren Umsetzung gerade erprobt wird.

Eine Diagnostik der Maximalkraft der Rumpfmuskulatur mit dem Ziel einer Maximalkraftsteigerung ist für die Monoski-Athletinnen und Athleten zweitrangig, da die Maximalkraft den vorgestellten Ergebnissen und Zusammenhängen nach keinen leistungsentscheidenden Faktor darstellt.

## 5 Literatur (insbesondere Hinweis auf eigene projektbezogene Veröffentlichungen).

- Bjerkefors, A., Carpenter, M., Cresswell, A. et al. (2009). Trunk muscle activation in a person with clinically complete thoracic spinal cord injury. *Journal of rehabilitation medicine*, 41 (5), 390-392.
- Goll, M., Spitzenfeil, P. et al. (2013). Paralympic Alpine skiing sitting athletes: trunk muscle activity in giant slalom. In E. Müller, J. Kröll & S.J. Lindinger (Eds.), *Book of abstracts, 6th Int. Congress on Science and skiing* (p. 75), Salzburg.
- Konrad, P., *EMG-Fibel: Eine praxisorientierte Einführung in die kinesiologische Elektromyographie*. Köln: Eigenverlag; 2005
- Seniam Recommendations*. Online Version. Zugriff am 15.07.2014 unter <http://www.seniam.org/>.
- Spitzenfeil, P., Huber, A. & Waibel, K. (2009). Mechanical load and muscular expenditure in alpine ski racing and implications for safety and material considerations. In E. Müller, J. Kröll & S.J. Lindinger (Eds.), *Science and Skiing IV* (p.479-486). Maidenhead: Meyer&Meyer Sport (UK).

# Sozial- und Verhaltenswissenschaften



# Training zur Verbesserung der Resistenz gegen chronischen Stress im Spitzensport: Entwicklung, Durchführung und Evaluation eines Gruppeninterventionsprogramms

(AZ 071104/12-13)

*Jeffrey Sallen & Alfred Richartz (Projektleiter)*

Universität Hamburg, Institut für Bewegungswissenschaft

## 1 Einleitung

Die angemessene Steuerung und gelingende Bewältigung von sehr hohen Anforderungen gehört zu den wichtigsten Themen in der Karriere von Leistungssportlerinnen und -sportlern. Die Bedingungen leistungssportlicher Karrieren im Rahmen des Bildungs- und Sportsystems sind in den letzten 20 Jahren intensiv analysiert worden. Hier setzen auch die meisten Vorschläge zur Vermeidung von überhohen Belastungsspitzen und zur langfristig verträglichen Gestaltung von „Dualen Karrieren“ an (Hülsen, 2012). Da aber die Qualität der Leistungsanforderungen sowohl aus der Sport- wie aus der Bildungskarriere nicht ohne schwerwiegende Nachteile abgesenkt werden können, sind die Möglichkeiten, chronische Belastungen durch Veränderung institutioneller Bedingungen zu mildern, Grenzen gesetzt. Zudem hat sich gezeigt, dass vergleichbare Anforderungen von verschiedenen Personen als unterschiedlich belastend erlebt werden (vgl. Richartz, Albert, Sallen & Hofmann, 2010). Deshalb wurde in diesem Projekt – in Ergänzung anderer Anstrengungen – ein anderer Focus gewählt: Kann das subjektive Erleben chronischer Belastungen durch ein spezifisch ausgerichtetes Präventionsprogramm hilfreich beeinflusst werden? Zu diesem Zweck wurde ein auf vorliegenden Konzepten aufbauendes pädagogisch-psychologisches Stress-Resistenz-Training für Leistungssportlerinnen und -sportler (SRT-L) als Gruppeninterventionsprogramm entwickelt, durchgeführt und evaluiert.

## 2 Intervention

Das SRT-L wurde im Schuljahr 2012/2013 als mehrwöchiger Kurs an vier Eliteschulen des Sports durchgeführt. Der Gesamtumfang betrug 15 Zeitstunden, die – soweit möglich – auf zehn Einheiten mit je 90 Minuten in einem wöchentlichen Rhythmus verteilt wurden. Insgesamt haben 173 Personen im Alter zwischen 14 und 20 Jahren am SRT-L teilgenommen, durchschnittlich etwa neun Personen pro Gruppe.

Das Leitziel des SRT-L besteht darin, die allgemeine Stressresistenz, d. h. die Widerstandsfähigkeit gegen chronischen Stress zu verbessern. Damit sollen das Belastungserleben reduziert und psychische wie physische Stresssymptome gemindert werden. Das Leitziel lässt sich vor dem Hintergrund des zugrundeliegenden theoretischen Stressmodells (Jansen, 2005; Schulz & Jansen, 2007) in drei große Komponenten gliedern: Die Stärkung der Kompetenzen zur a) Stressbewältigung, b) Stressbewertung und c) Stressprävention. Diese drei Kompetenzen sind selbst durch mehrere Faktoren gekennzeichnet (Abb. 1).

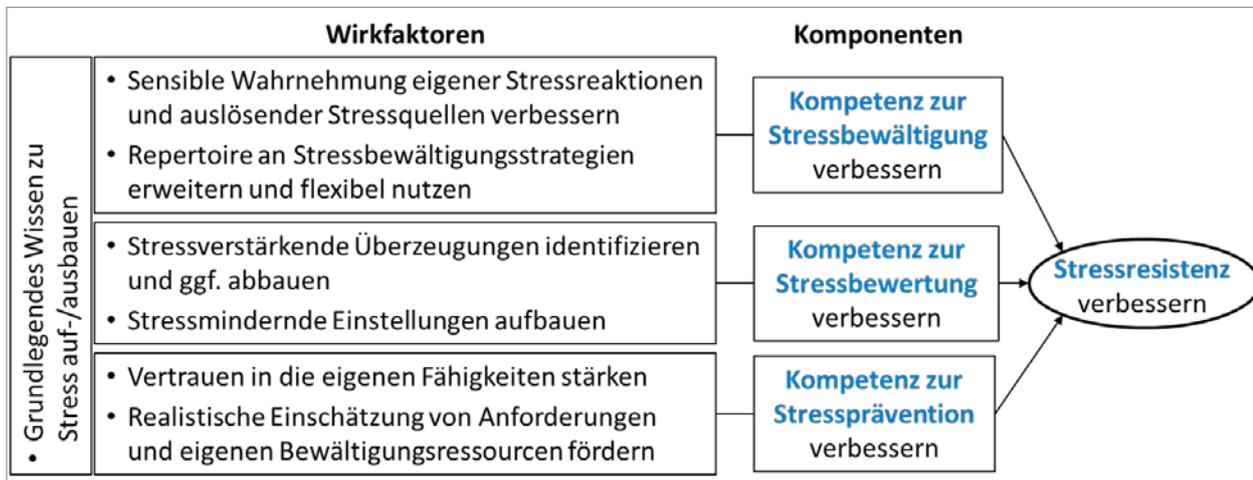


Abb. 1: Hierarchische Struktur der Interventionsziele

Die o. a. Teilziele werden im SRT-L mit Hilfe unterschiedlicher methodischer Arrangements bearbeitet. Neben Übungen, die die Auseinandersetzung mit sich selbst und den eigenen Problemen anregen, sind auch Gespräche über persönliche Erfahrungen und Übungen an Fallbeispielen in Teams und Kleingruppen integriert. Das zentrale Arbeitsmittel ist ein persönliches SRT-Arbeitsbuch, das jede Teilnehmerin bzw. jeder Teilnehmer zu Beginn der Intervention erhält. Darin befinden sich unter anderem Resultate einer individuellen Stressdiagnostik, Anleitungen zum praktischen Üben sowie Zusammenfassungen der behandelten Themen.

### 3 Evaluation

Das SRT wurde sowohl formativ-qualitativ wie summativ-standardisiert evaluiert. Die formative Evaluation wurde bereits vor der Interventionsphase mit Fokusgruppen zum Thema Stress begonnen und begleitete die Intervention während der gesamten Zeit. Ihr Fokus war auf die Programmdurchführung gerichtet. Bestandteile waren: (1) Protokollierung des Verlaufs aller durchgeführten Trainingseinheiten; (2) Einsatz von Feedbackmethoden, um zeitnah Reaktionen der Teilnehmenden auf die einzelnen Methoden des Training einfangen zu können, und (3) Peer-Supervisionen unter den SRT-Trainern. Die quantitativ-summative Evaluation mit dem Schwerpunkt auf der Prüfung der Programmwirkungen erfolgte mit einem quasi-experimentellen Kontrollgruppen-Design mit drei Messzeitpunkten (t1 – t2 – t3). Eine randomisierte Zuweisung der Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer in Interventionsgruppe (IG: n = 112, Alter: 16.2 Jahre, 55 % männlich) und unbehandelte Kontrollgruppe (KG: n = 101, Alter: 16.5 Jahre, 53 % männlich) war durch die institutionellen Gegebenheiten nicht möglich. Beide Gruppen wurden unmittelbar vor Beginn, direkt im Anschluss und drei Monate nach dem Ende der Intervention schriftlich befragt (Abb. 2).

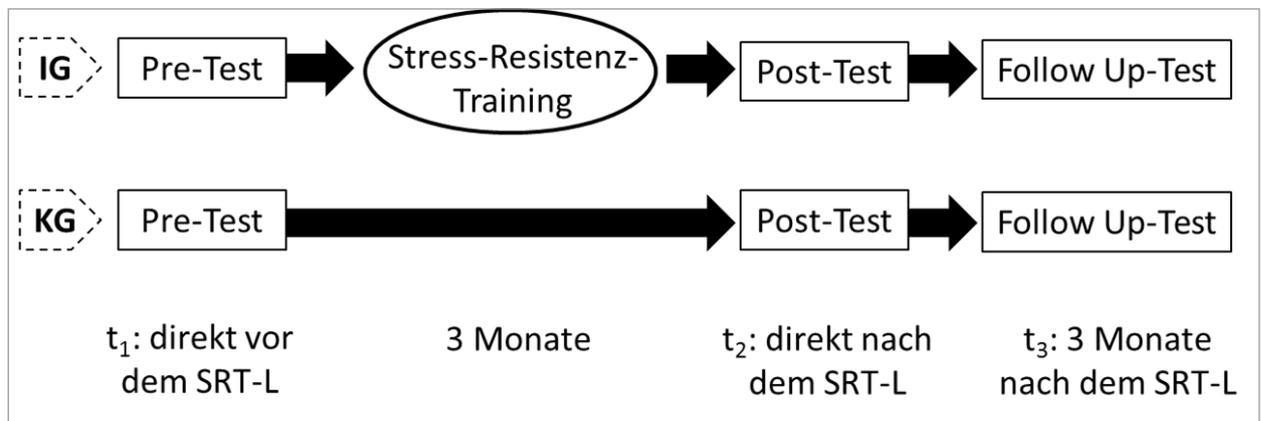


Abb. 2: Untersuchungsdesign der quantitativ-summativen Programmevaluation

Die quantitativ-summative Evaluation wurde in Form von schriftlichen Selbstauskunftsverfahren durchgeführt:

- ein Hauptfragebogen zu allen drei Messzeitpunkten (in der IG sowie KG) zur Erhebung u. a. von Teilnahmeinteresse, chronischem Stress, Stresssymptomen, Bewältigungsstrategien, Stresssensibilität, Stressreaktivität, Selbstwirksamkeitserwartungen, stressbezogenem Wissen;
- ein Trainingsbeurteilungsbogen (in der IG zu  $t_2$ ) zur Erhebung u. a. der Selbsteinschätzungen des Zuwachses an stressbezogenem Wissen und Können sowie der Reaktionen auf Inhalte, Arbeitsmaterialien/-methoden;
- ein Transferbogen (in der IG zu  $t_3$ ) zur Erhebung u. a. von persönlichen Erfahrungen mit dem Transfer des Gelernten in den Alltag.

Die Evaluationskriterien leiteten sich aus den oben dargestellten Zielen und Teilzielen des SRT-L ab. Für die Auswahl und Ordnung von Evaluationskriterien wurde eine populäre Heuristik von Kirkpatrick und Kirkpatrick (2006) genutzt, die vier Ebenen von Zielen vorsieht: 1) Reaktionen (Hat es den Teilnehmerinnen und Teilnehmern gefallen?), 2) Lernen (Haben die Teilnehmerinnen und Teilnehmer etwas gelernt?), 3) Transfer (Sind die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in der Lage, Trainingsinhalte im Alltag umzusetzen?) und 4) Ergebnisse (Konnten die Ziele des Trainingsprogramms (u. a. verbesserte Stressresistenz) erreicht werden?).

Die Prüfung der Wirkungsannahmen erfolgte auf Basis der Selbstauskünfte im Hauptfragebogen mittels univariater Varianzanalysen mit dreistufigem Messwiederholungsfaktor. Die Auswertung von 166 Trainingsbeurteilungsbögen (51 % männlich, Alter 16.0 Jahre) und 137 Transferbögen (57 % männlich, Alter 16.6 Jahre) erfolgte deskriptiv.

## 4 Ausgewählte Ergebnisse

Während der Rekrutierung von Teilnehmerinnen bzw. Teilnehmern für das SRT-L stellte sich heraus, dass leistungssportlich aktive Jugendliche mehrheitlich interessiert sind an Anti-Stress-Trainings. Über 65 % der insgesamt 395 angesprochenen Sportschülerinnen und -schüler geben an, ein eher großes oder auch sehr großes Interesse zu haben. Darunter befinden sich überwiegend Personen, die sich als chronisch gestresst erleben und vergleichsweise intensiv auf Stress reagieren. Darüber hinaus waren jüngere und weibliche Jugendliche stärker interessiert als ihre Counterparts.

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer bewerten das SRT-L sowohl insgesamt als auch im Detail durchweg positiv. Auf die Frage „Wie hat Dir das Stress-Resistenz-Training insgesamt gefallen?“ geben 74 % der Teilnehmenden „gut“ oder auch „sehr gut“ an. Bei weiteren 21 % halten sich positive und negative Bewertungen die Waage („geht so“). Eher unzufrieden sind rund 5 %. Ähnlich positiv bewerten die Teilnehmenden den persönlichen Gewinn bzw. den praktischen Nutzen. Über 68 % der Teilnehmenden stimmen der Aussage „Ich habe etwas für mich Sinnvolles und Wichtiges gelernt.“ in hohem bis sehr hohem Maße zu. Diese Einschätzung spiegelt sich auch darin wider, dass rund 92 % der Teilnehmenden das SRT-L als empfehlenswert beurteilen. Lediglich 8 % können der Aussage „Ich kann das Stress-Resistenz-Training anderen Sportlerinnen und Sportlern weiterempfehlen.“ kaum oder nicht zustimmen.

Die Teilnehmerinnen bzw. Teilnehmer fühlen sich durch die behandelten Inhalte und Themen angesprochen. Die didaktische Umsetzung (Arbeitsmaterialien und -methoden) kann auch als gut gelungen beurteilt werden. Besonders positiv werden die individuelle Stressdiagnostik und das persönliche Arbeitsbuch bewertet. Aber auch das Üben in Kleingruppen, das Bearbeiten von fiktiven Fällen sowie ein Quiz zur Festigung von Arbeitsergebnissen finden großen Anklang. Etwas verhalten beurteilen die Teilnehmer Übungen in Einzelarbeit. Auch wenn die Urteile überwiegend positiv ausfallen, zeigen sie weiteren Bedarf an Unterstützung bei dem Versuch, das Gelernte im Alltag zu nutzen.

Zum Vergleich von IG und KG: Die Ergebnisse zeigen einen starken Effekt im Hinblick auf den Zuwachs und Festigung stressbezogener Wissens ( $F(2, 418) = 37.91, p < .001, \eta^2 = .15$ ). Der Zuwachs lässt sich sowohl auf das Vorwissen wie auf das Wissen in der KG beziehen. Zudem bewirkt die Teilnahme am SRT-L, dass Athlet/innen (1) in schwierigen Situationen weniger intensiv und anhaltend mit Stress reagieren ( $F(2, 418) = 7.81, p < .001, \eta^2 = .04$ ) sowie (2) im Umgang mit schwierigen Situationen flexibler werden ( $F(2, 418) = 4.31, p = .014, \eta^2 = .02$ ). Diese signifikanten Effekte sind klein. Es liegen zudem Hinweise auf weitere Programmwirkungen vor (u. a. Reduktion von chronischem Stresserleben, Stresssymptomen und stressverstärkenden Überzeugungen; Anstieg optimistischer Kompetenzerwartungen), die jedoch aufgrund zu geringer Teststärken nicht ausreichend inferenzstatistisch abgesichert werden können. Leider konnte die zum Nachweis kleiner Effekte optimale Stichprobe durch schwierige institutionelle Bedingungen (zeitliche Einbindung der Schülerinnen und Schüler, Zwänge im Schuljahresablauf usw.) nicht wie geplant realisiert werden.

## 5 Diskussion

Der Befund zum Ausmaß des Teilnahmeinteresses von Jugendlichen an Eliteschulen des Sports spricht dafür, Anti-Stress-Trainings als Bestandteil in die Palette der institutionalisierten Wahlangebote zur Gesundheitsförderung an Sportinternaten, sportbetonten Schulen und Olympiastützpunkten zu integrieren. Die Ergebnisse der quantitativ-summativen Evaluation sind denen anderer Evaluationsstudien zu Anti-Stress-Trainings sehr ähnlich: Insgesamt liegen nur wenige signifikante, überwiegend kleine Effekte vor, von denen sich der Effekt auf das stressbezogene Wissen durch seine Größe abhebt (Kaluza, 1997; Kaluza & Lohaus, 2006). Die wenigen belastbaren Wirkungsnachweise stehen neben weitgehend positiven Rückmeldungen der Teilnehmenden, aus denen erstens ein beachtlicher Bedarf an Unterstützung im Umgang mit chronischem Stress hervorgeht und die zweitens das Anliegen und die Gestalt des SRT-L bekräftigen. Der Mangel an hier zu berichtenden signifikanten Effekten geht, neben der Stichprobenrealisierung, auch auf den Mangel an bereits vorliegenden Erhebungsinstrumenten zurück, die zu den Trainingszielen passen (Kaluza & Schulze, 2000). Dieses Dilemma ist besonders für die Kompetenz zur Stressbewältigung (Coping) in der Literatur bereits häufig diskutiert worden. Für einen umfassenden Wirksamkeitsnachweis bedarf es weiterer Anstrengungen.

## 6 Literatur

- Hülsen, A. (2012). Duale Karriere: Die Vereinbarkeit von Sport, Ausbildung und Beruf. *Leistungssport*, 42, (4-8).
- Jansen, L.J. (2005). *Stress-Resistenz-Training (SRT): Konzeption und Evaluation des Gruppentrainingsprogramms zur Verbesserung der Stressresistenz*. Berlin: Logos.
- Kaluza, G. (1997). Evaluation von Streßbewältigungstrainings in der primären Prävention – eine Meta-Analyse (quasi-)experimenteller Feldstudien. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie*, 5, 149-169.
- Kaluza, G. & Lohaus, A. (2006). Psychologische Gesundheitsförderung im Kindes- und Jugendalter. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie*, 14, 119-134.
- Kaluza, G. & Schulze, H.H. (2000). Evaluation von Gesundheitsförderungsprogrammen – Methodische Stolpersteine und pragmatische Empfehlungen. *Zeitschrift für Gesundheitspsychologie*, 8, 18-24.
- Kirkpatrick, D. L. & Kirkpatrick, J. D. (2006). *Evaluating training programs. The four levels* (3rd ed.). San Francisco: Berrett-Koehler Publishers.
- Richartz, A., Albert, K., Sallen, J. & Hoffmann, K. (2010). Chronische Belastungen und persönliche Ziele in Leistungssport- und Bildungskarriere. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2009/10* (S. 307-313). Köln: Sportverlag Strauß.
- Schulz, P. & Jansen, L.J. (2007). *Stress-Resistenz-Training (SRT): Manual zum Gruppentrainingsprogramm zur Verbesserung der Stressresistenz*. Hamburg: Kovac.

### Projektbezogene Tagungsbeiträge

- Sallen, J., Hoffmann, K. & Richartz, A. (2014). Evaluation eines Gruppeninterventionsprogramms zur Förderung der Stressresistenz von jugendlichen Leistungssportler/innen. In R. Frank, I. Nixdorf, F. Ehrlenspiel, A. Geipel, A. Mornell & J. Beckmann (Hrsg.), *Performing Under Pressure*. Internationales und interdisziplinäres Symposium: 46. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie (asp) & Art in Motion 2014 vom 29.-31. Mai 2014 in München (S. 203). Hamburg: Czwalina. [Posterbeitrag]
- Sallen, J., Hoffmann, K. & Richartz, A. (2014). Evaluation eines Gruppeninterventionsprogramms zur Förderung der Stressresistenz von jugendlichen Leistungssportler/innen. In C. Ernst, G. Gawrisch, C. Kröger, W.-D. Miethling & V. Oesterhelt (Hrsg.), *Schul-Sport im Lebenslauf – Konturen und Facetten Sport-Pädagogischer Biographieforschung*. 27. dvs-Jahrestagung der Sektion Sportpädagogik vom 1.-3. Mai 2014 in Kiel (S. 99). Hamburg: Czwalina. [Posterbeitrag]
- Sallen, J., Hoffmann, K. & Richartz, A. (2013). Entwicklung und Konzeption eines Interventionsprogramms zur Förderung der Stressresistenz von Leistungssportler/innen. In I. Bähr, C. Krieger & A. Richartz (Hrsg.), *Evaluation in der Sportpädagogik: Nationale und internationale Perspektiven*. 26. Jahrestagung der dvs-Sektion Sportpädagogik vom 30. Mai bis 01. Juni 2013 in Hamburg. Abstracts (S. 84). Hamburg: Universität Hamburg. [Posterbeitrag]
- Sallen, J., Hoffmann, K. & Richartz, A. (2013). Stress-Resistenz-Training für Leistungssportler/innen: Ein Interventionsprogramm mit Fokus auf chronische Belastungen. In O. Stoll, A. Lau & S. Moczall (Hrsg.), *Angewandte Sportpsychologie*. 45. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie (asp) vom 09. Mai – 11. Mai 2013 in Halle (Saale) (S. 171). Hamburg: Czwalina. [Posterbeitrag]

Sallen, J. & Richartz, A. (2013). Erste Ergebnisse der Evaluation eines Stress-Resistenz-Trainings für Leistungssportler/innen: Die Perspektive der Teilnehmer/innen. In I. Bähr, C. Krieger & A. Richartz (Hrsg.), *Evaluation in der Sportpädagogik: Nationale und internationale Perspektiven*. 26. Jahrestagung der dvs-Sektion Sportpädagogik vom 30. Mai bis 01. Juni 2013 in Hamburg. Abstracts (S. 43). Hamburg: Universität Hamburg. [Vortrag]

# Mentales Training im Nachwuchsleistungssport Handball: Entwicklung, Implementierung und Evaluation eines psychologischen Trainingsprogramms für Nachwuchshandballer

(AZ 071610/12-13)

Oskar Dawo<sup>1</sup> und Manfred Wegner<sup>2</sup> (Projektleiter)

<sup>1</sup>Eliteschule des Sports Gymnasium am Rotenbühl, Saarbrücken

<sup>2</sup>Universität Kiel

## 1 Einführung

In den folgenden Ausführungen zum Projekt „Mentales Training im Nachwuchsleistungssport Handball“ wird das modulare psychologische Trainingsprogramm beschrieben, das mit der Jugendnationalmannschaft in den Jahren 2012/2013 umgesetzt wurde und mit dem systematisch grundlegende mentale Fertigkeiten vermittelt und trainiert werden können.

## 2 Projektbeschreibung

### 2.1. Das Programm

Zu Beginn der Projektphase im Grundlagentraining wurden grundlegende psychologische Verfahren in den Modulen „Entspannung/Mobilisierung“, „Visualisierung“, „Zielsetzung“, „Selbstgespräche“ und „Kommunikation“ eingeführt, im Training geübt und schließlich in Wettkampfsituationen eingesetzt. Module bezeichnen die inhaltlichen Schwerpunkte der Betreuungsarbeit, ihre Umsetzung geschah jeweils während einer Lehrgangmaßnahme. Diese grundlegenden „Werkzeuge“ dienten als Hilfsmittel, um im Aufbautraining komplexere psychologische Qualitäten wie Konzentration, Selbstvertrauen, Stressresistenz und Erfolgszuversicht zu entwickeln. Anschließend wurden spezielle Methoden eingesetzt, die auf die individuellen Bedingungen der Spieler bzw. der Mannschaft im Vorfeld der Weltmeisterschaft 2013 in Ungarn zugeschnitten waren. Krisenintervention hatte immer Vorrang vor der Umsetzung der geplanten Trainingsmaßnahmen. Um im Einzelfall Hilfe leisten und geeignete Strategien zur Problemlösung finden zu können, bestand die Möglichkeit des Einzelgesprächs, was im Verlauf der Maßnahme immer häufiger auch genutzt wurde.

Das Programm folgte in der Umsetzung einem erzieherischen Ansatz – so wie von Williams (1986), Horn (2002) oder Burton und Raedeke (2008) vorgeschlagen. Das Vorgehen in den einzelnen Modulen gliedert sich in drei Stufen: dem Wissenserwerb, der Aneignung und der Implementierung in Training und Wettkampf (siehe Abb.1).

Grundlagentraining	Aufbau- und Leistungstraining	Krisenintervention
Entspannung / Mobilisation	Konzentration	Individuumorientiert
Zielsetzung	Stressmanagement	Mannschaftsorientiert
Visualisierung	Wettkampfvorbereitung	Trainerorientiert
Selbstgespräche	Teambuilding	
Kommunikation		

Abb. 1: Module des Trainingsprogramms

## 2.2. Zielgruppe des Programms

Zielgruppe war die männliche Jugendnationalmannschaft im Handball (Jahrgang 1994/95). Das Trainingsprogramm setzte im Juli 2012 ein und dauerte 15 Monate bis Oktober 2013. Es wurden in dieser Zeit zehn Lehrgänge (47 Tage) absolviert, bei acht (35 Tage) war der Sportpsychologe anwesend. Während der WM in Ungarn wurden in den ersten acht Tagen weitere Interventionen und Einzelbetreuungen durchgeführt. Ein WM-Teilnehmer hatte im Durchschnitt an 29 Tagen die Möglichkeit, mit dem Sportpsychologen zu arbeiten.

## 3 Evaluation

Für die Evaluation dieses Projektes wurden vier Indikatoren ausgewählt (siehe Abb. 2): die Servicequalität unter besonderer Berücksichtigung von Psychologenmerkmalen, die Entwicklung der mentalen Fertigkeiten, die Einstellung der Spieler und Trainer gegenüber der Sportpsychologie und schließlich die sportlichen Ergebnisse als Maßstab für alle Trainings- und Betreuungsmaßnahmen im Leistungssport (vgl. Anderson et al., 2002).

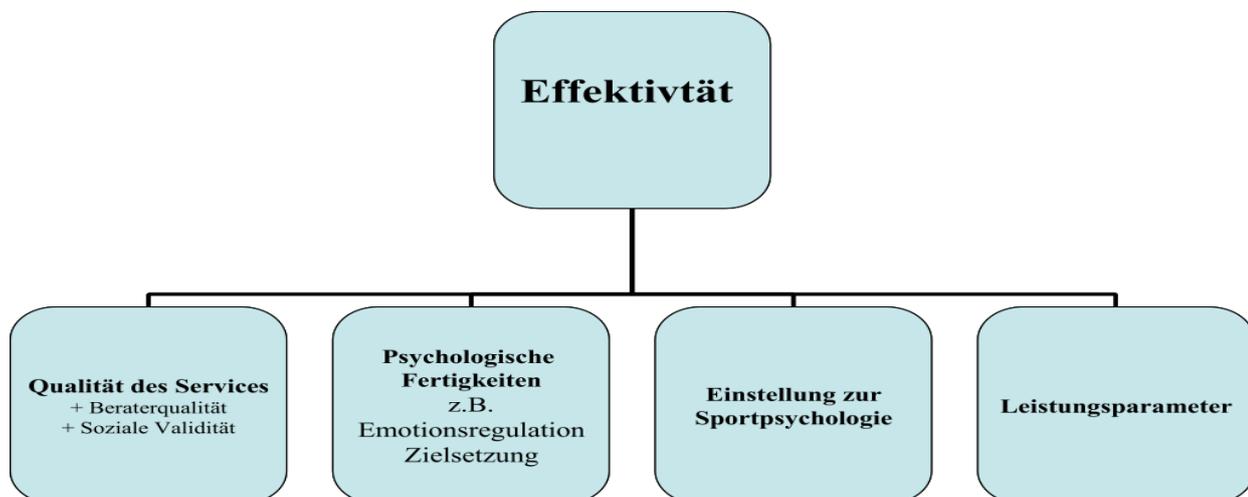


Abb. 2: Effektivitätsindikatoren für die Evaluation der sportpsychologischen Praxis

### 3.1. Erfassung der Servicequalität

Dieser „Erfolgsmesser“ der Interventionen umfasst die Beraterqualität und die soziale Validität. Im Rahmen des Projekts wurde von den Sportlern fortlaufendes Feedback über Gespräche und informelle Interviews eingeholt. Der Sportpsychologe und die Trainer diskutierten jeden Workshop und entwarfen spezifische Aufgaben und Übungen für die Praxis, die das Training der mentalen Techniken aufgriffen und unterstützen. Am Ende der Trainingseinheiten sowie der einzelnen Module wurden die Ergebnisse diskutiert, die Entwicklungen der Spieler besprochen und besondere Aspekte festgehalten (Was war gut? Was muss verbessert werden?). Am Ende der Gesamtmaßnahme wurde ein stark formalisierter Ansatz zur Erfassung der Beraterqualität genutzt, der „Sportpsychologen-Bewertungsbogen“, mit dem zehn Beraterqualitäten erfasst werden. In Ergänzung zu dieser Einschätzung wurde auch die subjektiv wahrgenommene Effektivität in zwei Dimensionen erfasst: „die Wirkung bei mir“ und „die Wirkung beim Team“. Schließlich konnten noch Tipps und Empfehlungen formuliert werden, um die Qualität/Effektivität der Maßnahme zu verbessern. Das Maß der Zufriedenheit der Sportler (soziale Validität) mit dem Angebot kann weitere hilfreiche Informationen über die Effektivität liefern und gegebenenfalls Verbesserungen anregen.

### 3.2. Entwicklung der Psychologischen Fertigkeiten

Der Ansatz dieser Trainingsmaßnahme ist kognitiv-verhaltensorientiert. Psychologische Fertigkeiten werden dabei als gelernte Verhaltensweisen angesehen, die der Sportler nutzt, um seine Gedanken, seine Emotionen und sein Verhalten zu steuern. Üblicherweise werden in diesem Bereich die Verhaltensbeobachtung, standardisierte Fragebögen und Selbst- und Fremdeinschätzungsskalen zur Veränderungs-messung genutzt. Diese Instrumente wurden an die Inhalte der Module angepasst oder gemeinsam mit den Sportlern neu entwickelt. Schließlich wurde zur Evaluation des Gesamtprojektes der Fragebogen „Athletic Coping Skills Inventory“ (ACSI-28) (Smith et al., 1995) in der deutschen Übersetzung von Brand und Koch (2004) zu drei Zeitpunkten eingesetzt: 2010 (Sichtung), 2012 (Projektbeginn) und 2013 nach der WM (Projektende). Der ACSI-28 erhebt Daten zu einer Vielzahl von psychologischen Aspekten, die die sportliche Leistungsfähigkeit maßgeblich verbessern sollen: Umgang mit Schwierigkeiten, Trainierbarkeit, Konzentration, Selbstvertrauen und Motivation, Zielsetzung und mentale Wettkampfvorbereitung, Leistung unter Drucksituation und Freiheit von Zweifeln.

Während der WM wurde den Spielern in zwei Spielen ein Fragebogen (Leistungsrückmeldebogen) vorgelegt, in dem sie die Besonderheiten der Stresssituation beschreiben konnten und ihr Anspannungsniveau zu vier Zeitpunkten (im Bus, beim Aufwärmen, vor dem Anpfiff, während des Spiels) angaben. Schließlich wurden von ihnen die Techniken beschrieben, die sie zur aktuellen Stressbewältigung nutzten. Individuelle Verläufe der Erregung konnten Rückschlüsse über den Bedarf an zusätzlichen Maßnahmen liefern.

Ein weiterer Aspekt, der nicht explizit im Fokus des Programms stand, war der Teamzusammenhalt (Teamkohäsion). Während des gesamten Trainingsprogramms wurden immer wieder interaktive Übungen durchgeführt, bei denen die Spieler ihre persönlichen Erfahrungen vor der Gruppe offenlegen mussten. Diese gemeinsamen Lernerfahrungen und das Nutzen der Potenziale und Ressourcen einzelner Gruppenmitglieder zur persönlichen Weiterentwicklung hatten einen starken „bindenden Effekt“. Im Modul „Kommunikation“ wurden Hinweise für eine günstige und effektive Kommunikation (im Training und Spiel), der Umgang miteinander innerhalb der Mannschaft sowie effektives verbales Feedback diskutiert und geübt. In Vertrauensübungen wurden (nicht nur in diesem Modul) Offenheit und Vertrauen in der Gruppe sowie Respekt vor der Individualität der Mitspieler gefordert und gestärkt. Diese zusätzliche Möglichkeit des Kennenlernens außerhalb des regulären Trainings half

den Zusammenhalt zu stärken. Eine Integration neuer Mitglieder war dennoch leicht möglich. Dieser Aspekt wurde nicht systematisch erfasst, das gute Gruppenklima und der Zusammenhalt waren aber augenscheinlich beobachtbar und hatten laut Trainerurteil einen deutlichen Einfluss auf die Leistung.

### 3.3. Einstellung der Sportler und der Trainer

Sicher kann die Einstellung und die Meinung der Sportler gegenüber der Sportpsychologie allgemein und deren Bedeutung für das eigene sportliche Leben ein weiteres Maß für die Effektivität der Trainingsmaßnahme sein. Eine fünfjährige Zusammenarbeit mit dem Trainerteam zeigt ebenfalls eine positive Einstellung gegenüber der Sportpsychologie und dem Sportpsychologen im Besonderen. Diese einzelnen Aspekte verdeutlichen die große Akzeptanz der Sportpsychologie bei den Sportlern und im Trainerteam.

### 3.4. Sportliche Leistung und Ergebnisse

Die Effektivität des mentalen Trainings wird, wie alle anderen Leistungskomponenten und deren Zusammenwirken, auch auf dem Spielfeld im Wettkampf bewertet. Das gemeinsam formulierte Ziel des Teams war der Medaillengewinn. Die Mannschaft spielte in Ungarn ein überragendes Turnier. Erst im Halbfinale musste man sich gegen Kroatien mit 3 Toren geschlagen geben (29:26). Das Spiel um Platz 3 wurde anschließend 29:23 gewonnen und die Bronzemedaille als Belohnung erreicht. Sportlich überzeugte die Mannschaft, laut der Trainerurteile, durch ihre Geschlossenheit und ihren Teamgeist. Eine weitere Stärke war die taktische Variabilität durch unterschiedliche Spielertypen und das sichere Durchspielen von taktischen Abläufen (auch in Drucksituationen). Einzelne Spieler erreichten eine überragende Wurfeffektivität (z. B. Linksaußen: 58 Tore bei 71 Versuchen, das entspricht einer Wurfquote von 82 %).

## 4 Zusammenfassung

In diesem Bericht werden das mentale Training und die Zusammenarbeit mit einem Psychologen im DHB über den Zeitraum von 15 Monaten beschrieben. Die Auswahl der Schwerpunkte bei diesem Programm orientiert sich an der aktuellen Forschungslage über die Effektivität von psychologischen Interventionen im Nachwuchssport und ist damit wissenschaftlich begründet. Das systematische Vorgehen erscheint im Rahmen der Nachwuchsförderung angemessen, die theoretische Begründung im Rahmen der praktischen Betreuungsarbeit liefert für die Spieler immer einen plausiblen und nachvollziehbaren Rahmen für die einzelnen Maßnahmen.

Die Evaluation und Bewertung des Projektes wurde anhand von vier Kriterien vorgenommen:

- › Beraterqualität
- › Entwicklung der psychologischen Fertigkeiten
- › Einstellung der Spieler und Trainer zur Sportpsychologie
- › sportliches Ergebnis.

Bei der Betrachtung der Evaluationsmaße hat das Projekt seine Ziele in vollem Umfang erreicht. Die sportlichen Ziele wurden erreicht, einzelne Spieler haben sich aufgrund ihrer besonderen Qualitäten (besonders in Drucksituationen) für höhere Aufgaben empfohlen und genießen in Zukunft eine besonders intensive Betreuung und Förderung. Die Zufriedenheit der Sportler und der Trainer mit der Arbeit des Sportpsychologen war besonders hoch. Die Einstellung zur Sportpsychologie und das

Ansehen von Sportpsychologen allgemein haben sich durch das Projekt bei allen Verantwortlichen (auch beim Verband) weiter in eine positive Richtung verändert. Der Sportpsychologe entwickelte in Zusammenarbeit mit den Trainern Trainingsübungen und -aufgaben mit Schwerpunkt auf mentalen Fähigkeiten. Dadurch haben beide Seiten an Erfahrungen gewonnen und ihre Kompetenz als Trainer/Psychologen verbessert. Schließlich kann der vorgestellte Rahmen der Evaluation und die dargestellten Aspekte auch für andere Projekte als hilfreich angesehen werden.



## 5 Literatur

- Anderson, A.G., Miles, A. Mahoney, C. & Robinson, P. (2002). Evaluating the effectiveness of applied sport psychology practice: Making the case for a case study. *The sport psychologist* 16, 432-453.
- Brand, R. & Koch, A. (2004). *Competitive State Anxiety Inventory 2 (CSAI-2g)*-Deutsche Übersetzung. In [www.sport.uni-stuttgart.de/wettkampfangst](http://www.sport.uni-stuttgart.de/wettkampfangst).
- Burton, D. & Raedeke, T. (2008). *Sport psychology for coaches*. Champaign, Il: Human Kinetics.
- Horn, T.S. (2002). *Advances in Sport Psychology*. Champaign, Il: Human Kinetics.
- Smith, R.E., Schulz, R.W., Smoll, F.L. & Ptacek, J.T. (1995). Development and validation of a multidimensional measure of sport-specific psychological skills. *Journal of sport and exercise psychology*, 17 (4), 379-398.
- Wegner, M. & Dawo, O. (2012). Handball. In D. Beckmann-Waldenmayer & J. Beckmann (Hrsg.), *Handbuch sportpsychologischer Praxis* (S. 237-250). Balingen: Spitta.
- Williams, J.M. (Hrsg.). (1986). *Applied sport psychology: personal growth to peak performance*. Mountain View, CA.: Mayfield Publishing Company.



# Sportpsychologisches Fertigkeitstraining und Trainercoaching im Kanuslalom

(AZ 071614/12-13)

*Kai Engbert (Projektleiter), Thomas Ritthaler & Jürgen Beckmann*

Technische Universität München, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaft,  
Lehrstuhl für Sportpsychologie

## 1 Hintergrund

Im Rahmen der Saison 2011 und der Olympischen Spiele 2012 in London konnte die Sportpsychologie als Betreuungsgegenstand im Kanuslalom erfolgreich etabliert werden (vgl. Bericht zu Projekt AZ 071614/11-12 im entsprechenden Jahrbuch). In der Planung des Olympiazklus 2012 bis 2016 wurde darauf aufbauend ein Betreuungsmodell mit drei Säulen entwickelt. Als Schwerpunkte wurden dabei (1) die Betreuung der Spitzenathleten, (2) das sportpsychologische Coaching der Trainer und (3) die Entwicklung sportpsychologischer Fertigkeiten im Anschlussbereich definiert. Ziel war es dabei, die unterschiedlichen Möglichkeiten einer sportpsychologischen Betreuung bestmöglich zu nutzen, aufeinander abzustimmen und die systematische sportpsychologische Arbeit im Kanuslalom nach einem erfolgreichen Start zu festigen. Im Folgenden werden die im Projektzeitraum 2012/2013 durchgeführten Betreuungsschritte und Methoden im Überblick dargestellt.

## 2 Methode

### 2.1 Sportpsychologische Betreuung der Spitzenathleten

Die erste Säule der sportpsychologischen Betreuungsmaßnahmen im Kanuslalom bestand in der individuellen Arbeit mit den Spitzenathleten der Weltcup und WM Mannschaft. Durch regelmäßige Anwesenheit des betreuenden Sportpsychologen (Dr. Kai Engbert) bei ausgewählten Trainings- und Wettkampfmaßnahmen (Nationale Qualifikation, 2 Trainingslehrgänge, 2 Weltcuprennen sowie Weltmeisterschaft) wurde eine Präsenz des Themas gewährleistet und eine niedrighschwellige Kontaktmöglichkeit geschaffen, die gut genutzt wurde. Darüber hinaus wurde die Möglichkeit zu individueller Betreuung am Bundesstützpunkt Augsburg bzw. in München gut angenommen. Die Sportler zeigten hier eine gute Initiative, insgesamt bestand zu ca. einem Drittel des Teams kontinuierlicher und zu einem weiteren Drittel des Teams sporadischer Kontakt. Dies entspricht in etwa den Erfahrungen aus anderen vergleichbaren Betreuungsprojekten (z. B. Ski Alpin).

### 2.2 Sportpsychologisches Fertigkeitstraining im Anschlussbereich

Die zweite Säule der Betreuungsmaßnahmen bestand in der Etablierung eines sportpsychologischen Fertigkeitstrainings im Anschlussbereich. Integriert in das Wintertraining und die Leistungsdiagnostik am Bundesstützpunkt Augsburg wurden 2012 und 2013 erste Maßnahmen zur sportpsychologischen Arbeit im Anschlussbereich durchgeführt (Thomas Ritthaler). Dies umfasste vor allem die individuelle Diagnostik psychologischer Leistungsvoraussetzungen inklusive Rückmeldung und Trainingsempfehlungen für Sportler und Trainer. Hier zeigte sich ein sehr heterogenes Bild, so dass die darauf aufbauende Vermittlung sportpsychologischen Know-hows didaktisch und inhaltlich angepasst wurde. Statt ausschließlich mit Workshops zu „klassischen“ Bereichen der Sportpsychologie wie Vorstellungstraining, Regulation von Anspannung oder Konzentration zu arbeiten, wurde eine stärkere Individualisierung und eine teilweise Verschiebung der Inhalte in Trainings- und Wettkampfbegleitende

Maßnahmen vorgenommen. Je Näher die Arbeit in die Saison und an die entscheidenden Rennen rückte, desto mehr Zuspruch und Akzeptanz erlebten die sportpsychologischen Betreuungsmaßnahmen. Die jungen Sportler hatten so die Relevanz des Themas klar vor Augen und konnten das Gelernte unmittelbar anwenden. Darüber hinaus zeigte sich, dass im Nachwuchskader neben der Vermittlung sportpsychologischer Basisfertigkeiten vor allem der Bereich der (überzogenen) Erwartungen oft in Kombination mit einer eher geringen Selbstwirksamkeitsüberzeugung thematisiert werden musste.

Insgesamt zeigte sich in der sportpsychologischen Arbeit im Anschlussbereich ein positives aber sehr uneinheitliches Bild. Das gilt sowohl für den Kenntnisstand bzw. die Fertigkeiten der Sportler als auch für die Bandbreite der Themen. Die stärkere Individualisierung und die Integration des betreuenden Sportpsychologen in den Lehrgangs- und Wettkampfprozess zeigte aber eine erfreulich hohe Akzeptanz dieses Betreuungsgegenstandes. Perspektivisch soll daher die sportpsychologische Arbeit im Anschlussbereich (U23, Jugend) weitergeführt werden. Auf Basis der oben dargestellten Erfahrungen sollen dabei bewährte Ansätze (z. B. Thema Startvorbereitung) beibehalten und durch neue Elemente (Thema Erwartungen und Selbstwirksamkeit) ergänzt werden.

### 2.3 Trainercoaching & Trainerausbildung

Die dritte Säule des Projekts bestand im trainings- und wettkampfbegleitenden Coaching der Bundestrainer. Neben Themen wie Kommunikation, der Führung der Disziplingruppe und persönlichen Problemstellungen stand immer wieder der Umgang mit einzelnen Sportlern und Situationen im Vordergrund. Hier erwies sich die Integration der sportpsychologischen Trainerarbeit in die Lehrgänge und Wettkämpfe als besonders gewinnbringend, da viele Fragen direkt geklärt und entstehende Situationen spontan nachbesprochen und genutzt werden konnten. Auch im U 23 und Juniorenbereich wurde die Möglichkeit einer individuellen und ins Training integrierten spontanen Beratung gut angenommen und sehr positiv bewertet. Dies gilt vor allem für den Umgang mit Emotionen im Wettkampf und die interne Abstimmung und Organisationsentwicklung des Nachwuchsbereiches. Über den Bereich der Spitzentrainer hinaus wurde die Integration der Sportpsychologie in die breite Aus- und Fortbildung der Trainer weiter vorangetrieben. Nach dem Vorbild anderer Sportarten und Verbände und basierend auf anderen BISp-Projekten (z. B. Entwicklung einer sportpsychologischen Rahmenkonzeption im Ski-Alpin) wurden dabei Themen sportartspezifisch erarbeitet und in Trainerfortbildungen unterschiedlicher Qualifikationsstufen umgesetzt.

Insgesamt ist für die Dauer der Projektlaufzeit ein positives Fazit unter den Betreuungsschwerpunkt Trainercoaching und Trainerausbildung zu ziehen. Die Möglichkeiten zu individuellem Coaching und einer „sportpsychologischen Meinung“ wurden in allen Teilmannschaften positiv evaluiert und gut genutzt. In Zukunft soll dieser Bereich daher weiterentwickelt werden und schwerpunktmäßig die Bereiche individuelles Coaching und Team- bzw. Organisationsentwicklung im Nachwuchsbereich umfassen. Ebenfalls weitergeführt werden soll die systematische Integration sportpsychologischer Inhalte in die C-, B- und A-Trainerausbildung und die zusätzliche Realisierung punktueller Fortbildungsangebote.

### 3 Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt konnten in den Jahren 2012 und 2013 in der sportpsychologischen Betreuung der Kanuslalom-Nationalmannschaften verschiedene innovative Arbeitsschwerpunkte gut umgesetzt werden. Neben der Weiterführung einer bedarfsorientierten sportpsychologischen Betreuung der Spitzenathleten ist dabei die Entwicklung sportpsychologischer Fertigkeiten im Anschlussbereich besonders hervorzuheben. Mit einer Perspektive auf die Olympischen Spiele in Rio 2016 wurde dabei sportpsychologisches Know-how vermittelt und die Sportler bei der individuellen Anwendung des Gelernten unterstützt. Besonderer Wert wurde dabei auf die Integration sportpsychologischer Betreuungsinhalte in den Trainings- und Wettkampfbetrieb gelegt. Damit konnte das praktische Erleben gefördert und das Verständnis für die Relevanz des für die Sportler neuen Betreuungsgegenstands Sportpsychologie erreicht werden. In der Arbeit mit den Trainern stand zum einen das individuelle Coaching im Rahmen von Trainings- und Wettkampfmaßnahmen im Vordergrund. Zum anderen erfolgte eine verstärkte Thematisierung der Sportpsychologie in Traineraus- und -fortbildungen unterschiedlicher Stufen (Übungsleiter, C-, B- und A-Trainer). Durch die enge Verzahnung mit der Praxis und der Arbeit mit den Sportlern konnten so für den Kanuslalom spezifische Fragestellungen berücksichtigt und ein großer Schritt hin zu einem wissenschaftlich fundierten „roten Faden“ in der sportpsychologischen Trainerausbildung im Kanuslalom gegangen werden.



# Erprobung von Praxismaßnahmen zur Optimierung sportpsychologischer Betreuungsqualität

(AZ IIA1-071616/12-13)

Jens Kleinert<sup>1</sup> (Projektleiter), Ralf Brand<sup>2</sup> (Projektleiter), Chloé Kleinknecht<sup>1</sup>, Moritz Anderten<sup>1</sup> & Mascha Grote<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Deutsche Sporthochschule Köln, Psychologisches Institut, Abteilung Gesundheit- und Sozialpsychologie

<sup>2</sup>Universität Potsdam, Humanwissenschaftliche Fakultät, Exzellenzbereich Kognitionswissenschaften

## 1 Hintergrund

Im Jahr 2012 endete das vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft in Auftrag gegebene Projekt „Qualitätsförderung von sportpsychologischer Beratung und Betreuung im deutschen Spitzensport“. Im Laufe dieses Vorhabens wurden unter anderem ein Leitfaden zur Qualitätssicherung und einzelne Tools zur Umsetzung von Qualitätssicherung erarbeitet und ansatzweise im Praxisfeld der sportpsychologischen Betreuungsarbeit im Nachwuchsleistungssport und Spitzensport erprobt.

Aufbauend hierauf war es die **Zielsetzung** des vorliegenden Betreuungsprojekts, den zuvor entwickelten Leitfaden (QS-Leitfaden) und die zugehörigen Tools zur Qualitätssicherung (QS-Tools) in einzelnen BISp- und DOSB-geförderten Betreuungsmaßnahmen des Spitzensports einzusetzen und zu erproben; auf dieser Basis sollten abschließend „feldtaugliche“ evaluierte Hilfsmittel für die sportpsychologische Betreuungsarbeit und deren Qualitätssicherung zur Verfügung gestellt werden.

Unter anderen lassen sich für das vorliegende Betreuungsprojekt folgende **Teilziele** unterscheiden:

- › Praxisnahe Analyse von Einsatzbedingungen im Zusammenhang mit dem QS-Leitfaden und den QS-Tools.
- › Erfassung der Arbeitsweise im Zusammenhang mit dem QS-Leitfaden und den QS-Tools.
- › Bestimmung der wahrgenommenen Effizienz von QS-Leitfaden und QS-Tools.

## 2 Methode

*Stichprobe.* Die Stichprobe besteht aus 2 weiblichen und 12 männlichen Sportpsychologen (N = 14), die in Abstimmung mit dem BISp und der ZKS (Zentrale Koordinationsstelle Sportpsychologie) des DOSB aus laufenden Betreuungsprojekten festgelegt wurden.

*Material:* Folgende QS Tools wurden erprobt:

- › Leitfaden QS (Brand et al., 2012)
- › Evaluationstool QS17 (Kleinert & Ohlert, 2014)
- › Praxismappe (Lobinger, 2012)
- › Reflexionshilfe Betreuungsbeziehung (vgl. Kleinert, 2014)
- › Intervisionskonzept: (Kleinert, Wippich & Anderten, 2012)

*Bewertung der QS-Instrumente.* Für jedes zu evaluierende QS-Tool wurde eine Checkliste mit den zwei Dimensionen (1) Nützlichkeit und (2) Praktikabilität/Anwenderfreundlichkeit entwickelt: Die Nützlichkeit wurde in Hinsicht auf (a.) den informativen Gehalt des jeweiligen *Manuals* und (b.) das Tool

selbst eingeschätzt. Außerdem wurden die Befragten gebeten, (I) eine Einschätzung für den persönlichen praktischen Gebrauch und (II) eine Einschätzung für andere, praktisch tätige Sportpsychologinnen bzw. Sportpsychologen zu geben.

*Begleitende Telefonate.* Während der Einsatzphase wurden die Sportpsychologen und -psychologinnen kontinuierlich freiwillig telefonisch begleitet um einen Austausch über die gemachten Erfahrungen und Anwendungsprobleme zu bieten sowie auftretende Fragen zu klären. Gleichzeitig konnte der Einsatzprozess beobachtet werden.

*Telefonisches Abschlussinterview.* Ein abschließendes leitfadengestütztes telefonisches Interview hatte zum Ziel, die endgültige Auswahl der QS-Tools, mögliche Zielgruppen und Einsatzbedingungen offen zu reflektieren. Aufgrund der weiteren dringenden Themen der Befragten wurde jedoch vielfach und weitgehend von dieser Struktur abgewichen.

*Untersuchungsablauf.* Der *Untersuchungsablauf* (Projektzeitplan) gliedert sich in fünf Phasen

- › Eigenständige Lektüre der QS-Tools
- › Erlernen des Umgangs mit den Checklisten
- › Selbstständiger Einsatz der QS-Tools und der jeweiligen Checklisten
- › Leitfaden gestützte Telefon-Abschlussinterviews
- › Auswertung der quantitativen und qualitativen Daten

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Bewertung der verwendeten Tools mit Checklisten

Tab. 1 gibt die Ergebnisse der Bewertung wieder (Checklisten zu den QS-Tools; Schulnoten 1-6). Die mittleren Werte zeigen, dass sowohl die Manuals als auch die Verfahren selbst in Hinsicht auf Nützlichkeit und Praktikabilität von der überwiegenden Anzahl der Befragten als gut (bis befriedigend) eingeschätzt werden. Bestimmte Verfahren werden jedoch von wenigen Sportpsychologinnen/Sportpsychologen lediglich als ausreichend bis mangelhaft eingestuft. In einem Fall bewertete ein Sportpsychologe sogar mit ungenügend.

Tab. 1: Ergebnisse der Checklisten-gestützten Bewertung der einzelnen QS-Tools (Notensystem 1-6).

		Persönliche Nützlichkeit	Allgemeine Nützlichkeit	Praktikabilität
Leitfaden (N = 13)	Median	2	2	2
	Spanne	2-3	1-3	1-4
QS17 Manual (N = 7)	Median	2,5	2	2
	Spanne	2-3	1-3	1-4
QS17 Tool (N = 10)	Median	2,5	2,5	3
	Spanne	2-4	2-4	2-4
Praxismappe Manual (N = 9)	Median	3	3	2,5
	Spanne	1-5	1-4	2-3
Praxismappe (Arbeitsblatt) (N = 13)	Median	2	2	2

		Persönliche Nützlichkeit	Allgemeine Nützlichkeit	Praktikabilität
	Spanne	1-3	1-3	1-4
Toolbox (Manual) (N = 13)	Median	2	2	2
	Spanne	2-6	1-6	1-6
Toolbox (Tools) (N = 13)	Median	2	2	3
	Spanne	1-6	1-6	1-6
Intervisionskonzept (N = 13)	Median	2,5	2	2
	Spanne	1-6	1-6	1-6

### 3.2 Aussagen und Konsequenzen aus den telefonischen Abschlussinterviews

Tab. 2 beschreibt auf der Grundlage einer Inhaltsanalyse der Abschlussinterviews mit den beteiligten Sportpsychologen und Sportpsychologinnen die wesentlichen Hauptaussagen sowie die in den Gesprächen hiermit verknüpften Herausforderungen für zukünftige Arbeit.

Tab. 2: *Bewerbungen und zukünftige Herausforderungen, die sich im Rahmen der Abschlussinterviews gezeigt haben.*

Hauptaussage	Herausforderungen
QS-Tools werden grundsätzlich und vor allem für Berufseinsteiger/-einsteigerinnen als gut und hilfreich beschrieben.	Aufnahme in das ASP-Curriculum für die Ausbildung von Sportpsychologen/-psychologinnen. Erstellung einer handhabbaren und schlanken QS-Sammlung.
Fragebögen werden in wissenschaftlicher Hinsicht als richtig und gut eingestuft, jedoch für Jugendliche ggf. nicht immer sprachgerecht.	Sprachliche Varianten Fragebögen speziell für Kinder/Jugendliche. Mehr offene Kommentare in Fragebögen (z. B. um Freiraum für eigene Beschreibungsformen zu geben).
Intervisionssitzungen werden hinsichtlich des kollegialen Austausches und der persönlichen Weiterentwicklung als sehr effektiv betrachtet.	Intensivierung und regionale Institutionalisierung von Intervisionssitzungen. Inhaltlicher Fokus auf Rollenverständnis (im System Leistungssport) und Arbeitsphilosophie.
Finanzierungswege zur sportpsychologischen Betreuung sind für Berufseinsteiger/-einsteigerinnen unübersichtlich und unklar.	Zukünftig mehr Klarheit/Transparenz zu Finanzierungsmöglichkeiten von Betreuung.
Angewandte Sportpsychologie wird auch daran gemessen, ob sie zur objektiven Leistungssteigerung beiträgt.	Einsatz (ggfs. Entwicklung) von Messinstrumenten zur Erfassung tatsächlicher behavioraler und psychischer Leistungsdeterminanten.
Qualitätssicherung muss obligater, wichtiger Bestandteil sportpsychologischer Betreuung sein/werden.	Einrichtung einer unabhängigen QS-Stelle, um objektiv und wissenschaftlich geleitet zu evaluieren oder im Rahmen QS zu beraten.

## 4 Diskussion

**Bewertung der Tools durch die Anwender/Befragten.** Der Leitfaden QS wird grundsätzlich als hilfreich eingeschätzt („Nachschlagewerk“). In dieser Hinsicht wird er zumeist als sehr informativ beschrieben, da er gut lesbar grundlegende Rahmenbedingungen von QS darstellt. Geringe bis mittlere Akzeptanz fand die Praxismappe. Sie wurde von sechs der 14 Sportpsychologen bzw. -psychologinnen teilweise oder vollständig eingesetzt. Die Nutzung der Arbeitsblätter war eher gering – oft hatten die Befragten

bereits eigene Praxisblätter entwickelt. Einzelne Anteile der Mappe (z. B. Schweigepflicht- und Einverständnis-Arbeitsblätter) geben den Anwendern Halt und Sicherheit, jedoch wurden sieben Blätter gar nicht verwendet. Weniger zufriedenstellend verlief auch die Nutzung des QS17. Das Tool wurde lediglich dreimal eingesetzt. Möglicherweise bestehen hier Hemmung zur „Selbstkontrolle“ oder der Sinn und Nutzen für die eigene Arbeit ist noch nicht genügend erkennbar. In der Toolbox Beziehungsqualität wurden neun der elf Fragebögen eingesetzt, jedoch nur von drei der 14 Sportpsychologen und -psychologinnen. Der Umfang des Manuals und die Vielfalt der Fragebögen hat hier vermutlich eine tiefere Auseinandersetzung verhindert. Das Intervisionskonzept wurde zwar für gut befunden, jedoch in nur einem Fall eingesetzt und eignet sich vermutlich eher für den institutionellen Einsatz.

Insgesamt wurde die Nützlichkeit der Tools überwiegend gut bis befriedigend eingeschätzt. Die Einschätzung der Praktikabilität der Verfahren variiert sowohl zwischen den Verfahren als auch zwischen den Anwendern sehr stark von (sehr) gut bis schlecht.

**Akzeptanz der Untersuchungsteilnehmerinnen und -teilnehmer.** Die beteiligten Sportpsychologen und -psychologinnen haben das methodische Vorgehen der Studie grundsätzlich akzeptiert und mitgetragen. Allerdings zeigten sich in einzelnen Projektphasen teils große zeitliche Verzögerungen; die Priorität des Projekts und u. U. auch des Themas QS schien daher im Vergleich zur Betreuungsarbeit (verständlicherweise) nachrangig zu sein. Zudem muss die zeitliche Belastung berücksichtigt werden: Die Lektüre der Tools war teils sehr umfangreich. Letztlich geben vor allem auch die Rückmeldungen einen Hinweis darauf, dass ein grundlegendes (wenn auch sehr unterschiedliches) Interesse an QS besteht (lediglich ein Sportpsychologe ist aus Zeitmangel abgesprungen).

**Nutzungshäufigkeit der Tools im Verlauf der Evaluation.** Die Anwendungshäufigkeit ist insgesamt gesehen und gemessen an den gegebenen Möglichkeiten als gering bis mittel einzuschätzen (auch angesichts des Anwendungszeitraums und der Häufigkeit an Betreuungen). Aus den telefonisch regelmäßig eingeholten Rückmeldungen der beteiligten Sportpsychologen und -psychologinnen zum Einsatz der Tools lässt sich schließen, dass sich alle Teilnehmenden mit den Tools auseinandergesetzt haben. Jedoch haben nur ca. ein Drittel der Sportpsychologen bzw. -psychologinnen alle oder wenigstens einige der Tools in ihrer Betreuungspraxis eingesetzt.

**Erklärung der Ergebnislage.** In der Gruppe liegen sehr unterschiedliche Gründe für fehlende Nutzung und Akzeptanz vor. Viele Sportpsychologen und -psychologinnen in der Praxis haben eigene Dokumentationssysteme, einige wenige arbeiten sogar mit psychologischer Software. Bestimmte Vorlagen im Rahmen des Projekts werden auch als unnötig beschrieben (Terminraster). Manche anderen Tools werden als problematisch angesehen, weil die Akzeptanz der Athletinnen und Athleten (aber auch Sportpsychologen und -psychologinnen) nicht vorliegt (Beziehungsfragen). In fast allen Fällen wurde darauf hingewiesen, dass die Tools insbesondere aber für Berufseinsteiger sehr hilfreich sein können.

**Welche Perspektiven zeigen sich?** Entwicklungsperspektiven liegen einerseits in der Weiterentwicklung von Tools als auch in der Organisation von QS insgesamt. Zum ersten Aspekt gehören bspw. die Fortschreibung des Leitfadens (z. B. gewünschte Ausweitung des Kapitels Finanzierung). Auch die Entwicklung von Tools, die spezifische Veränderungen im Verhalten, Denken oder Fühlen erfassen, ist gewünscht. Schließlich sollten alle Fragebögen auch offene Kommentare der Sportlerinnen und Sportler ermöglichen, um Erfahrungen aus der Betreuung in deren Sprache zu erfassen. In Hinsicht auf Organisation ist gewünscht, QS-Veranstaltungen zu etablieren, die Möglichkeiten und Grenzen sportpsychologischer Arbeit aufzeigen sowie Sportpsychologen und -psychologinnen zu ermöglichen, ihr Rollenverständnis und ihre Arbeitsphilosophie weiter zu entwickeln. Darüber hinaus wurde der Bedarf an regional organisierten, aus praktisch tätigen Sportpsychologen und -psychologinnen bestehenden Intervisionsgruppen angezeigt.

## 5 Fazit und Ausblick

QS bedeutet die Bereitschaft der vertieften Auseinandersetzung mit sich selbst, der eigenen Arbeit und den gegebenen Hilfsmitteln. Das Anwendungsprojekt hat gezeigt, dass sowohl die Ressourcen, insbesondere aber auch die persönliche Bereitschaft hierfür bei den angewandten Sportpsychologen und -psychologinnen nur bedingt und eher selten gegeben sind. Es ist daher der richtige Weg, QS dort einzubringen, wo diese Reflexions- und Lernbereitschaft noch hoch ausgebildet ist, nämlich in der Ausbildung zum Sportpsychologen bzw. zur Sportpsychologin. An diesen Stellen könnten auch Hintergrundmaterial und Tools praktikabel aufbereitet (QS-Ringordner) weitergegeben und mit den Ausbildungsinhalten verknüpft werden.

Neben der Weiterentwicklung von QS scheint entscheidend zu sein, dass es eine „sich kümmernde“ Stelle gibt. Diese Funktion sollte universitär angebunden und in Abstimmung mit BISp und ASP koordiniert werden. Diese zentrale QS-Stelle bemüht sich um Belange der Qualitätssicherung in der angewandten Sportpsychologie. Hierzu gehören die Förderung (u. U. Installation) von Weiterbildungen, die Unterstützung in Hinsicht auf Material, Anfragen oder der Bildung von Intervisionsgruppen. Auch die laufende wissenschaftliche Fundierung von QS sollte hier ein Thema sein (QS state of the art).

## 6 Literatur

- Brand, R., Benthien, O., Decker, S., Grote, M., Heinz, K., Hust, D., & Wippich, S. (im Druck). *Leitfaden zur Qualitätssicherung in der sportpsychologischen Betreuung*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Kleinert, J. (i. Druck). *Toolbox Beziehungsarbeit: Zur Beziehungsqualität in der sportpsychologischen Betreuung*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Kleinert, J., & Ohlert, J. (2014). Ergebnisqualität in der sportpsychologischen Beratung und Betreuung: Konstruktion und erste Ergebnisse des Befragungsinventars QS17. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 21 (1), 13–22. doi:10.1026/1612-5010/a000110.
- Lobinger, B. (2012). *Praxismappe Sportpsychologische Betreuung*. Köln. Unveröffentlichtes Manuskript.
- Wippich, S., Anderten, M., & Kleinert, J. (2012). *Kollegiale Beratung in der Sportpsychologischen Betreuung: Eine Strukturmaßnahme zur Qualitätssicherung*. Köln. Unveröffentlichtes Manuskript.



# Leistungsoptimierung im Wasserspringen – Mentales Training im Nachwuchsbereich (A- bis C-Jugend) – Bewegungsvorstellung und Emotionsregulation

(AZ 071618/12-13)

Oliver Stoll (Projektleiter) & Ina Blazek

Universität Halle Wittenberg, Institut für Medien, Kommunikation und Sport, Department Sportwissenschaft, Arbeitsbereich Sportpsychologie und Sportpädagogik

## 1 Problem

Emotionsregulation gilt weiterhin als zentraler Aspekt in der sportpsychologischen Betreuung der Nachwuchs-Kadersportlerinnen und -sportler im Deutschen Schwimmverband, Fachsparte Wasserspringen. Um neben psychoregulativen Verfahren ebenfalls das Bewegungsvorstellungstraining zur unmittelbaren Wettkampfvorbereitung zu nutzen, wurden die mentalen Trainingsinhalte während des Projektzeitraumes durch die sportpsychologische Beraterin Ina Blazek begleitet.

## 2 Methode

Schwerpunkte der sportpsychologischen Betreuung waren die Implementierung des Bewegungsvorstellungstrainings in den Trainingsalltag der Athletinnen und Athleten (Umsetzung nach dem PET-TLEP-Ansatz). Vor allem die Erlernung neuer Sprünge mit hohem Schwierigkeitsgrad konnte durch die Bewegungsvorstellung intensiv begleitet werden. Hierfür wurden auch die jeweiligen Stützpunkttrainer sensibilisiert und zur Mitarbeit aufgefordert. Der zweite Schwerpunkt in der Betreuungsarbeit lag in der Emotionsregulation der jungen Kadersportlerinnen und -sportler. Zu Beginn des Wettkampfjahres wurde im Vorbereitungslehrgang neben dem EBF auch der Selbsttest zur Konzentration (Engbert, 2011) und der modifizierte PLT (Blazek & Stoll, 2011) eingesetzt, um gezielte Aussagen zur mentalen Vorbereitung (*Selbstvertrauen, Negative Selbstgespräche, Aufmerksamkeitssteuerung, Visualisierung und Vorstellungskraft, Leistungsmotivation, positive Einstellung*) für die Sportlerinnen und Sportler und auch deren Trainerinnen und Trainer treffen zu können. Die Notwendigkeit verschiedener Einzelgespräche ergab sich aus der Auswertung der Fragebögen (Abb. 1 und 2) und den dazugehörigen Gesprächen mit den Sportlerinnen und Sportlern und dem Trainerteam.

Beim Novemberlehrgang 2013 wurde die Diagnostik wiederholt und die Ergebnisse mit dem aus dem Vorjahr verglichen werden (Abb. 3 und 4).

In Vorbereitung auf die Jugendeuropameisterschaften in Poznan erstellte Frau Blazek „Handlungsempfehlungen“ für die tätigen Trainerinnen und Trainer zur Selbstreflexion und -reflektion unter Kollegen und Kolleginnen.

› Soziale Unterstützung

Die soziale Unterstützung der Trainerin bzw. des Trainers ist für Sportlerinnen und Sportler im Kinder- und Jugendbereich wichtig und trägt zur Leistungssteigerung bei. Aus den Gesprächen mit den Athletinnen und Athleten im Nachwuchsbereich-Wasserspringen können folgende Handlungsempfehlungen gegeben werden: Reguliertes Trainerverhalten im Wettkampfgeschehen: Ansagen der Schwerpunkte vor dem Sprung und Korrektur bzw. Lob nach dem Sprung, Wichtig: immer und unabhängig von guter oder schlechter Leistung.

› Motivation

Zur Aufrechterhaltung bzw. Unterstützung der Motivation der Athletinnen und Athleten sind Gespräche über Zielsetzungen, die realistisch und überprüfbar sind, zu empfehlen und ggf. müssen diese im Saisonverlauf auch revidiert und angepasst werden. Ebenfalls ist der Umgang mit Erfolg und auch Misserfolg wichtig. Die Athletinnen und Athleten äußern oft den Wunsch nach Auswertungen. Diese sollten ebenfalls fachlich konstruktiv und nie persönlich sein. (Stichworte: Respekt und Wertschätzung)

### 3 Ergebnisse

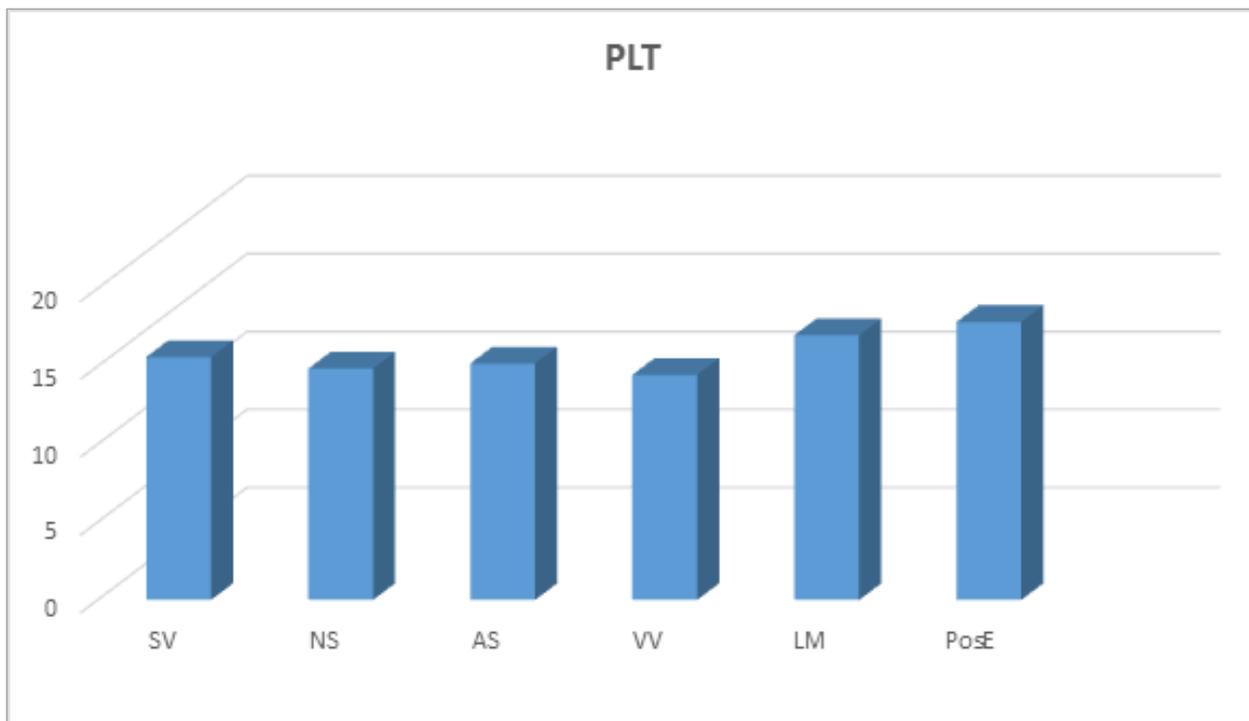


Abb. 1: PLT (Stoll & Blazek) Ergebnisse November 2012, N = 26

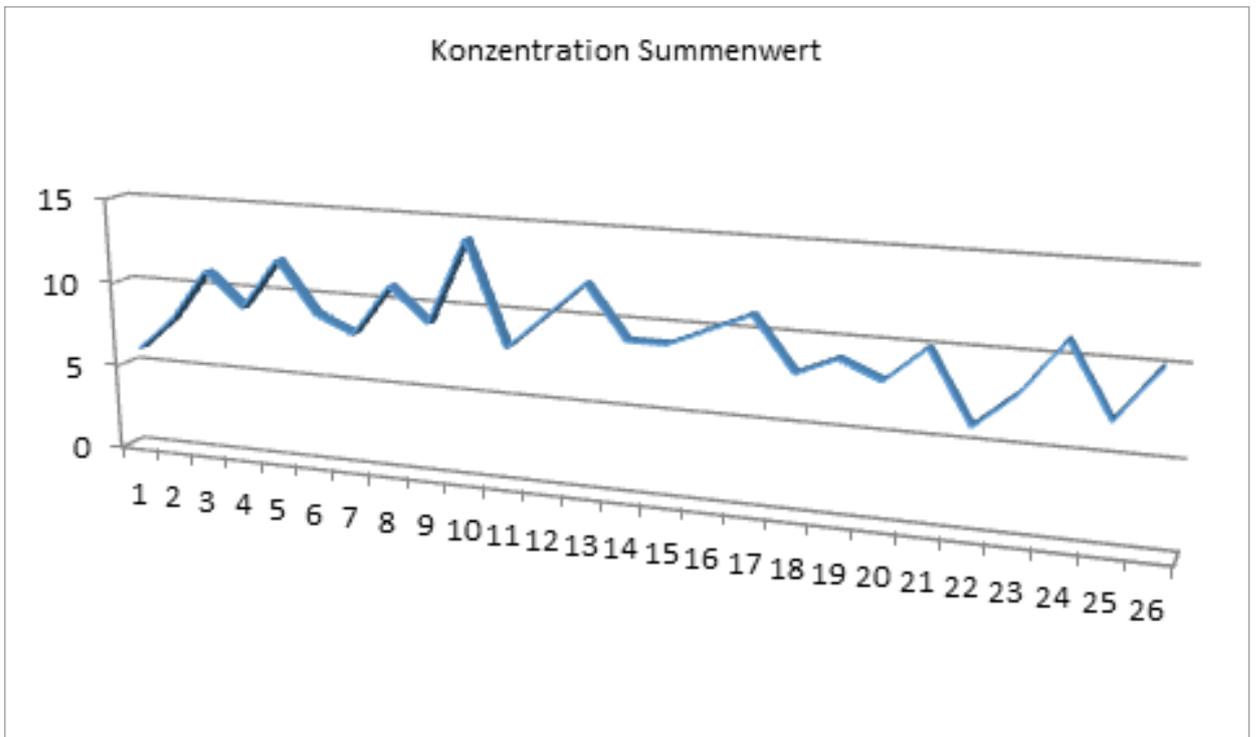


Abb. 2: Ergebnisse Selbsttest zur Konzentration (Engbert, 2011) November 2012, N = 26

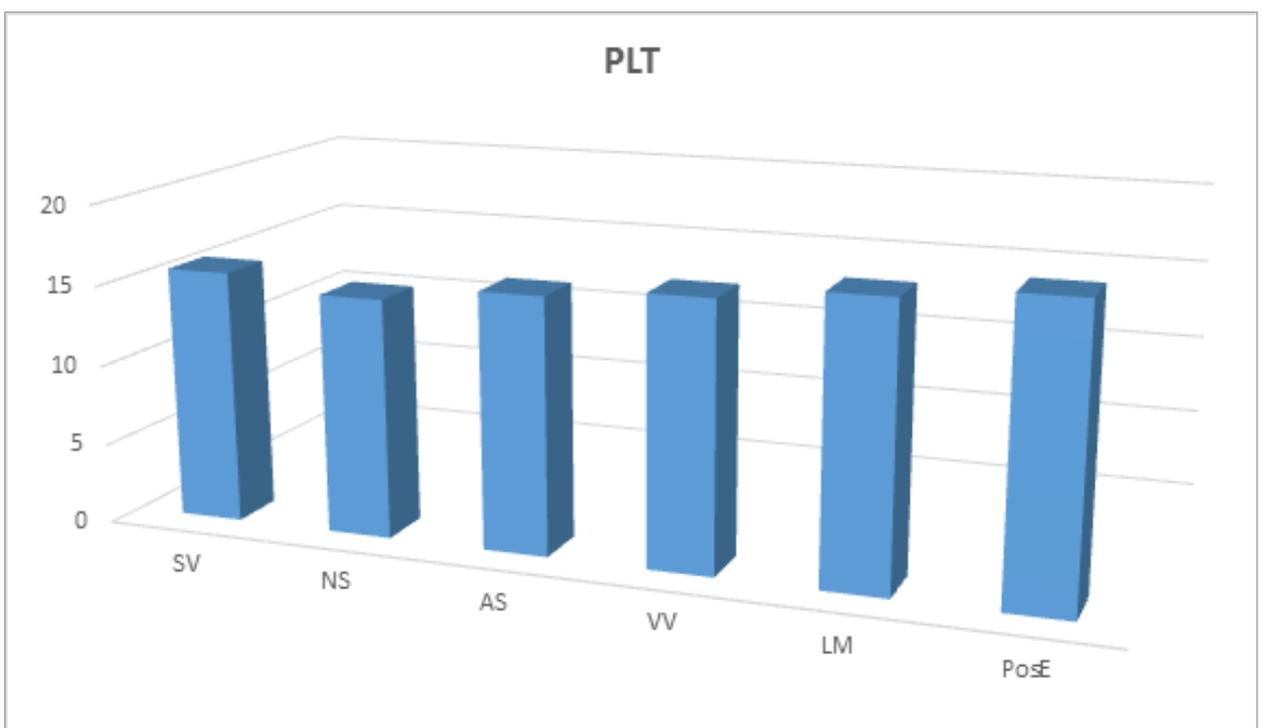


Abb.3: PLT(Stoll&Blazek, 2010) Ergebnisse November 2013, N = 24

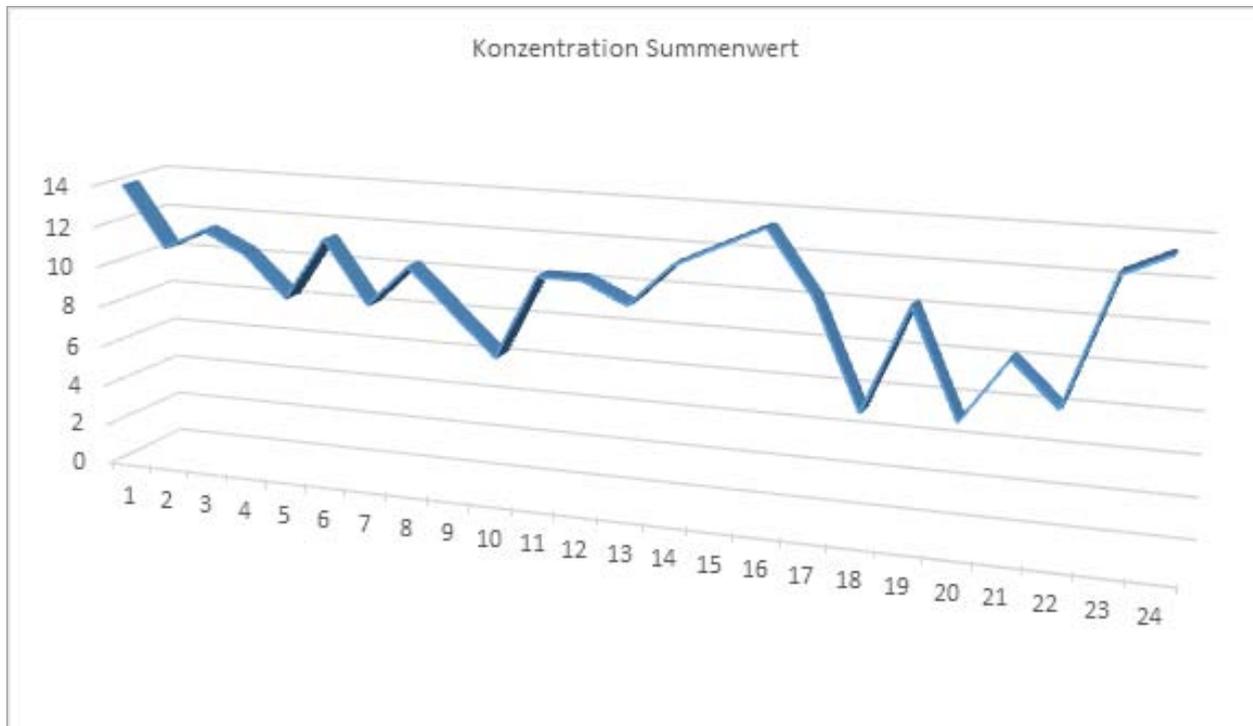


Abb.4: Ergebnisse Selbsttest zur Konzentration (Engbert, 2011) November 2013, N = 24

## 4 Diskussion

Beim Bewegungsvorstellungstraining wird sich auch weiterhin wie beschrieben am PETTLEP-Ansatz von Holmes & Collins (2001) orientiert. Die Ergebnisse des Sinneskanaltests (Engbert, 2011) dienen als gute Grundlage, um die verschiedenen Perspektiven beim Vorstellungstraining zu verdeutlichen – dies war vordergründig bei den Sportlerinnen und Sportlern, die im 1. Jahr der B-Jugend gesprungen sind, notwendig. Jedoch kann dieser Sinneskanaltest nur als „Einstiegshilfe“ zum Bewegungsvorstellungstraining betrachtet werden, da er keinerlei sportartspezifischen Bezug aufweist.

Zur Emotionsregulation der Sportlerinnen und Sportler ist festzuhalten, dass die Erlernung verschiedener Psychoregulationsverfahren erfolgte, um mit *Drucksituationen*, *Motivationsschwächen* und *Ängsten* vor Sprüngen leistungsoptimierend umgehen zu können. Gezielte Maßnahmen waren: Zielsetzungstraining, Attributionstraining, aufgabenorientiertes Arbeiten, eigene Stärken erkennen und symbolisieren (Kraftbilder, Reise zu meinen Stärken), verschiedene Übungen zur Konzentrationssteigerung (enger/weiter Fokus, „Scheinwerfer“ einstellen, nach hoher Ausbelastung: feinmotorische Aufgaben lösen).

Diese psychologischen Maßnahmen können aber langfristig nur mögliche Effekte zeigen, wenn die Wechselwirkung von Sportler- und Trainerverhalten konsequent beachtet wird. Daher erfolgte im unmittelbaren Wettkampfvorbereitungslehrgang zur JEM 2013 eine Sitzung mit allen anwesenden Trainerinnen und Trainern mit folgendem Thema: **ERFOLG organisieren** – *Interaktion zwischen Trainer und Sportler – miteinander trainieren, miteinander reden.*

## 5 Literatur

- Blazek, I. & Stoll, O. (2011). „Mentale Stärke“ im Wasserspringen. Diagnostik und Interventionsableitungen, *Leistungssport*, 41 (6), 22-25.
- Frester, R. & Wörz, Th. (1997). *Mentale Wettkampfvorbereitung. Ein Handbuch für Trainer, Übungsleiter, Sportlehrer und Sportler*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Digel, H., Thiel, A., Schreiner, R. & Waigel, S. (2010). *Berufsfeld Trainer im Spitzensport*. Schorndorf: Hofmann-Verlag.
- Engbert, K. (2011). *Mentales Training im Leistungssport. Ein Übungsbuch für den Schüler- und Jugendbereich*. Stuttgart: Neuer Sportverlag.
- Holmes, P.S., & Collins, D.J. (2001). The PETTLEP Approach to Motor Imagery: A Functional Equivalence Model for Sport Psychologists. *Journal of applied sport psychology*, 13 (1), 60-83.
- Pithan, J.M. & Stoll, O. (2013). Technische Lösung zur Erweiterung des videogestützten Techniktrainings im Wasserspringen um die interne Perspektive. *Leistungssport*, 42 (5), 20-24.



# Sportpsychologische Eingangsdiagnostik und Betreuung der Nationalmannschaft Behindertensport – Schwimmen

(AZ 071604/13)

Anke Delow, Birte Steven & Ralf Brand (Projektleiter)

Universität Potsdam, Professur für Sportpsychologie

## 1 Hintergrund

Mit den Paralympics in London hatte die bisherige sportpsychologische Arbeit mit der Nationalmannschaft Schwimmen im DBS einen Höhepunkt, bei dem unsere Athletinnen und Athleten zwei Gold-, sieben Silber- und drei Bronzemedailles gewinnen konnten. Es standen ein Verbandskonzept Sportpsychologie und vierjährige gemeinsame Erfahrungen auf der Haben-Seite.

Nach dem Spiel ist vor dem Spiel – die sportpsychologische Betreuung der Nationalmannschaft Behindertensport-Schwimmen richtete sich 2013 auf die Paralympischen Spiele in Rio 2016 aus.

Die Bundestrainerin und das Trainer-Team haben sich gemeinsam mit den sportpsychologischen Betreuerinnen entschieden, die Zusammenarbeit fortzuführen. Dafür gab es – wie oben beschrieben – ein gutes Fundament. Die Erfahrungen aus den vergangenen vier Jahren führten uns aber auch die Notwendigkeit vor Augen, das vorhandene Konzept zu überdenken und in Teilen zu schärfen – es gab also auch eine Soll-Seite. In der Konsequenz widmen wir der Arbeit mit den Trainerinnen und Trainern jetzt noch mehr Aufmerksamkeit und verschieben bestimmte Schwerpunkte der Betreuung ein Stück weit in Richtung Heimtraining.

Auch die Saison nach London erbrachte schon wieder neue Erkenntnisse und Schlussfolgerungen. Wir befinden uns weiter in einem Prozess, Sportpsychologie im Verbands-Setting auszuloten und auf wechselnde Umstände und Herausforderungen hin zuzuschneiden.

Seit Mitte 2013 konnten wir mit Hilfe eines Betreuungsprojektes des BISp unsere Tätigkeit auch auf die Nachwuchsnationalmannschaft Schwimmen des DBS ausdehnen. Diese Konstellation bringt viele Synergien mit sich und ist deshalb äußerst sinnvoll und gewinnbringend.

## 2 Zielgruppe

Es wurden im Jahr 2013 9 A-Kader und 9 B-Kader betreut.

## 3 Methoden

Verlässliche Grundlage der Arbeit ist und bleibt das Modell des systematischen Aufbaus der sportpsychologischen Betreuung mit seinen drei Ebenen Grundlagentraining, Fertigkeitstraining und Krisenintervention. Dabei stützten wir uns weiter auf die Eingangsdiagnostik, um die Sportler-Trainer-Interaktion zu steuern und zielgenau Interventionen einsetzen zu können (Kellmann & Beckmann, 2003).

Die Arbeit mit den Trainerinnen und Trainern hat sich weiter profiliert, Coach-the-Coach hat einen höheren Stellenwert bekommen. In regelmäßigen Abständen finden Konsultationen in den Stützpunkten statt, so dass die Betreuungssituationen auch im Heimtraining fortlaufend reflektiert und unterstützt werden können.

Neue Methoden und Techniken im Betreuungsprozess der Athletinnen und Athleten kommen zum Einsatz, die auf große Vertrautheit und Akzeptanz angewiesen sind. Auch hier haben sich größere Anteile der Betreuung ins Heimtraining verlagert, so dass bei Bedarf substanzielle Entwicklungsprozesse etabliert werden können.

Seit kurzem steht für alle Athletinnen und Athleten ein Handbuch zur Begleitung und Unterstützung der persönlichen Betreuungsanteile zur Verfügung und wird weiter entwickelt.

Im gesamten Betreuer-Team hat sich ein Verständnis sportpsychologischer Belange etabliert, welches sich positiv auf die Steuerung der Team-Dynamik im Wettkampf und Wettkampfumfeld auswirkt und auf noch bessere multiplikatorische Wirkungen der Betreuung hoffen lässt.

Hinzu kamen Moderations- und Mediationsmaßnahmen, die die Arbeitsfähigkeit der Trainingsgruppe(n), des Trainer- und Betreuer-Teams und der gesamten Mannschaft stärkten und sich speziell auf den Jahreshöhepunkt, die Weltmeisterschaft in Montréal, richteten.

## 4 Verlauf und Ergebnisse

Die individuelle Betreuung am jeweiligen Stützpunkt und auf den Lehrgängen, die Beratung der Trainerinnen und Trainer, die Teamentwicklung in der Nationalmannschaft, die themenbezogene Vermittlung von Fertigkeiten während der Lehrgänge sowie die Wettkampfbeobachtung und -betreuung waren, wie bereits dargestellt, Schwerpunkte des Projektes.

Die sportpsychologische Betreuung fand dabei zum Teil während der zentralen Lehrgänge und Trainingslager sowie auf internationalen Wettkämpfen statt, zum Teil aber auch an den Paralympischen Trainingsstützpunkten für die Sportart Schwimmen (Berlin, Leipzig, Leverkusen). Diese Stützpunktarbeit bezieht sich sowohl auf Kleingruppen-Setting als auch auf die individuelle Betreuung einzelner Schwimmerinnen und Schwimmer sowie auf Coach-the-Coach-Maßnahmen für die Stützpunkttrainerinnen und -trainer, welche dieses regelmäßiges Angebot gern annehmen.

Es ist ein „Handbuch“ Sportpsychologie entstanden, welches für jede Sportlerin bzw. jeden Sportler Grundlagenwissen und entsprechende Übungen enthält. Nunmehr werden wir daran gehen, die Modulthemen jeweils individuell auszuarbeiten. Dies kann mit den Projekt- oder mit den Heimpsychologinnen bzw. -psychologen geschehen. Die Heimtrainerinnen bzw. -trainer können und sollen die Inhalte auf die Trainingsarbeit anwenden. Jährlich erfolgt ein Auswertungsgespräch mit der Bundestrainerin.

Ein Teil der Schwimmerinnen und Schwimmer arbeitet sportpsychologisch auch mit Kolleginnen oder Kollegen zusammen. Dies ist Teil des Konzepts, denn es zeugt von der Autonomie der AthletInnen und wird von uns gefördert. Die Kooperation und Koordination der sportpsychologischen Angebote von Verbandsseite gehört daher zum Projektumfang (Beckmann-Waldenmayer, 2012).

Die unmittelbare Wettkampfvorbereitung für die Weltmeisterschaft in Montréal fand diesmal wegen der Zeitumstellung direkt am Wettkampfort statt.

In bewährter Manier sind auch diesmal Maßnahmen zur Teamentwicklung durchgeführt worden, in die der Betreuerstab eingebunden war, um für alle eine optimale Arbeitsfähigkeit zu erreichen.

Die Leistungen der Schwimmerinnen und Schwimmer boten viel Anlass zu Freude. Von 11 Athletinnen bzw. Athleten kehrten 10 mit mindestens einer Medaille nach Hause zurück. Insgesamt konnten 5 Gold-, 6 Silber- und 6 Bronzemedailles gewonnen werden.

Der Beitrag der Sportpsychologie wurde sowohl vom Stab der Betreuerinnen und Betreuer als auch von den Sportlerinnen und Sportlern gewürdigt. Mit beiden Gruppen gab es Auswertungsveranstaltungen, um Rückmeldungen zu ermöglichen und einen Konsens über das weitere Vorgehen zu erzielen.



*Abb. 1 Das Team-Motto – für London 2012 entwickelt – war auch in Montréal dabei.*

Zusammenfassend noch einmal die sportpsychologischen Betreuungsinhalte:

- › Selbstgesprächsregulation (Eberspächer, 1990)
- › Psychoregulation (Kellmann & Beckmann, 1993)
- › Kommunikationsoptimierung (Schulz von Thun, 1981)
- › Konflikt- und Krisenmanagement (Kleinert, 2003)
- › Teambuilding (Linz, 2004)
- › Coach the Coach
- › Wettkampfbetreuung

## 5 Fazit und Ausblick

Eindrucksvoll hat sich unsere Ausrichtung auf die Trainerinnen bzw. Trainer und das gesamte Betreuungsteam als Zielgruppe unserer Arbeit bestätigt. Neben der direkten Beratung der Schwimmerinnen und Schwimmer finden sich vielerlei Querverbindungen, die in der Kooperation zur Zielerreichung beitragen. So arbeiten z. B. Trainerinnen und Trainer, Athletinnen und Athleten sowie Sportpsychologinnen und -psychologen gemeinsam an der Trainings- und Wettkampfgestaltung, Physiotherapeutinnen und -therapeuten und Sportpsychologinnen bzw. -psychologen an Heilungsprozessen. Auch das Gesamtteam für ein sportliches Großereignis ist in diesem Sinne Klient und profitiert von arbeits- teilig erbrachter Expertise. Insgesamt gesehen ist eine übergreifende Professionalisierung zu beobachten, welche allerdings weiter sorgsam und wohlwollend behandelt werden will, soll sie Aussicht auf Dauerhaftigkeit haben.

Die Entwicklung der Sportpsychologie im bundesdeutschen Sport zielt u.a. auf eine Profilierung der entsprechenden Arbeit in Verbandssettings. Hier können wir die Diskussion mit unseren Erfahrungen bereichern und haben dies auch im Jahr 2013, z. B. auf einer Zusammenkunft unter Schirmherrschaft des DOSB in Frankfurt, getan.

Das gesamte paralympische Schwimm-Team legt Wert auf eine Fortführung der sportpsychologischen Unterstützung. Diese Übereinkunft bietet beste Voraussetzungen, inhaltlich voranzukommen und sportpsychologische Leistungsvoraussetzungen weiter zielgerichtet und umfassend auszubauen.

## 6 Literatur

- Beckmann-Waldenmayer, D. (2012). Ein systemisches Betreuungsmodell für den Nachwuchsleistungssport. In D. Beckmann-Waldenmayer & J. Beckmann, *Handbuch sportpsychologischer Praxis – Mentales Training in den olympischen Sportarten* (S. 70-81). Balingen: Spitta.
- Eberspächer, H. (1990). *Mentales Training. Ein Handbuch für Trainer und Sportler* (5. Auflage). München: Copress 2001.
- Kellmann, M. & Beckmann, J. (1993). Sport und Entspannungsverfahren. In D. Vaitl & F. Petermann, (Hrsg.), *Entspannungsverfahren. Das Praxishandbuch* (S. 320-331). Weinheim; Basel: Beltz 2004.
- Kellmann, M. & Beckmann, J. (2003). Research and intervention in sport psychology: New perspectives on an inherent conflict. *International journal of sport and exercise psychology*, 1, 13-26.
- Kleinert, J. (2003). Erfolgreich aus der sportlichen Krise. Mentales Bewältigen von Formtiefs, Erfolgsdruck, Teamkonflikten und Verletzungen. In *BLV Sportwissen* (S. 175). München; Wien; Zürich: BLV Verlagsgesellschaft mbH.
- Linz, L. (2004). *Erfolgreiches Teamcoaching. Ein sportpsychologisches Handbuch für Trainer* (Auflage). Aachen: Meyer & Meyer.
- Schulz von Thun, F. (1981). *Miteinander reden 1. Störungen und Klärungen. Allgemeine Psychologie der Kommunikation* (Auflage Vol. 1). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt 1998.

# NextTrain 2013 (Deutscher-Hockey-Bund)

(AZ 071606/13)

Wolfgang Klöckner (Projektleiter)

Universität Konstanz, Fachbereich Sportwissenschaft

## 1 Problem

Dieses Projekt bewegt sich in dem Spannungsfeld, einen Ausschnitt zukunftsrelevanter Themen und Fragestellungen des Sportverbandes DHB zu identifizieren und mit Hilfe eigenständig definierter Ziele selbststeuernd Einfluss auf deren Umsetzung zu nehmen (Thiel, 1997). Das dafür zusammengestellte Projektteam aus Bundestrainern und politischen Entscheidern bietet eine Option, neben strategischen Zielen auch Reflexionen ihrer operativen Umsetzungen in den relevanten Feldern des DHB-Leistungssports anzugehen.

Spannungsverstärkend scheint auch, dass die den organisierten Sport umgebenden gesellschaftlichen Veränderungsdynamiken einerseits einen Überschuss an Möglichkeiten im Sinne von Zukunft verfügbar machen, zugleich zu fragen ist, wie sich seine Organisationen – hier der Sportverband DHB – in der Anpassung ihrer inneren Komplexität diesen Optionen gegenüber öffnen können.

Im Rahmen eines systemischen Organisationsverständnisses (Wimmer, Meissner & Wolf, 2009) wird angestrebt, den Beteiligten projektimmanent die Komplexität ineinandergreifender und rückbezüglicher Prozesse unterschiedlicher Systeme in ihrer Organisation (und relevanter Umwelten) als Beobachtungs- und Verstehenshintergrund anzubieten und sie für daraus resultierende Kontingenzen sensibel zu machen. In ihren bisherigen Beobachtungen und subjektivem Verständnis spiegeln sich diese Kontingenzen als emotional kritisch unterlegte Erfahrungen in Form von Unglaubwürdigkeit, basierend auf dem Unverständnis vieler politischer Entscheidungen von Verbandsgremien (Präsidium und Vorstand) und entziehen diesen die für eine tragfähige Zusammenarbeit notwendige Beziehungsressource Vertrauen.

Als zentrale, zukunftssichernde Zielstellung wird seitens der Projektmitglieder formuliert: „Die Organisation im Leistungssport des DHB so zu optimieren, dass über beide A-Teams die Existenzgrundlage des DHB, nämlich der Gewinn von Medaillen bei Olympischen Spielen und damit die Zugehörigkeit zur Weltspitze, mit erhöhter Wahrscheinlichkeit abgesichert werden kann“.

Hier wird davon ausgegangen, dass der Leistungssport das „existenzsichernde“ System im DHB darstellt und die beiden Spitzenteams die für relevante „Umwelten“ des organisierten Sports (DOSB) und auch Sponsoren höchste Aufmerksamkeit bündeln.

## 2 Methode

Der Betreuungscharakter des Projektes findet sich in einem Beratungsansatz der Projektleitung wieder, die organisations- und personalentwickelnden Prozesse in einen rückbezüglichen Rahmen zu stellen. Veränderungen auf der organisationalen Ebene, wie die vollzogene Stabilisierung der Richtlinienkompetenz innerhalb der jeweiligen Linie (A/U21/ U18/ U16) stellen sowohl für die Trainergruppe, als auch ihre Staffs auf der Personenebene anspruchsvolle Forderungen an ihre Führungskompetenzen. Andererseits fordern individuelle Ausprägungen und Einflüsse einzelner Führungsfiguren ebenso flexible Anpassungen innerhalb der Organisation.

Im Sinne einer systemischen Organisationsberatung werden dem Steuerungsteam seitens der Projektleitung regelmäßig Beobachtungen zur Verfügung gestellt, die ihre vorhandenen Eigenlogiken und Prozessgestaltungen ausreichend „stören“, zugleich Angebote zur Erweiterung ihrer Handlungsoptionen gemacht und im Sinne eines Prozess-Coachings kontinuierlich begleitet.

Als zeitlich-organisatorisches Grundgerüst dienten vier über das gesamte Jahr 2013 verteilte Workshops, zu denen das Steuerungsteam jeweils anderthalb Tage zusammenkam (Februar/Köln, April/Hannover, August/Berlin, Oktober/Lengerich).

Projektmanagement basiert auf der Bearbeitung zeitlich begrenzter Themen und benötigt die Bereitschaft, neben den täglichen Anforderungen der eigenen beruflichen Funktion zusätzliche Aufgabstellungen zu übernehmen. Relevante Aufgaben wurden während der vier Workshops identifiziert, in den zeitlichen Zwischenräumen bearbeitet und ihre Ergebnisse im jeweiligen Folgeworkshop für anschlussfähige Entscheidungen vorgestellt.

Um die längeren zeitlichen Abstände zwischen den Workshops für notwendige koordinative Abstimmungen bei den Arbeitsaufträgen sinnvoll zu überbrücken, fanden alle drei Wochen vorbereitete Telefonkonferenzen mit allen Projektmitgliedern statt, deren Ergebnisse vom Projektleiter protokolliert dem Steuerungsteam zur Verfügung gestellt wurden.

## 3 Ergebnisse

Der Übergang von einem Arbeits- zu einem Projektteam gelang schrittweise über die ersten zwei Workshops, indem die anfangs als „befremdlich“ empfundene Projektarbeit in Form kleiner Arbeitsaufträge angenommen wurde. Dazu musste die Erkenntnis wachsen, dass mit einer zukunftsfähigeren Gestaltung des Leistungssports im DHB natürlich auch die eigene Arbeit längerfristig Perspektivenzuwachs erhielt. Der ungewohnte Umgang im Steuerungsteam mit dieser Arbeitsform verweist als Nebeneffekt dieses Projekts darauf, dass Projektmanagement für Bundestrainerinnen und Bundestrainer in ihrem Werdegang eine wichtige Zusatzqualifikation darstellt.

### 3.1 Organisationsentwicklung

Als organisationsentwickelnde Maßnahmen im Leistungssport des DHB initiierte das Steuerungsteam folgende Prozesse und etablierte sie in der Organisation:

- › Differenzierte Aufgabenbeschreibungen der beiden Vorstandsmitglieder Sportdirektor und Bundestrainer Wissenschaft und ihre stetige Umsetzung in die konkrete Arbeit im Leistungssport (klare Rollen und Verantwortungen).
- › Stärkung der Personal- und Finanzkompetenzen des geschäftsführenden Vorstands. Sowohl Personalentscheidungen, als auch finanzielle Entscheidungsspielräume wurden zeitlich und verantwortlich „gestrafft“ und das Präsidium nur für relevante Fragestellungen als letzte Informations- und Entscheidungsinstanz gesetzt.
- › Ein Symposium mit den Leistungsverantwortlichen der Landesverbände längerfristig vorbereitet (Befragung) und durchgeführt, bei dem das Verständnis von Hochleistung im DHB auch mit den Nachwuchsbereichen diskutiert und in organisatorische Maßnahmen umgesetzt wurde.

- Im Rahmen einer gemeinsam zu entwickelnden zukunftsfähigen „Führungs-Kultur“ für den Leistungssport des DHB wurden:
  - acht Führungsmerkmale als Orientierungsrahmen zur Verfügung gestellt und in Feedbackrunden für jedes einzelne Merkmal die Selbst- und Fremdwahrnehmungen jedem Mitglied verfügbar gemacht (Instrument „Feedback-Circle“ oder „Hot Chair“). Ziel dieses noch laufenden Prozesses ist es, diese Rückmeldungen im Sinne einer offenen Feedback-Kultur regelmäßig zur eigenen Personalentwicklung im Leistungssport des DHB zu nutzen, damit auch eine Art „Standortbestimmung“ der einzelnen Verantwortlichen zu gewährleisten und zudem im Leistungssport durch die sehr persönlichen Rückmeldungen ein Klima wachsenden Vertrauens zu schaffen.
  - die Richtlinienkompetenz in den beiden Nationalmannschaftslinien (m/w) auf zwei Führungsebenen mit klaren Rollen und Verantwortlichkeiten versehen: der A-Trainer hat in seiner Linie die Gesamtverantwortung und führt direkt den U 21 BT-Trainer, der ihm gegenüber „reportet“. Dessen Verantwortungsbereich umfasst die beiden honorigeführten U-18 und U-16-Bereiche mit allen fachlich-inhaltlichen und Personalfragen (Zusammensetzung der Staffs, Spielernominierungen). Um die damit verbundenen Prozesse für beide Linien übergreifend und stabil zu etablieren, wurden bei der Trainertagung in Oktober von beiden A-Trainern jeweils ein Workshop mit ihrer gesamten Linie vorbereitet und durchgeführt, bei dem sowohl das eigene Führungsverständnis, als auch alle relevanten Personalfragen thematisiert wurden.
- In der zweiten Hälfte des Jahres entwickelte sich im Steuerungsteam die Idee, den zukünftigen Bundestrainernachwuchs im DHB mit einer speziellen „DHB-Trainer“-Ausbildung auf kommende Aufgaben vorzubereiten. Grundsätzlich soll den Kandidaten eine über das Berufsfeld Trainer hinausgehende zukunftsorientierte Qualifikation angeboten werden. Es liegen bereits eine grobe inhaltliche Ausrichtung und ein vom Steuerungsteam ausgewählter Kandidatenpool vor, die als eine Voraussetzung den A-Trainer im DHB absolviert haben. Zudem ist angedacht, hieraus für 2014 ein eigenständiges Teilprojekt im DHB zu machen.
- Als weitere Arbeitsaufträge über 2013 hinaus wurden für den Leistungssport relevante strategische Fragen und ein gezielterer Zugang auf Sponsoren angegangen.

### 3.2 Personalentwicklung

Neben den bereits angesprochenen Feedbackrunden anhand der Führungsmerkmale, die für jedes Mitglied des Steuerungsteams eine sehr umfassende persönliche Standortbestimmung beinhalteten, wurden einzelnen Personen individuelle Coaching-Prozesse angeboten. Diese erfolgten zwischen den Workshops – z. T. „on the job“ bei Lehrgängen – und/oder in Form von Einzelcoachings.

Als gelebte und erfahrbare Ausprägung der neuen „Führungskultur“ konnte mit Hilfe beider „Instrumente“ eine anstehende wichtige Personalentscheidung sensibel und verantwortungsvoll während eines Workshops im Steuerungsteam entschieden und in einem abschließenden Personalgespräch seitens der Dienst- (Sportdirektor) und Fachaufsicht (BT-Wissenschaft) mitgeteilt und umgesetzt werden. Damit war für alle Beteiligten gewährleistet, dass der fachlich kompetenteste Personenkreis diesen Prozess verantwortete und in einem vertrauensvollen Rahmen durchführte.

### 3.3 Außenwirkungen

Neben der notwendigen Erkenntnis, dass bei der Selbststeuerung sozialer Systeme die Entwicklungsverläufe von Steuerungsprozessen auf Grund ihrer eigenen Komplexität nicht kontingent verlaufen, stellt die Einflussnahme weiterer Akteure und Umwelten im und außerhalb des DHB mit ihren Eigenlogiken schwer berechenbare Störgrößen dar.

Ein Ziel war es daher, das Projekt und seine organisationale Abbildung als Steuerungsteam innerhalb des DHB vorzustellen und sichtbar zu machen. Dazu gehörten informelle Treffen mit Vertretern des Präsidiums und Vorstands, Vorträge beim Bundestag des DHB und – anlässlich der U 21 WM der Frauen – bei einer internationalen Sportdirektorenkonferenz.

## 4 Abschließende Gedanken und Perspektiven

Sowohl aus der Beobachtungsdistanz des Projektleiters, wie aus der Binnensicht des Steuerungsteams verdichtete sich die Zusammenarbeit im Leistungssport des DHB zwischen Vorstand (zwei Mitglieder) und der operativen Ebene der Bundestrainer (alle vier hauptamtlichen) erkennbar. Sowohl der Informationsfluss, wie auch die zeitnahe Abstimmung wichtiger Fragestellungen (Etat-, Personal- und Wettkampfplanungen sowie der Austausch über Vorgaben (inter)nationaler Gremien im DHB und Welthockey) beschleunigten notwendige Entscheidungsprozesse. Es scheint ein Zugang zu dieser Form projektgeführter Steuerung im Leistungssport entstanden zu sein. Erleichtert hat dies sicher auch der glückliche Umstand, dass die Akteure, die Strategien und Ziele erstellen, überwiegend identisch sind mit denjenigen, die sie in ihren Verantwortungsbereichen umsetzen (Thiel, 1997).

Es wird seitens der DHB-Verantwortlichen angestrebt, das Projekt NextTrain 2013 in das kommende Jahr 2014 zu überführen. Ein zentrales Ziel muss dann sein, den Projektcharakter schrittweise aufzuheben und das Steuerungsteam als eine feste, institutionalisierte Größe in der DHB-Organisation des Leistungssports zu etablieren.

## 5 Literatur

Thiel, A. (1997). Steuerung im organisierten Sport. Ansätze und Perspektiven. Sozialwissenschaften des Sports 4. Stuttgart: Stephanie Naglschmid Verlag.

Wimmer, R., Meissner, J.O. & Wolf, P. (2009). Praktische Organisationswissenschaft. Lehrbuch für Studium und Beruf. Heidelberg: Carl-Auer-Verlag.

# Sportpsychologische Eingangsdiagnostik und Betreuung des U18 und U21 Nationalkaders des DJB 2013 sowie Entwurf einer sportpsychologischen Verbandskonzeption

(AZ 071608/13)

*Anke Delow, Heike Hölzel & Ralf Brand (Projektleiter)*

Universität Potsdam, Professur für Sportpsychologie

## 1 Hintergrund:

Die sportpsychologische Betreuung im Deutschen Judobund ist Normalität geworden. Alle Nachwuchskaderjahrgänge ab Geburtsjahr 1994 haben eine sportpsychologische Einführung durchlaufen. Sie sind, soweit sie an internationalen Höhepunkten teilgenommen haben, auch auf diesen Wettkampf psychologisch vorbereitet worden und haben dabei zum Teil vor Ort eine sportpsychologische Betreuung erfahren. In der Damennationalmannschaft war seit mehreren Jahren ein Sportpsychologe im Betreuer-Team tätig. Allen Nachwuchstrainern auf Bundesebene und sehr vielen auf Landesebene sind die verantwortlichen Sportpsychologinnen und -psychologen vertraut, sie greifen regelmäßig auf ihre Expertise zurück. Dieses Ziel der Betreuungsprojekte, welche durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft gefördert wurden, ist erreicht worden.

Dennoch ist dies nur ein Etappenziel. Die Etablierung der Sportpsychologie als fester Bestandteil der Entwicklungskonzeption im Verband braucht weitere Anstrengungen. Um die Selbstverständlichkeit der Sportpsychologie, die kontinuierlich gewachsen ist, dauerhaft zu stellen, ist es unabdingbar, eine sportpsychologische Verbandskonzeption zu erarbeiten und diese in der allgemeinen Entwicklungskonzeption des Deutschen Judobundes zu verankern. In diese Richtung wollten wir mit Hilfe unseres Betreuungsprojektes weitere Schritte gehen.

## 2 Zielgruppe

In 2013 wurden 49 Judoka der weiblichen U18-Nationalmannschaft und ca. 50 männliche U21-Judoka betreut. Die Zahl der betreuten Sportlerinnen und Sportler lag etwas höher als gewöhnlich, da eine Verschiebung der Jahrgangsstufen vorgenommen wurde. Die Kadetten starten nunmehr bis unter 18 Jahren (vorher unter 17), die Junioren bis unter 21 Jahren (vorher unter 20).

### 3 Methoden

Zur sportpsychologischen Eingangsdiagnostik wurden Verfahren in den Bereichen Leistungsmotivation, Volition und Wettkampfangst sowie zur Belastungssteuerung eingesetzt:

- AMS-Sport (Elbe, Wenhold et al. 2005), (Wenhold, Elbe et al. 2009)
- SOQ (Elbe 2004)
- HOSP (Beckmann and Wenhold 2009)
- VKS (Wenhold, Elbe et al. 2009)
- WAI-T (Brand, Ehrlenspiel et al. 2009)
- Performance Classification Questionnaire (Gardner & Moore, 2006) bei den U17-Mädchen
- Erholungs-Belastungs-Fragebogen (Kellmann and Kallus 2000) bei den U20-Jungen.

Die Fragebögen wurden ausgewertet und in Form von Stärken/Schwächen-Profilen mit den Athletinnen und Athleten in Einzelgesprächen individuell besprochen. Die Bundestrainer erhielten eine Profilübersicht der Athletinnen und Athleten (siehe Tab. 1), um Handlungsempfehlungen für das Training, den Umgang mit den Athletinnen und Athleten und das Coachen im Wettkampf ableiten zu können.

Tab. 1: Fragebogen-Profilübersicht als Grundlage für die Bundestrainer

Fragebögen Volition				Fragebögen Motivation				Fragebogen Wettkampfangst				
HOSP	HLOM	HLOP	HLOT	AMS-Sport	HE	FM	NH	GLM	WAI-T	SA	BE	KS
Wert	7	10	10	Wert	44	5	39	49	Wert	6	7	4
Fazit	normal	eher Macher	normal	Fazit	hoch	normal	hoch	normal	Fazit	optimal		
Notizen				Notizen	+		+		Notizen	+		
VKS	SO	SB	AM	FV	SOQ	WO	GO	ZO				
Wert	2,88	0,78	0,30	0,00	Wert	65	26	30				
Fazit	hoch	niedrig	normal	niedrig	Fazit	hoch	normal	normal				
Notizen	+	+		+	Notizen	+	+					

Die Eingangsdiagnostik dient in erster Linie der Vorbereitung der individuell zielgenauen Intervention, außerdem soll aber auch ihre Eignung zur Talentprognose langfristig geprüft werden. Hierzu werden die Daten der verschiedenen Kohorten des DJB-Nachwuchs weiter gesammelt, um sie mit der realen sportlichen Entwicklung vergleichen zu können.

Auch der Performance Classification Questionnaire (Gardner & Moore, 2006) wurde wieder eingesetzt, um Hinweise auf Leistungsbeeinträchtigungen zu erfassen und zur Testgüteprüfung beizutragen (Wenhold & Brand, 2010).

Auf Grundlage des Modells zur systematischen sportpsychologischen Betreuung wurden auf der Ebene des Grundlagentrainings regelmäßig Übungen zur Psychoregulation (Kellmann & Beckmann, 1993) durchgeführt, Strategien zur Regeneration und Aktivierung vermittelt sowie an der Team-Bildung gearbeitet (Linz, 2004). Auf der Ebene des Fertigkeitstrainings erfolgten Gruppen- und Einzelinterventionen zu Zielsetzungen, zu Konzentration bzw. Aufmerksamkeitsregulation, zu Selbstwirksamkeit und zum Umgang mit kritischen Wettkampfsituationen.

Außerdem wurden Wettkämpfe beobachtet (wie z. B. der European Cadets Cup in Berlin) und mit den Athletinnen und Athleten individuell besprochen und ausgewertet (Kratzer, 2000).



Abb. 1: Impression aus dem Psychoregulationstraining

## 4 Verlauf und Ergebnisse

Die Betreuung basiert auf dem strukturierten Modell einer sportpsychologischen Betreuung (Beckmann & Elbe, 2008). Sie erfolgte in pragmatischer Anlehnung an die Terminierung der jeweiligen Lehrgänge und Wettkämpfe für die Jungen und Mädchen.

Im weiblichen Bereich entstand ein erhöhter Aufwand für Organisation und Koordinierung, da die Stelle der weiblichen Bundestrainerin bis März 2014 unbesetzt war. Aus diesem Grund beauftragte der DJB ein Team von Trainerinnen und Trainer, die damit verbundenen Aufgaben zu übernehmen hatte. Es zeigte sich, dass die Kontinuität der sportpsychologischen Arbeit mit dem gesamten Trainerinnen und Trainerstab in den letzten Jahren von großem Wert war, denn nur so konnte auch unter diesen Umständen die Abstimmung der Maßnahmen und eine gute Betreuungsqualität gewährleistet werden.

Es standen in Vorbereitung der internationalen Höhepunkte auch Maßnahmen zur Teambildung auf der Tagesordnung. Sie enthielten Kooperations- und Vertrauens- und Motivationselemente und wurden mit Freude umgesetzt.

Um die geplante Verbandskonzeption auf den Weg zu bringen, fanden Treffen zwischen den beteiligten Sportpsychologinnen und -psychologen statt. Im Ergebnis liegt ein erster Entwurf der Konzeption vor.



Abb.2: Team-Flagge zu den Europäischen Jugendspielen bzw. zur Europameisterschaft der U18

Judoka aus den betreuten Gruppen erzielten auch in 2013 wieder sehr gute Ergebnisse bei den internationalen Jahreshöhepunkten. So gewannen die U18-Mädchen bei Europäischen Jugendspielen eine Gold- und eine Bronzemedaille, hinzu kamen zwei 5. Plätze. Bei der Europameisterschaft, vorwiegend mit Sportlerinnen und Sportler der jüngeren Jahrgänge besetzt, errangen sie eine Bronzemedaille und einen 5. Platz. Herausragend zeigt sich die Goldmedaille von Jennifer Schwille bei der U18-Weltmeisterschaft. Dort kamen noch zwei 5. und ein 7. Platz dazu.

Die Jungen aus dem U21-Bereich bestritten in 2013 Europa- und Weltmeisterschaften. Hier konnten bei der EM eine Silber- und zwei Bronzemedailles gewonnen werden, bei der WM gab es eine Bronzemedaille und einen 5. Platz.

## 5 Fazit und Ausblick

Die sportpsychologische Betreuung im Nachwuchsbereich des Deutschen Judobundes stellte einmal mehr einen verlässlichen Beitrag zur Leistungsentwicklung zur Verfügung.

Auch in Bezug auf den Entwurf einer Verbandskonzeption sind wir vorangekommen. Dabei geht es darum, die entsprechende Arbeit in den verschiedenen Teilgruppen aufeinander zu beziehen, gemeinsame Grundlagen zu formulieren und durchgängige Lernziele festzulegen (Beckmann-Waldenmayer, 2012). Ein konsistentes sportpsychologisches Entwicklungskonzept wird die Grundlage für die Verankerung der Sportpsychologie in den allgemeinen Entwicklungsplänen des Verbandes sein. Dabei wird es jetzt das Ziel sein müssen, die Verbandsakteure einzubeziehen, ihre Expertise zu nutzen und ihre Interessen und Ideen im Konzept zu berücksichtigen. Erst wenn dies gelungen ist, kann eine sportpsychologische Entwicklungskonzeption so ausformuliert und durchgesetzt werden, dass das Erreichte schlussendlich von den bisher beteiligten Personen unabhängiger und institutionell verankert werden kann.

## 6 Literatur

- Beckmann-Waldenmayer, D. (2012). Ein systemisches Betreuungsmodell für den Nachwuchsleistungssport. In D. Beckmann-Waldenmayer & J. Beckmann (Hrsg.), *Handbuch sportpsychologischer Praxis. Mentales Training in den olympischen Sportarten* (S. 70-81). Balingen: Spitta.
- Beckmann, J. & Wenhold, F. (2009). Handlungsorientierung im Sport (HOSP), Manual. Köln: Sportverlag Strauß.
- Brand, R., Ehrlenspiel, F., et al. (2009). *Wettkampf-Angst-Inventar (WAI). Manual zur komprehensiven Eingangsdiagnostik von Wettkampfängst, Wettkampfangstlichkeit und Angstbewältigungsmodus im Sport*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Brand, J. & Elbe, A.-M. (2008). *Praxis der Sportpsychologie im Wettkampf- und Leistungssport*. Balingen:Spitta.
- Elbe, A. M. (2004). Testgütekriterien des Deutschen Sport Orientation Questionnaire. *Spectrum der Sportwissenschaft*, 16, 96-107.
- Elbe, A. M., Wenhold, F., et al. (2005). Zur Reliabilität und Validität des AMS-Sport - ein Instrument zur Bestimmung der sportspezifischen Leistungsmotivs. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 12, 57-68.
- Gardner, F.L. & Moore, Z.E. (2006). *Clinical sport psychology*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kellmann, M. & Beckmann, J. (2004). Sport und Entspannungsverfahren. In D. Vaitl & F. Petermann (Hrsg.), *Entspannungsverfahren. Das Praxishandbuch* (S. 320-331). Weinheim: Beltz.
- Kellmann, M. & Kallus, K. (2000). *Der Erholungs-Belastungs-Fragebogen für Sportler*. Frankfurt am Main: Swets Test Services.
- Kellmann, M. & Beckmann, J. (1993) Sport und Entspannungsverfahren. In D. Vaitl & F. Petermann (Hrsg.), *Entspannungsverfahren. Das Praxishandbuch*, 3. Aufl. (S. 320-331). Weinheim: Beltz.
- Kratzer, H. (2000). Psychologische Inhalte der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung. *Leistungssport*, 3, 4-10.
- Linz, L. (2004). *Erfolgreiches Teamchoaching. Ein sportpsychologisches Handbuch für Trainer*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Wenhold, F. & Brand, R. (2010). *Performance Classification Questionnaire (PCQ): Ein Fragebogen zum Ausmaß psychischer Leistungsbeeinträchtigungen bei Wettkämpfen*. Poster auf der 42. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie in der Bundesrepublik Deutschland (asp). Salzburg, Österreich.
- Wenhold, F., Elbe, A. M., et al. (2009). *Fragebogen zum Leistungsmotiv im Sport (AMS-Sport), Manual*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Wenhold, F., Elbe, A. M., et al. (2009). Testgütekriterien des Fragebogens VKS zur Erfassung volitionaler Komponenten im Sport. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 16, 91-103.



# Wettbewerbsverzerrungen im Sport

(AZ 071801/12)

Eike Emrich (Projektleiter) & Christian Pierdzioch<sup>1</sup>

Universität des Saarlandes

## 1 Einleitende Bemerkungen

Sport ist ein durch besondere Vertrauenserwartungen beeinflusstes Produktbündel, dessen Nachfrage durch sportliche Höchstleistung, Offenheit und Integrität des Wettbewerbes beeinflusst wird. Für die Organisatoren des Sports und die Athletinnen und Athleten selbst bedeutet dies, dass sie die medial beeinflusste Nachfrage nach Sport nur dann aufrechterhalten oder steigern können, wenn weiterhin höchste Leistungen in offenen Wettbewerben erbracht werden und der Glaube des Konsumenten an die Integrität des Wettbewerbes gesichert ist. So kann man folgende Formen von Wettbewerbsverzerrung unterscheiden:

- ▶ *Manipulation mit dem Ziel des Sieges im Wettbewerb (sportendogenes, ideelles Motiv).* Hierbei werden beispielsweise Spielerinnen und Spieler der gegnerischen Mannschaft bestochen, um den Ausgang des sportlichen Wettstreits im eigenen Sinne zu beeinflussen.
- ▶ *Manipulation mit dem Ziel des monetären Gewinns aus Sportwetten (sportexogenes, finanzielles Motiv).* Hierbei wird durch Athletenbestechung der Ausgang des sportlichen Wettbewerbes oder sein Verlauf (man kann auch auf bestimmte Abfolgen von Ereignissen etc. wetten) manipuliert, um durch entsprechende Wetteinsätze begünstigt durch möglichst hohe Gewinnquoten einen hohen monetären Gewinn zu erzielen.
- ▶ Mischformen können in zweierlei Weisen auftreten, nämlich wenn
  - 1) in hochgradig kommerzialisierten Sportarten sportliche Siege gleichzeitig mit hohen monetären Erträgen verbunden sind, welche nicht in sportlichen Erfolg reinvestiert werden, sowie wenn
  - 2) im nicht hochgradig kommerzialisierten Sport Sportlerinnen und Sportler Bestechungsgelder annehmen, um ihre Teilnahme an Wettkämpfen weiterhin finanzieren zu können.

Jede dieser Formen abweichenden Verhaltens verletzt die Integrität des sportlichen Wettbewerbes. Ökonomisch bedeutsam ist dabei insbesondere, dass Sport durch Verbände organisiert und überwacht wird, das Ergebnis der organisierten Spiele aber internationalen Wettanbietern kostenfrei als Grundlage ihres Wettgeschäftes dient. Dadurch wird der Anreiz zur Sekundärverwertung und auch zur Manipulation erhöht. Die durch das Medium Internet möglich gewordene Globalisierung des Wettgeschäftes, in dessen Zuge z. B. asiatische Wettanbieter Wetten auf deutsche Fußballspiele etc. anbieten, ohne sich an den Kosten der Produktion des Sports zu beteiligen, verhindert, dass sich z. B. deutsche Fußballanbieter ihre Rechte an der sekundären Verwertung von Spielen sichern können und so am erzielten Gewinn beteiligt würden.

Dabei lohnt sich die Beteiligung an Sportwetten für die Wettenden wohl nur, wenn der Ausgang offen ist, für Manipulateure jedoch nur dann, wenn der Ausgang nicht offen ist, die überwiegende Mehrheit jedoch daran glaubt. Insofern dürfte der Glaube, das Spielergebnis sei offen, substantiell für das Wettgeschäft sein. Und auch in diesem Punkt können die Wettanbieter als Trittbrettfahrer auftreten, wenn

<sup>1</sup> Am Projekt arbeiteten mit: Monika Frenger, Freya Gassmann, Konstantin Herrmann, Adrian Kalb, Werner Pitsch, Carsten Momsen. In jeweils wechselnder Zusammensetzung waren alle mehr oder weniger an den Teilstudien beteiligt.

die jeweiligen Organisatoren des Sports die Kosten für Maßnahmen ergreifen, um das Vertrauen in sauberen Sport z. B. durch Marketingkampagnen zu stärken.

## 2 Problemstellung

Folgende Forschungsfragen wurden bearbeitet:

- › Welche wertrationalen Orientierungen wirken im Sinne der Logik der Situation im Sport und inwiefern erhöhen bzw. senken sie die Anfälligkeit gegenüber Bestechungs- bzw. Manipulationsversuchen? Wie differieren in diesem Zusammenhang Binnen- und Außenmoral und welche Wertungen werden in der medialen Berichterstattung über die Phänomene vorgenommen?
- › Wie verbreitet ist das Phänomen der Bestechung im Sport
  - 1) im Sinne der manipulativen Beeinflussung des Ausgangs des Wettbewerbes ohne Wettbetrug und 2) im Sinne der Manipulation des Ausgangs zum Zweck sowohl des organisierten als auch des sporadischen Wettbetruges?
- › Wie viele Sportlerinnen und Sportler unterschiedlicher Leistungsniveaus waren schon einmal Bestechungsversuchen ausgesetzt, wie viele haben tatsächlich der Bestechung nachgegeben bzw. das Wettkampf- oder Spielergebnis zu manipulieren versucht?

Angesichts der Vermutung, dass Bestechungsversuche nur bei einem kleinen Teil der Sportlerinnen und Sportler erfolgen und diese Versuche nur zu einem geringeren Prozentsatz erfolgreich sind, ist im Kontext von c weiterhin zu fragen:

Warum erliegen einige Sportlerinnen und Sportler der Bestechung, andere aber nicht? Ferner ist von Interesse, welche präventiven Maßnahmen gegen Bestechung sich eventuell ergreifen lassen.

## 3 Gegenstand, Stichprobe und Methode der Teiluntersuchungen

Die folgende Tabelle zeigt übersichtsartig Gegenstand, Stichprobe und eingesetzte Methoden der verschiedenen Teiluntersuchungen.

Tab. 1: Gegenstand, Stichprobe und Methode der Teiluntersuchungen

Gegenstand	Stichprobe	Methode	Auswertung
Einstellungen und Haltungen von Athletinnen/Athleten, Trainerinnen/Trainern und Funktionärinnen/Funktionären zu Wettbewerbsverzerrungen im Sport	32 (N = 27, 22 = m, 5 = w) teilweise noch aktive (N = 15, 12 = m, 3 = w), teilweise ehemalige Sportler (N = 5, 4 = m, 1 = w) sowie Trainer (N = 7, 6 = m, 1 = w) und aktive (N = 3, alle m) sowie ehemalige (N = 2, alle m) Funktionäre. Die Sportlerinnen und Sportler rekrutierten sich aus den Sportarten Badminton, Basketball, Fußball, Kegeln, Rhythmische Sportgymnastik, Ringen, Tennis, Tischtennis und Triathlon.	Qualitatives Leitfadenterview (Erhebungszeitraum: Juni 2012 bis Januar 2013) 2 Frageblöcke: a) bekannte Formen der Spielmanipulation und dabei involvierte Personen b) Bewertung von Wettkampfmanipulationen aus der Sicht von Sportlern vor dem Hintergrund der normativen Einflüsse der Institution Sport	Maxqda mittels qualitativ orientierter, kategoriengleiteter Textanalyse

Gegenstand	Stichprobe	Methode	Auswertung
Darstellung von Wettbewerbsverzerrungen im Sport in den Printmedien	362 Artikel Onlinearchive der Frankfurter Allgemeinen Zeitung, der Süddeutschen Zeitung, der Zeit, der Welt, des Berliner Tagesspiegels, des Spiegels und des Focus im Zeitraum vom 01.01.2012-15.10.2012. Suchbegriffe: „Spielmanipulation“, „Wettbewerbsverzerrung“, „Wettskandal“, „Spielabsprachen“, „Sportwetten“, „Wettbetrug“, „Manipulationsverdacht“, „Ergebnismanipulation“ und „Sport und Korruption“	Qualitative Inhaltsanalyse von Online-Printmedien	Maxqda nach folgenden Kategorien: - Techniken der Manipulation - Ablauf der Manipulation - Motive - Netzwerke - Erträge aus Manipulation - Sanktionen - Forderungen zur Eindämmung des Phänomens
Prävalenz des Match Fixing im deutschen Amateurfußball	N = 416 Amateurfußballer unterschiedlicher Leistungsklassen (Zugang zu Befragten über Internetforen und Schneeballsystem)	Randomized Response Technique mit Total Cheater Detection RRT-Fragen zur Kenntnis über Spielmanipulation und persönlicher Involviertheit	Matlab Routinen für RRT
Entwicklung einer Skala zu Haltungen und Einstellungen zu Fair Play im Sport	N = 249 Sportstudentinnen und -studenten an der Universität des Saarlandes	Online-Befragung von Saarbrücker Sportstudentinnen und -studenten	Faktorenanalyse mittels SPS und Excell
Prävalenzen von Wettbewerbsverzerrungen unter bundesdeutschen Kaderathletinnen und -athleten unter Einsatz der RRT-Technik	N = 502 Bundeskaderathletinnen und -athleten unterschiedlicher Kaderstufen Schriftliches Anschreiben mit der Bitte um Teilnahme an der Befragung (Zugang über die Bundeskaderliste 2005 N = 5548 & Verbreitung durch Stiftung Deutsche Sporthilfe)	Online-Befragung mit Randomized Response (No-Cheater Detection)	Matlab Routinen für RRT
Motive von Sportwettern und der Einfluss von Konsumkapital auf die Wettneigung	N = 634 Bundesdeutsche Bevölkerung; Schneeballverfahren Verbreitung über soziale Netzwerke	Online-Befragung mit ausschließlich direkten, offenen Fragen	Multivariate Logit-Modelle
Rechtliche Möglichkeiten zur Eindämmung von Spielmanipulation		Juristische Wirksamkeitsanalyse	

## 4 Ausgewählte Befunde

### 4.1 Einstellungen und Haltungen von Athletinnen/Athleten, Trainerinnen/Trainern und Funktionärinnen/Funktionären zu Wettbewerbsverzerrungen im Sport

Binnenmoral (solidaritätsorientierte gruppeninterne Normen der Kameradschaft und/oder die Begünstigung der Qualifizierung eigener Mannschaftskameradinnen bzw. -kameraden) geraten mit der Außenmoral (Werte des Konkurrenzprinzips und der Chancengleichheit) durchaus in Konflikt. Die Geltung der aus den Prinzipien des Sports abgeleiteten Regeln variiert abhängig von der Zugehörigkeit zu sozialen Gruppen, wobei Mannschaftssportarten davon stärker betroffen zu sein scheinen als Individualsportarten. Wann immer Geld und nicht Solidarität mit der eigenen Mannschaft und den eigenen Kameradinnen und Kameraden Treiber der Wettbewerbsverzerrung war, wird dies grundsätzlich abgelehnt. Manipulierte Sportwetten eröffnen aus Befragtensicht zentrale Möglichkeiten, erhebliche Geldsummen infolge der Manipulation der Offenheit des Ausgangs zu verdienen, wodurch unbeteiligte Sportlerinnen und Sportler um die Früchte ihrer Arbeit und die Zuschauenden um einen ergebnisoffenen Wettbewerb betrogen werden, was allerdings erst klar wird, wenn es zu entdeckten Manipulationen kommt.

Dass die Betreiber der Wettgeschäfte tatsächlich Einfluss auf die Ergebnisse von Wettkämpfen nehmen, ist für die Expertinnen und Experten offensichtlich. Ein Verbot von Sportwetten wird zwar als Maßnahme in Betracht gezogen, allerdings besteht Unsicherheit über die Wirkung und die Durchsetzbarkeit eines solchen Verbotes, weshalb teilweise auch nur für einen anderen Umgang mit Wetten plädiert wird. So werden beispielsweise geänderte Regeln für Wettanbieter genannt oder eine schärfere Regulierung durch den Staat. Auch die Wettanbieter selbst sollten nach Meinung der Befragten ein hohes Interesse an kontrollierten Wetten und offenen Spielausgängen haben, da ihr Geschäft sonst ebenfalls leiden könnte, weil nur die Existenz eines offenen Wettbewerbes auch eine offene Wette garantiere. Die entscheidende Variable für die Offenheit des Spielausganges bzw. des Ausgangs eines Wettbewerbes etwa in Kampfsportarten ist für die Befragten der Schiedsrichter. Deshalb werden als Schutz vor Manipulationen eine entsprechende Schulung von Schiedsrichtern und eine bessere Vergütung vorgeschlagen. Dabei fällt der Begriff des Profischiedsrichters, dessen Gehalt eine Höhe erreicht, die ihn nicht bestechlich machen soll<sup>2</sup>.

### 4.2 Die Prävalenz des Match Fixing im deutschen Amateurfußball.

Es wurden vier RRT-Fragen gestellt, nämlich

- › ob Spieler jemals Kenntnis vom Versuch der Spielmanipulation bekommen haben,
- › ob sie persönlich schon einmal in eine Spielmanipulation involviert waren,
- › ob sie in der Saison 2010/11 Kenntnis von Spielmanipulation hatten und
- › ob sie persönlich in eine Spielmanipulation in der Saison 2010/11 verwickelt waren.

2 Auftrag des DFB eine Untersuchung von Schiedsrichterleistungen durchgeführt, aus der weitere relevante Erkenntnisse zu diesem Punkt zu erwarten sind.

Die empirischen Ergebnisse der RRT-Fragen werden in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt. 31,6 % der Antwortenden gaben an, in ihrer Karriere überhaupt schon einmal mit einer Spielmanipulation *konfrontiert* worden zu sein, für die Saison 2010/2011 gaben dies 13,4 % an (siehe Abb. 1)<sup>3</sup>.

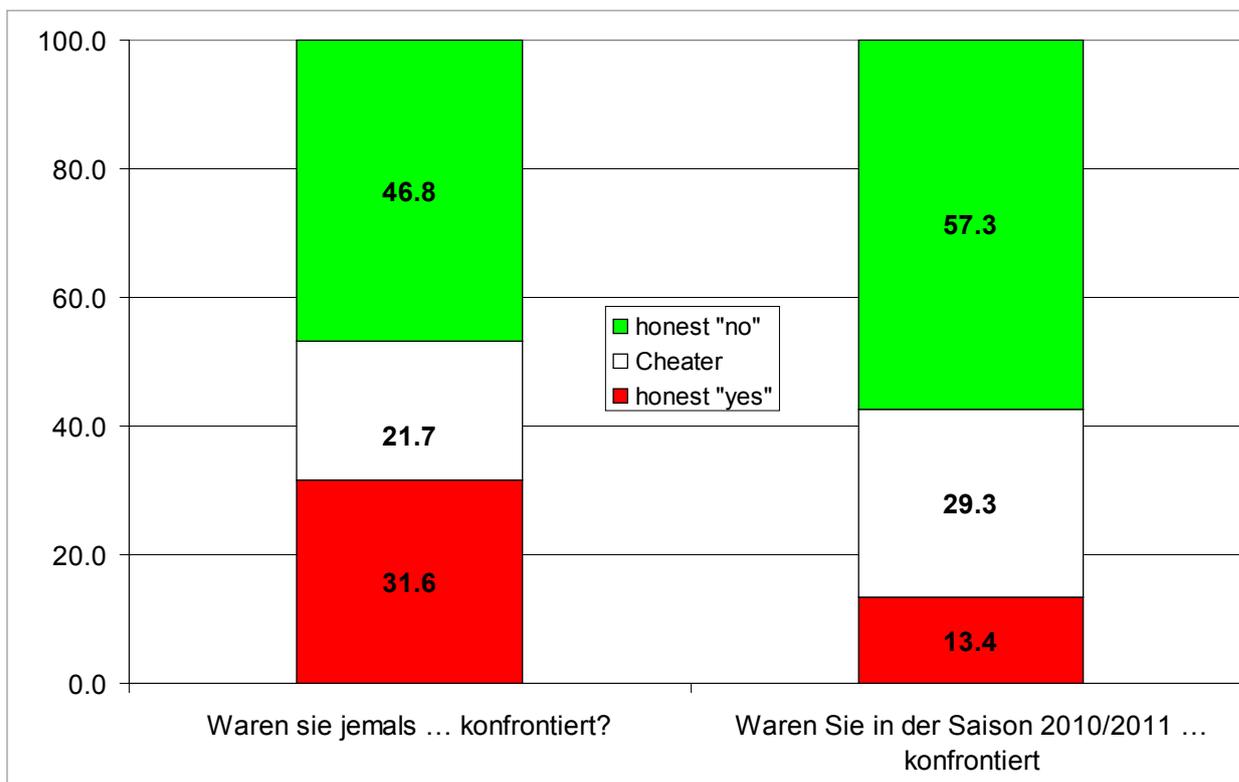


Abb. 1: Ergebnisse der Fragen nach der Konfrontation mit Spielmanipulationen im Verlauf der Sportlerkarriere und in der Saison 2010/2011

Bei der Frage nach der konkreten *Beteiligung* an einer Spielmanipulation (siehe Abb. 2) gaben 14,6 % an, jemals an einer derartigen Aktion beteiligt gewesen zu sein<sup>4</sup>.

3 Der Anteil der Cheater lag bei 21,7 % bzw. 29,3 %, wobei sich die letzte Angabe auf die Saison 2010/11 bezieht. Dem entsprechend lag der Anteil der ehrlichen „Nein“-Sager bei 46,8 & im Verlauf der gesamten Karriere und bei 57,3 % in der vergangenen Saison.

4 Der Anteil der ehrlichen „Jasager“ und der Cheater lag bei 0%, wenn nach der Saison 2010/2011 gefragt wurde. Dieses Ergebnis ist im Vergleich mit den Daten zur Beteiligung an Spielmanipulationen im Verlauf der Spielerkarriere natürlich wenig plausibel. Aus methodologischer Sicht ist hier möglicherweise die Grenze des Einsatzes der RRT überschritten. Im Falle einer (fast) einmütigen kollektiven Weigerung, selbst bei solch indirekten Befragungstechniken das Verhalten zuzugeben, ist jede Form der Befragung und speziell auch der cheater detection zum Scheitern verurteilt. Die hier erfragte Eigenschaft der Beteiligung an Spielmanipulationen in der jüngeren Vergangenheit scheint also für alle Befragten eine gleichermaßen extrem peinliche Eigenschaft zu sein.

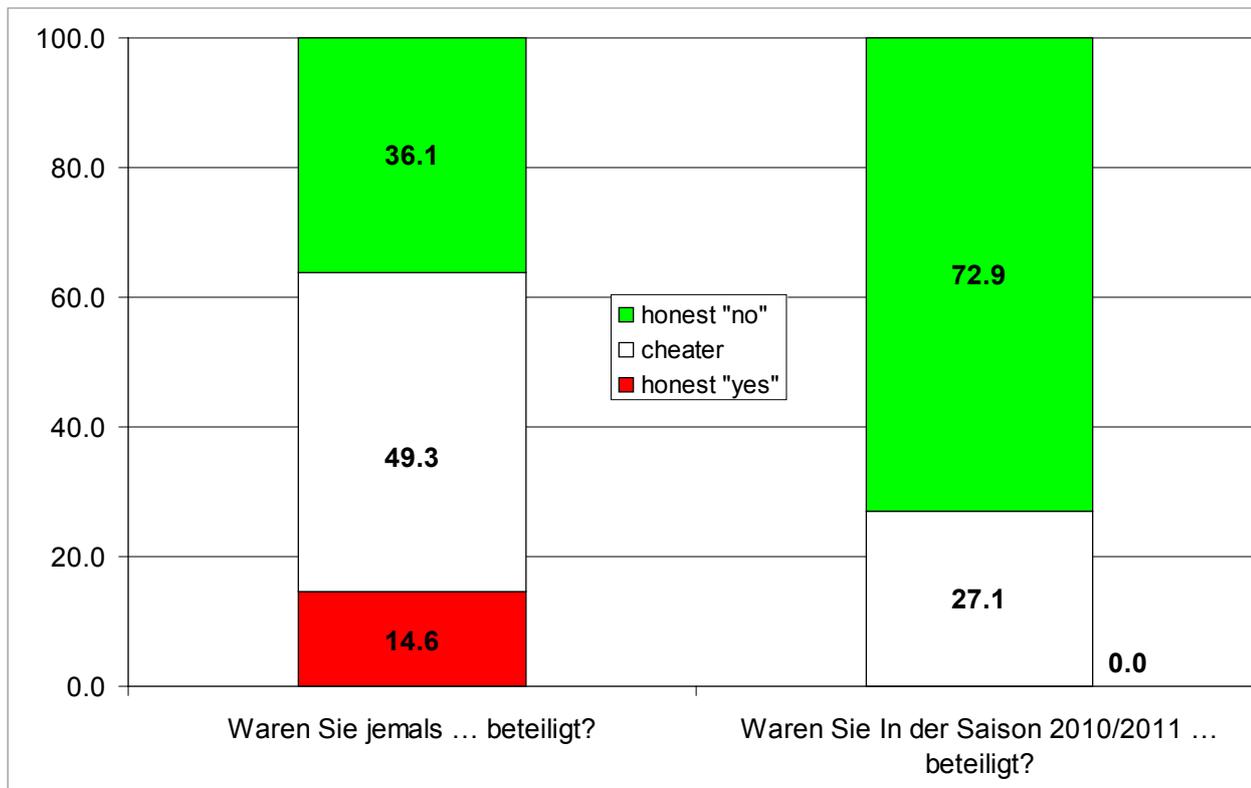


Abb. 2: Ergebnisse der Fragen nach der Beteiligung an Spielmanipulationen im Verlauf der Sportlerkarriere und in der Saison 2010/2011

### 4.3 Die Prävalenz von Wettbewerbsverzerrungen unter bundesdeutschen Kaderathletinnen und -athleten

Vier RRT-Fragen wurden gestellt:

- › Sind Sie jemals angesprochen worden, an einer Wettbewerbsverzerrung teilzuhaben?
- › Waren Sie jemals an einer Wettbewerbsverzerrung aktiv beteiligt?
- › Haben Sie jemals erlebt, dass auf einen Schiedsrichter Einfluss genommen wurde, mit dem Ziel der Wettbewerbsverzerrung?
- › Haben Sie jemals aktiv Einfluss auf einen Schiedsrichter genommen, mit dem Ziel der Wettbewerbsverzerrung?

Die Antworten zu den vier gestellten RRT-Fragen schwanken nur gering in der Antwortzahl (ca. 350 Antworten pro Frage). Ausgewählte Ergebnisse können den Abbildungen 3 und 4 entnommen werden.

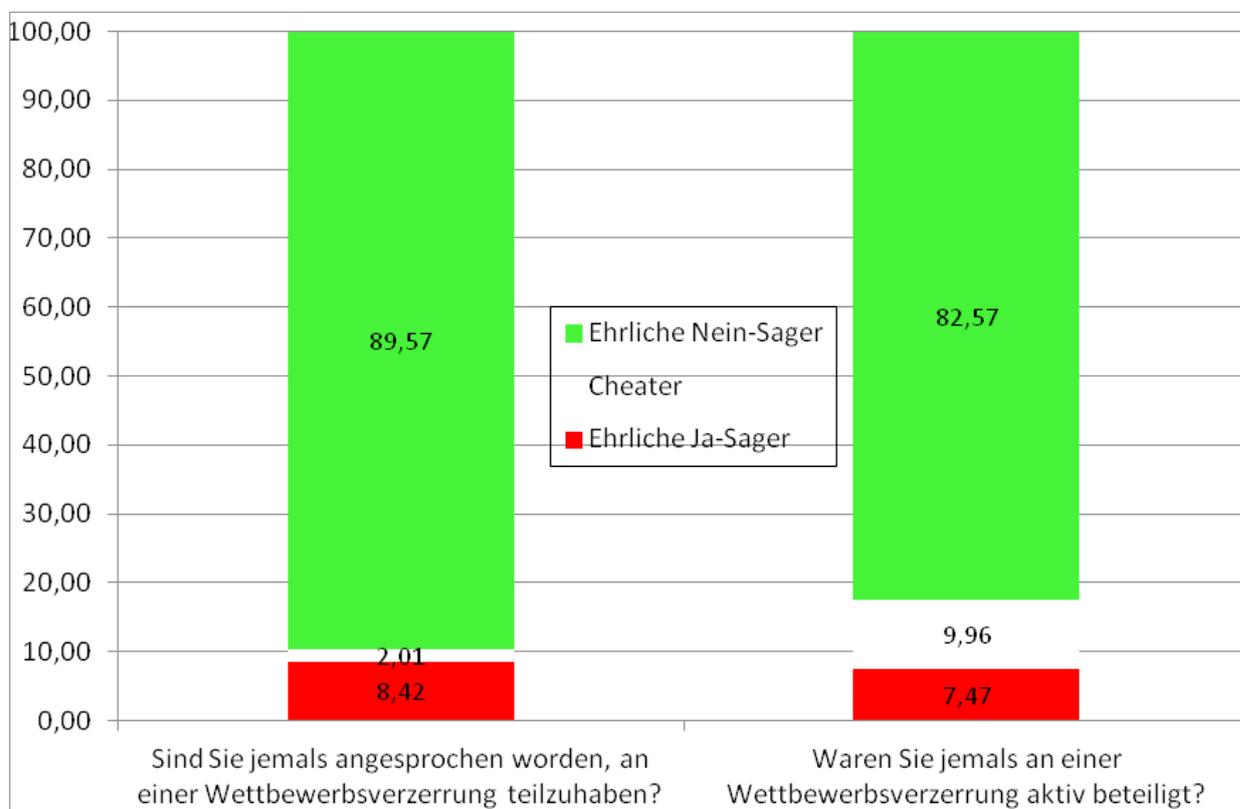


Abb. 3: RRT Auswertung für die Fragen zur eigenen aktiven Teilnahme an Wettbewerbsverzerrung (N = 357).

Rund 8,5 % sind bezogen auf ihre gesamte Karriere jemals angesprochen worden, an einer Wettbewerbsverzerrung teilzuhaben bzw. mitzumachen und rund 7,5 % waren im Verlauf ihrer gesamten Karriere an einer solchen aktiv beteiligt (siehe Abb. 3). Rund 33 % haben schon Versuche der Beeinflussung von Schiedsrichtern erlebt und 4,9 % haben einen solchen Versuch der Beeinflussung zum Zweck der Wettbewerbsverzerrung schon einmal selbst unternommen (siehe Abb. 4)

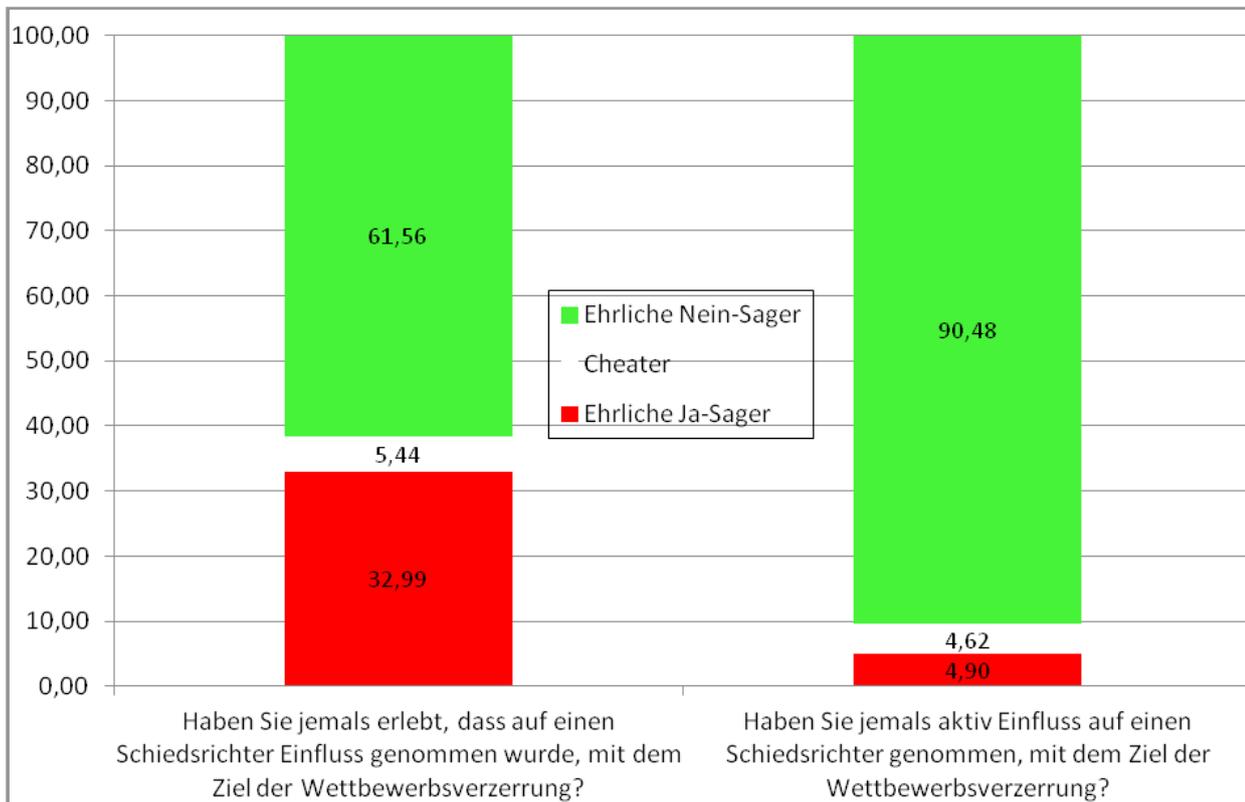


Abb. 4: RRT Auswertung für die Fragen zur eigenen aktiven Teilnahme an Wettbewerbsverzerrung (N = 351 und N = 351)

#### 4.4 Einfluss von wahrgenommener Korruption auf das sportbezogene Wettverhalten der bundesdeutschen Bevölkerung.

Generell sinkt die Wahrscheinlichkeit zur Teilnahme an Sportwetten mit steigender Bedrohungseinschätzung der Korruptionsgefahr des Sportes (siehe Abb. 5). Der Effekt ist für Männer und Frauen insgesamt auf unterschiedlichem Niveau relativ gleich ausgeprägt<sup>5</sup>. Die wahrgenommene Integrität des Wettbewerbes bestimmt somit auch die Nachfrage nach Sportwetten mit.

<sup>5</sup> Bei den Frauen ist das Konfidenzintervall für die Befragten, die eine starke Bedrohung sehen, insgesamt schmaler und auf einer sehr niedrigen Stufe, d. h. in dieser Gruppe ist die vorhergesagte Wahrscheinlichkeit zu wetten äußerst niedrig und relativ sicher. Frauen, die keine Korruptionsgefährdung im Sport wahrnehmen, weisen eine relativ breite Streuung der Antworten auf, was die Wahrscheinlichkeit für Sportwetten anbelangt, generell wetten aber auch diese Frauen eher nicht. Männer die keine Korruptionsgefahr erkennen, haben mit einer 80%-Wahrscheinlichkeit schon einmal an Sportwetten teilgenommen. Belege für einen Interaktionseffekt zwischen der Einschätzung der Korruptionsgefahr und dem Geschlecht konnten im multivariaten Modell mit Interaktionsterm nicht gefunden werden.

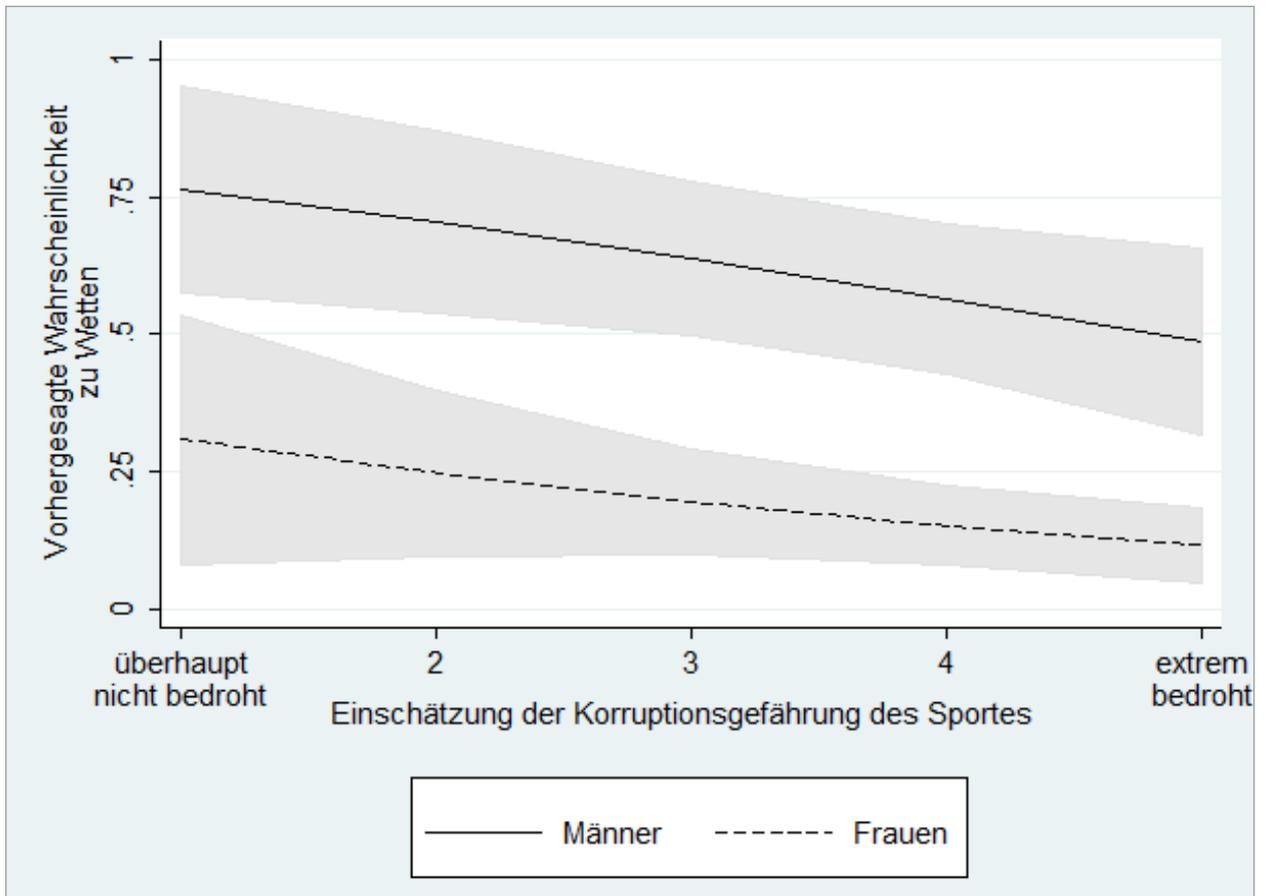


Abb. 5: Logits und Konfidenzintervall des Wettens für die Variable „Bedrohung des Sportes durch Korruption“ getrennt nach Geschlecht. (N = 472)

## 5 Transfer

Bisher wurden in Vorbereitung des Projektes und als Ergebnis der Durchführung mehrere Studien publiziert bzw. sind in Druck. Genauer eingegangen wird auf diese Studien im Abschlussbericht. Der Abschlussbericht wird auch weitergehende Details zu den erhobenen Daten und den eingesetzten empirischen Techniken und Modellen enthalten.



# „Junges Engagement“ im Sport: Sportbezogene Sonderauswertung der Freiwilligensurveys für die Altersgruppe der Jugendlichen

(AZ 080903/12)

Sebastian Braun

Humboldt-Universität zu Berlin

## 1 Problem

Die Untersuchung verfolgte das Ziel, die Aktivität und speziell das freiwillige Engagement der 14- bis 24-Jährigen in Deutschland in der zivilgesellschaftlichen Infrastruktur des Handlungsfeldes „Sport und Bewegung“ – also in Sportvereinen ebenso wie in selbstorganisierten Projekten, Initiativen und Gruppierungen jenseits des vereins- und verbandsorganisierten Sports – über einen Zehnjahreszeitraum von 1999 bis 2009 zu beschreiben und zu interpretieren (vgl. Braun, 2013a, 2014).<sup>1</sup>

Empirische Grundlage dafür bildeten die Freiwilligensurveys von 1999, 2004 und 2009, die vom Bundesministerium für Familien, Senioren, Frauen und Jugend (BMFSFJ) in Auftrag gegeben und von TNS Infratest Sozialforschung durchgeführt wurden. Zur Interpretation der statistischen Daten, die sich auf Basis der Freiwilligensurveys ermitteln lassen, wurde insbesondere auf einen konzeptionellen Rahmen von Strob (1999) Bezug genommen, der es erlaubt, die unterschiedlichen Formate freiwilliger Vereinigungen von Jugendlichen in der Zivilgesellschaft als „Wahl-Gemeinschaften“ und ein freiwilliges und ehrenamtliches Engagement in diesen Strukturen als „Gemeinschaftsarbeit“ zu fassen.

## 2 Methode

Die zugrunde liegenden Datensätze gelten zum jeweiligen Erhebungszeitpunkt als repräsentativ für die Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland im Hinblick auf die Merkmale Alter ab 14 Jahre, Geschlecht, Bundesland und Gemeindegrößenklasse. Sie umfassen relativ große Stichproben personenbezogener Daten über die Bevölkerung in Deutschland, die auch Analysen einzelner Altersgruppen wie z. B. der „Jugendlichen“<sup>2</sup> und einzelner Handlungsfelder wie z. B. des „Sportbereichs“<sup>3</sup> erlauben (vgl. grundlegend Gensicke & Geiss, 2010; sportspezifisch Braun 2011, 2013a).

Auf dieser Grundlage werden in den Freiwilligensurveys verschiedene relevante Subgruppen konstruiert, die in den empirischen Analysen maßgeblich sind: Zunächst wurden alle Befragten gebeten anzugeben, ob sie sich in einem oder mehreren Tätigkeitsfeldern der Zivilgesellschaft wie z. B. dem Feld Sport und Bewegung „aktiv beteiligen“ („aktive Personen“). Die aktiven Personen wurden anschließend gefragt, ob sie in diesen Bereichen auch „ehrenamtliche Tätigkeiten ausüben oder in Vereinen, Initiativen, Projekten oder Selbsthilfegruppen engagiert sind“ („engagierte Personen“). Auch hier wurde bewusst ein breites Engagementverständnis angelegt, das – so wurde es den Befrag-

1 Basis dafür ist ein Forschungsprojekt, das durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) und den Deutschen Olympischen Sportbund (DOSB)/die Deutsche Sportjugend (dsj) gefördert wurde. In den entsprechenden Publikationen, auf die hier auszugsweise Bezug genommen wird, werden die empirischen Ergebnisse ausführlicher kommentiert (vgl. Braun, 2013a, 2014).

2 Zur sprachlichen Vereinfachung wird die Gruppe der 14- bis 24-Jährigen unter dem Begriff der „Jugendlichen“ zusammengefasst, auch wenn dieser Altersgruppe neben Jugendlichen auch junge Erwachsenen zuzurechnen sind.

3 Zur sprachlichen Vereinfachung wird das in den Freiwilligensurveys als „Sport und Bewegung“ operationalisierte Handlungsfeld mit dem Begriff „Sportbereich“ bezeichnet.

ten kommuniziert – all jene „freiwillig übernommenen Aufgaben und Arbeiten [umfasst], die man unbezahlt oder gegen geringe Aufwandsentschädigung ausübt“.

Bei den Datenauswertungen wurden jeweils die von TNS Infratest Sozialforschung gewichteten Datensätze verwendet, die in Tab. 1 überblicksartig dargestellt sind.

Tab. 1: Fallzahlen (N) in den Bevölkerungsstichproben der Freiwilligensurveys (FS) 1999, 2004 und 2009 und den gewichteten Substichproben der 14- bis 24-Jährigen im Sportbereich.

	Bevölkerungsstichprobe			Stichprobe der 14- bis 24-Jährigen im Sportbereich (gewichtet)		
	ges.	Engagierte	14 bis 24 Jahre ges.	Aktive	Engagierte	zeitaufwändigste Tätigkeit
FS 1999	14.922	5.076	2.120	1.080	314	278
FS 2004	15.000	5.350	2.139	1.163	299	248
FS 2009	20.005	7.173	2.815	1.491	343	284

### 3 Ergebnisse

(1) *Aktivitätsquoten.* Betrachtet man die Ergebnisse der sportbezogenen Sonderauswertung der drei Freiwilligensurveys von 1999, 2004 und 2009, dann ist zunächst der Befund hervorzuheben, dass im Sportbereich die Aktivitätsquote der 14- bis 24-Jährigen in Deutschland über den Zehnjahreszeitraum hinweg über der 50 %-Marke liegt. Unter quantitativen Gesichtspunkten bildet der Sportbereich damit konstant und mit deutlichem Abstand vor allen anderen untersuchten Handlungsbereichen den dominanten Raum zivilgesellschaftlicher Aktivitäten von Jugendlichen in Deutschland.

(2) *Engagementkontexte und -quoten.* Zugleich bildet der Sportbereich mit seiner zweistelligen Engagementquote bei den 14- bis 24-Jährigen konstant den mit Abstand größten Engagementbereich in Deutschland (vgl. Abb. 1). Dabei finden rund vier Fünftel des freiwilligen Engagements von Jugendlichen im Sportbereich im Rahmen eines Vereins statt. Dieses „Organisationsmonopol“ des vereinsorganisierten Sports ist mindestens in zweifacher Hinsicht bemerkenswert: einerseits im Vergleich zu den engagierten 14- bis 24-Jährigen insgesamt, von denen sich „nur“ knapp die Hälfte in einem Verein freiwillig engagiert; andererseits im Vergleich zu den anderen untersuchten Handlungsbereichen, da in keinem anderen Bereich das freiwillige Engagement von Jugendlichen so umfangreich in den Vereinskontext eingebunden ist wie im Sportbereich.

Umso stärker dürften die Sportvereine von den dynamischen Rückgängen des freiwilligen Engagements von Jugendlichen im Sportbereich betroffen sein. So sinkt die entsprechende Engagementquote im Zehnjahreszeitraum um 2,6 Prozentpunkte von 14,8 % auf 12,2 % und damit dynamischer als in dieser Altersgruppe im bundesweiten Durchschnitt insgesamt (vgl. Abb. 1). In Absolutzahlen ausgedrückt sind in diesem Zeitrahmen hochgerechnet ca. 265.000 Jugendliche dem Sportbereich als freiwillig Engagierte verloren gegangen; kein anderes Handlungsfeld hat eine vergleichbare Zahl von jugendlichen Engagierten eingebüßt. Besonders bemerkenswert sind in diesem Kontext die rückläufigen Engagementquoten bei den Studierenden in der untersuchten Altersgruppe. Deren Quote sinkt im Sportbereich von 21,9 % im Jahr 1999 auf 13,4 % im Jahr 2009. Aber auch bei den Schülerinnen bzw. Schülern sind Rückgänge in moderaterer Form unübersehbar.

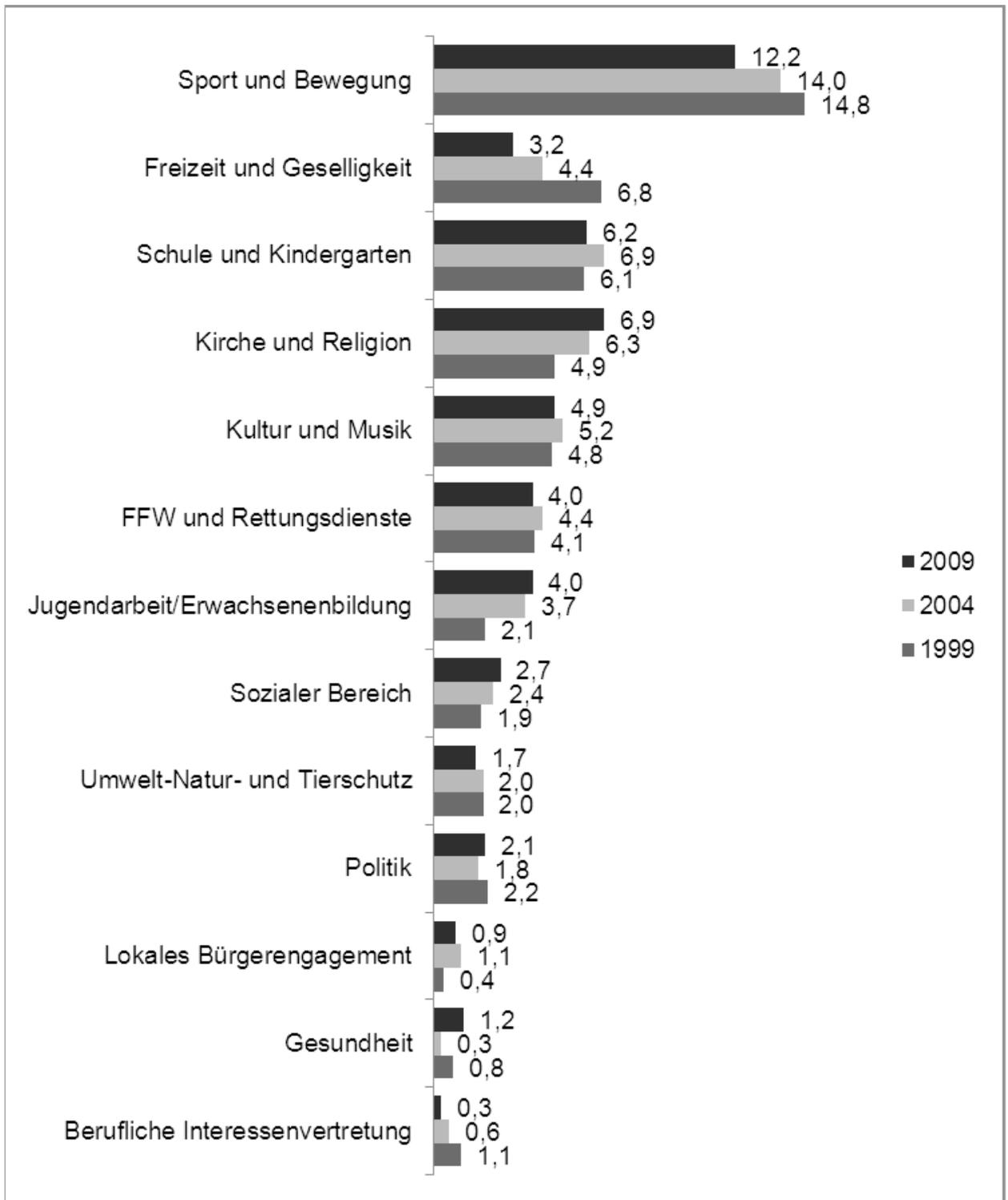


Abb. 1: Freiwilliges Engagement der Jugendlichen im Jahr 1999, 2004 und 2009, differenziert nach 13 Engagementbereichen. Mehrfachnennungen. Prozentwerte (Stichprobe: 14- bis 24-Jährige; 1999 N = 2.120, 2004 N = 2.139, 2009 N = 2.815).

- (3) *Leitungsfunktionen*. Auffällig ist in diesem Kontext aber auch der Befund, dass der Anteil der Jugendlichen, die im Rahmen ihres freiwilligen Engagements im Sportbereich Leitungs- und Vorstandsfunktionen wahrnehmen, dynamisch zugenommen hat: von 21,1 % im Jahr 1999 über 23,1 % in 2004 auf 28,1 % im Jahr 2009. Dieser Anstieg um 7 Prozentpunkte ist mindestens in zweifacher Hinsicht bemerkenswert: Einerseits steht er im Kontrast zur allgemeinen Tendenz im Sportbereich, der eine deutlich rückläufige Quote von Engagierten in Leitungs- und Vorstandsfunktionen aufweist (vgl. Braun, 2011). Und andererseits ist die relative Zunahme unter den freiwillig engagierten 14- bis 24-Jährigen, die in Leistungs- und Vorstandsfunktionen tätig sind, insgesamt deutlich geringer als im Sportbereich.
- (4) *Zeitliche Investitionen*. In diesen Kontext lässt sich auch der Befund einordnen, dass der Anteil an den im Sportbereich engagierten Jugendlichen, die das eigene Engagement als eine zeitlich unbegrenzte Aufgabe betrachten, im Zehnjahreszeitraum um fast 10 Prozentpunkte auf rund 90,0 % gewachsen ist. Parallel dazu ist bis zum Jahr 2009 auch der prozentuale Anteil der engagierten Jugendlichen, die sich mindestens einmal pro Woche im Sportbereich freiwillig engagieren, auf rund drei Viertel gestiegen. Trotz dieser wachsenden zeitlichen Investitionen in das eigene Engagement geben rund zwei Drittel der engagierten Jugendlichen an, bereit zu sein, das Engagement weiter auszudehnen. Auch wenn die Differenz zwischen artikulierten Handlungsabsichten und realen Handlungsvollzügen groß sein dürfte, erscheint ein Anstieg des „internen Engagementpotenzials“ (Gensicke et al. 2006, S. 72) im Sportbereich um 10 Prozentpunkte im Zehnjahreszeitraum bemerkenswert.
- (5) *Bildungsniveau*. Bemerkenswert sind auch die Befunde zum Bildungsniveau der freiwillig engagierten Jugendlichen im Sportbereich.<sup>4</sup> So weisen 2009 rund zwei Drittel von ihnen ein hohes Bildungsniveau auf, während gerade einmal 5,7 % von ihnen ein niedriges Bildungsniveau haben. Dabei ist unter den freiwillig Engagierten im Sportbereich der relative Anteil von Jugendlichen mit hohem Bildungsniveau tendenziell noch höher als im Durchschnitt aller untersuchten Engagementbereiche. Vor diesem Hintergrund erscheinen auch die Ergebnisse differenzierterer, multivariater Datenanalysen nicht sonderlich überraschend, dass die Chance für einen Jugendlichen mit hohem Bildungsniveau, sich im Sportbereich freiwillig zu engagieren, im Jahr 2009 um das 2,2fache höher lag als für einen Jugendlichen mit niedrigem Bildungsniveau. Insgesamt erweist sich in diesem Kontext ein hohes Bildungsniveau als ein besonders bedeutsamer Prädiktor im Hinblick auf das freiwillige Engagement eines Jugendlichen im Sportbereich (vgl. Braun, 2013b).

## 4 Diskussion

Lässt man die ausgewählten Befunde der Studie Revue passieren und versucht abschließend zentrale Kernaussagen zu formulieren, dann kann man – erstens – festhalten, dass das Medium „Sport“ einen ausgesprochen hohen Aufforderungscharakter für Jugendliche hat, in selbstorganisierten Strukturen der Zivilgesellschaft aktiv zu werden. Über den untersuchten Zehnjahreszeitraum hinweg ist ein weitgehend konstanter Anteil von mehr als der Hälfte der Jugendlichen in Deutschland im Sportbereich

4 Die dreistufige Variable „Bildungsniveau“ wurde in Orientierung an Gensicke und Geiss (2010) gebildet. Jugendliche ohne Abschluss, mit Hauptschulabschluss oder aktuellem Hauptschulbesuch wurden der Kategorie „niedriges Bildungsniveau“ zugeordnet. Jugendliche mit mittlerer Reife oder Realschulabschluss, integrierter Sekundar- bzw. Mittelschul- oder Berufs(Fach-)schul-Abschluss wurden als „mittleres Bildungsniveau“ klassifiziert. In der Kategorie „hohes Bildungsniveau“ wurden Gymnasiastinnen und Gymnasiasten und Befragte mit Fach- bzw. Hochschulreife oder einem abgeschlossenen Studium zusammengefasst.

„zivilgesellschaftlich aktiv“. Parallel dazu reduziert sich allerdings der Anteil derjenigen Jugendlichen deutlich, die sich im Sportbereich freiwillig an der Leistungserstellung beteiligen. Im Sinne des Konzepts von Strob (1999) kann man dieses Ergebnis so interpretieren, dass im Sportbereich der Anteil der Jugendlichen steigt, die zur „Gemeinschaftsperipherie“ zu zählen sind und die insofern das Leistungsspektrum der jeweiligen Wahl-Gemeinschaft wie z. B. eines Sportvereins eher als das Angebot einer Dienstleistungsorganisation und weniger als das Produkt einer „Produzenten-Konsumenten-Gemeinschaft“ (Horch, 1983) betrachten.

Zweitens ist auffällig, dass sich im Sportbereich – trotz der dynamischen Expansion und Pluralisierung der Sportkultur in den letzten Jahrzehnten – weitgehend konstant rund vier von fünf der freiwillig engagierten Jugendlichen in einem Verein freiwillig engagieren. Offenbar gelingt es den Sportvereinen, engagementbereite Jugendliche im Sportbereich quasi „monopolartig“ in ihre Strukturen einzubinden. Bemerkenswert ist in diesem Zusammenhang, dass sich – drittens – der „Gemeinschaftskern“ in den Sportvereinen auszudehnen, zu verdichten und an Bindungsstärke zu gewinnen scheint. So wählt ein wachsender Anteil der engagierten Jugendlichen zeitlich intensivere, dauerhaft perspektivierte und auch verantwortungsvolle Engagementformate. Diese Befunde kann man als Resultat einer doppelten Bindung dieser Jugendlichen an „ihre“ Wahl-Gemeinschaft bzw. „ihren“ Sportverein interpretieren; denn neben dem individuellen Nutzen dürfte für die Engagementbereitschaft auch die affektive Bindung der Jugendlichen an die frei gewählte Gemeinschaft im Sinne der „emotionalen Innentemperatur des Kollektivs“ (Kirsch, 1983, S. 114) bedeutsam sein, wodurch wiederum der Handlungsmodus der „Gemeinschaftsarbeit“ gestützt und gestärkt wird (vgl. Strob, 1999).

Vor diesem Hintergrund stehen – viertens – die sich zunehmend verschärfenden bildungsspezifischen Ungleichheiten unter den engagierten Jugendlichen ins Auge. Der weit überdurchschnittlich hohe Anteil von Jugendlichen mit hohem Bildungsniveau unter den freiwillig engagierten 14- bis 24-Jährigen im Sportbereich deuten darauf hin, dass für bildungsaffine Jugendliche ein freiwilliges Engagement auch eine kulturelle Praxis im öffentlichen Raum darstellt, die individuelle Erfahrungs- und Perspektiverweiterungen wie auch Selbstverwirklichungspotenziale in der zivilgesellschaftlichen Wirklichkeit eröffnet. Denn analog zur bevorzugten Literatur oder Musik lässt sich ein freiwilliges Engagement auch im Sportbereich als Ausdruck eines bestimmten Lebensstils mit den entsprechenden Praktiken der symbolischen Lebensführung deuten. Und in diesem Kontext scheint ein solches Engagement im Sportbereich vor allem solche Jugendlichen anzusprechen, die einen – im „Habitus“ (Bourdieu, 1976) inkorporierten – Lebensstil bevorzugen, der in der sozialen Praxis bildungsorientierter Gesellschaftsgruppen sozialisiert wird.

Mit dieser Interpretation werden allerdings auch Grenzen der vorliegenden Daten und Interpretationen deutlich. So handelt es sich bei den Freiwilligensurveys um subjektive Bewertungen von Jugendlichen im Hinblick auf ihr freiwilliges Engagement u. a. im Sportbereich. Dieser Forschungsperspektive fehlt quasi ihr Pendant, das die objektiven Lebensbedingungen im Jugendalter und damit die Lebenslagen von Jugendlichen unter bestimmten gesellschaftlichen Strukturen auf empirischer Basis mit in den Blick rückt. Mit Hilfe der vorliegenden Daten können insofern auch keine Zusammenhänge zwischen den sich dynamisch wandelnden Gesellschaftsstrukturen einerseits und den Denk-, Wahrnehmungs-, Handlungs- und Verhaltensweisen von Jugendlichen im Hinblick auf ein freiwilliges Engagement im Sportbereich andererseits herausgearbeitet werden. Exemplarisch dafür stehen die markant rückläufigen Engagementquoten bei den 14- bis 24-jährigen Studierenden im Sportbereich, die mutmaßlich durch Strukturveränderungen im Hochschulsystem in den 2000er Jahren (Bologna-Prozess etc.) und die damit verbundenen Limitierungen zeitlicher Handlungsspielräume mitverursacht wurden. Insofern empfiehlt es sich, das Thema „freiwilliges Engagement von Jugendli-

chen im Sport“ zukünftig auch verstärkt aus einer strukturellen Perspektive zu untersuchen, um die „subjektive Seite“ in die „objektive Seite“ des Engagements von Jugendlichen einzubetten und damit noch „verstehbarer“ zu machen.

## 5 Literatur

- Bourdieu, P. (1976). *Entwurf einer Theorie der Praxis auf der Grundlage der kabyliischen Gesellschaft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Braun, S. (2014). Freiwilliges Engagement von Jugendlichen im Sport im Spiegel der Freiwilligensurveys 1999-2009. *deutsche jugend. Zeitschrift für die Jugendarbeit*, 62, 155-166.
- Braun, S. (2013a). *Freiwilliges Engagement von Jugendlichen im Sport. Eine empirische Untersuchung auf Basis der Freiwilligensurveys von 1999 bis 2009*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Braun, S. (Hrsg.) (2013b). *Der Deutsche Olympische Sportbund in der Zivilgesellschaft. Eine sozialwissenschaftliche Analyse zur sportbezogenen Engagementpolitik*. Wiesbaden: Springer VS.
- Braun, S. (2011). *Ehrenamtliches und freiwilliges Engagement im Sport. Sportbezogene Sonderauswertung der Freiwilligensurveys 1999, 2004 und 2009*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Gensicke, T. & Geiss, S. (2010). *Hauptbericht des Freiwilligensurveys 2009. Ergebnisse der repräsentativen Trenderhebung zu Ehrenamt, Freiwilligenarbeit und bürgerschaftlichem Engagement*. Berlin: Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend.
- Horch, H.-D. (1983). *Strukturbesonderheiten freiwilliger Vereinigungen. Analyse und Untersuchung einer alternativen Form menschlichen Zusammenarbeitens*. Frankfurt am Main: Campus.
- Kirsch, G. (1983). Haben Zusammenschlüsse eine Biographie? In E. Boettcher, P. Herder-Dorneich & K.-E. Schenk (Hrsg.), *Jahrbuch für Neue Politische Ökonomie*. 2. Band (S. 102-134). Tübingen: J.C.B. Mohr.
- Strob, B. (1999). *Der vereins- und verbandsorganisierte Sport: ein Zusammenschluß von (Wahl)Gemeinschaften? Ein Analysemodell auf der Grundlage des Dritter-Sektor-Ansatzes*. Münster [u.a.]: Waxmann.

# Nachwuchsgewinnung und -förderung im Hochleistungssport der Menschen mit Behinderungen – ein internationaler Vergleich

(AZ 080402/12-13)

*Gudrun Doll-Tepper (Projektleiterin) & Sabine Radtke*

Freie Universität Berlin, Arbeitsbereich Integrationspädagogik, Bewegung und Sport

## 1 Problemstellung und Forschungsfragen

Die Paralympische Bewegung hat in den letzten Jahrzehnten weltweit einen bedeutenden Aufschwung erfahren (vgl. Howe, 2008; Thomas & Smith, 2009). Die umfangreiche Leistungsentwicklung zeichnet sich in Form immer neuer Weltrekorde ab und ist auf einen erweiterten Wissensstand in der Trainingswissenschaft, auf dessen Umsetzung in der Trainingspraxis sowie auf konkrete Fortschritte in der Materialkunde zurückzuführen. Insgesamt ist eine fortschreitende Professionalisierung im internationalen Behindertensport zu konstatieren, womit einhergeht, dass das Interesse und die Aufmerksamkeit der Weltöffentlichkeit gegenüber dem Sport von Athletinnen und Athleten mit Behinderung stark angestiegen ist (vgl. z. B. Doll-Tepper, 2002; Gilbert & Schantz, 2008). Deutschland trat bei den Paralympischen Spielen stets mit einer der größten Mannschaften an und zählt im Medaillenspiegel sowohl der Sommer- als auch der Winter-Paralympics zu den Top-10-Nationen. Im Rahmen eines Pilotprojekts deutete es sich jedoch an, dass in Deutschland im internationalen Vergleich im Hinblick auf den Hochleistungssport von Menschen mit Behinderung Schwierigkeiten bestehen, Nachwuchs zu rekrutieren. Maßnahmen in Deutschland, die im Wesentlichen auf der Initiative engagierter Einzelpersonen beruhen, scheinen im Ausland bestehenden flächendeckenden systematischen Verfahrensweisen der Talentsuche und -förderung, die in der Verantwortung staatlicher Organisationen stehen, gegenüberzustehen (Radtke & Doll-Tepper, 2007). Um die Strukturen des deutschen Behindertenleistungssports auszubauen, vergab das Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) in diesem Themenkontext zwei Forschungsaufträge mit dem Ziel, die aktuell bestehenden Gegebenheiten der Nachwuchssuche und -förderung zu optimieren. Wegner, Brückner und Pochstein (2011) bezogen sich in ihrer Analyse des Nachwuchsfördersystems aus Funktionärs-, Trainer- und Athletenperspektive auf den deutschen Behindertensport, während in der vorliegenden Studie eine interkulturell vergleichende Perspektive eingenommen wurde (Radtke & Doll-Tepper, 2014).

Ziel des Forschungsprojekts war die interkulturell vergleichende Analyse der strukturellen Systembedingungen für Nachwuchsgewinnung und -förderung in den Sportarten Leichtathletik, Schwimmen, Ski Alpin, Ski Nordisch und Rollstuhlbasketball unter Einbeziehung der Länder UK, Kanada und USA. Folgende Fragestellungen lagen der Untersuchung zugrunde:

- Wie gestaltet sich der strukturelle Aufbau des Behindertenleistungssportsystems in den Ländern UK, Kanada und USA unter besonderer Berücksichtigung der Strukturen für Nachwuchsgewinnung und -förderung?
- Welche Qualitätsmerkmale bestimmen die Strukturen der Nachwuchsgewinnung und Nachwuchsförderung im Behindertenleistungssport in den drei Ländern?
- Wie sind die Qualitätsmerkmale in den drei Ländern ausgeprägt?
- Welche Optimierungsansätze lassen sich aus dem internationalen Vergleich für das deutsche System ableiten?

## 2 Methode

Das Forschungsdesign war vierstufig aufgebaut.

### 2.1 Explorationsphase: Dokumentenanalyse & Internetrecherche

Um erste Informationen über den Aufbau der Sportsysteme bzw. Behindertensportsysteme in den drei Ländern zu generieren, wurde eine hauptsächlich internetbasierte Dokumentenanalyse durchgeführt.

### 2.2 Forschungsphase 1: Qualitative Interviewstudie (Hypothesengenerierung)

Im Rahmen der qualitativen Interviewstudie, die der Hypothesengenerierung diente, wurden insgesamt 64 Telefoninterviews (in englischer Sprache) mit Funktionärinnen und Funktionären, Trainerinnen und Trainern sowie Athletinnen und Athleten der drei Nationen geführt.

Tab.1: Spezifizierung der Interviewgruppen

Interviewgruppe	Spezifizierung
Funktionärinnen und Funktionäre (N = 22)	Nationale Dachorganisationen des Sports, Nationale Paralympische Komitees, Spitzensportverbände, Militärsportorganisationen u. a.
Trainerinnen und Trainer (N = 14)	Nationaltrainerinnen/-trainer in den fünf Sportarten (head/development coaches)
Athletinnen und Athleten (N = 28)	Nationalkaderathletinnen/-athleten aus dem A-/B-/Nachwuchsbereich

Tab. 2: Anzahl der Interviewpartner je Land

Interviewgruppe	UK (N)	Kanada (N)	USA (N)
Funktionärinnen und Funktionäre (N = 22)	8	7	7
Trainerinnen und Trainer (N = 14)	4	5	5
Athletinnen und Athleten (N = 28)	8	9	11

### 2.3 Forschungsphase 2: Quantitative Befragung (Hypothesenüberprüfung)

Um die im Rahmen der Interviewstudie entwickelten Hypothesen zu prüfen, wurde eine Online-Befragung unter britischen, kanadischen und US-amerikanischen Funktionärinnen/Funktionären, Trainerinnen/Trainern und Athletinnen/Athleten auf nationaler sowie regionaler Ebene durchgeführt. Insgesamt sind 87 auswertbare Fragebögen eingegangen.

### 2.4 Auswertungs- und Transferphase

Im Anschluss an die Forschungsphasen erfolgten die Auswertung der Ergebnisse sowie die Formulierung von Handlungsempfehlungen u. a. im Hinblick auf die Verwirklichung des Inklusionsgedankens auf der Strukturebene des (Leistungs-)Sportsystems.

## 3 Ausgewählte Ergebnisse

### 3.1 Aufbau der Behindertensportsysteme im Ländervergleich

Die Betrachtung der aktuell gegebenen Strukturen des Behinderten(leistungs)sportsystems in den drei Ländern ergab Parallelen zwischen dem kanadischen und britischen System. Das Sportsystem beider Länder ist staatlich finanziert. Des Weiteren vereinigt in beiden Ländern die Mehrzahl der nationalen Spitzenverbände sowohl den olympischen als auch den paralympischen Sport in sich. Auf nationaler Ebene ist der Grad an integrativen Verbänden als vergleichsweise fortschrittlich zu bezeichnen. Kritik äußerten jedoch Expertinnen und Experten beider Länder im Hinblick auf die Tatsache, dass das als vorbildlich empfundene integrative System auf der nationalen Ebene bislang nicht konsequent auch auf den darunter liegenden Ebenen durchgesetzt worden ist. Das US-Sportsystem unterscheidet sich insofern von Grund auf von den beschriebenen kanadischen und britischen Gegebenheiten, als es von keiner staatlichen (finanziellen) Förderung gestützt wird. Des Weiteren ist der Grad an Integration in den US-amerikanischen Spitzensportverbänden weit weniger fortgeschritten.

### 3.2 Qualitätsmerkmale von Talent Identification and Development (TID) in den drei Ländern

Im Ländervergleich scheint Kanada relativ weit fortgeschritten, was die Implementierung eines systematischen zielorientierten TID-Programms in den einzelnen Sportarten angeht. Die Formulierung und vor allem das Umsetzen von Zielen sind aktuell jedoch in erster Linie von der Existenz engagierter Trainerinnen und Trainer abhängig. Länderübergreifend sind in einigen Verbänden keine Leitziele formuliert und vorgegeben. Das Fehlen von schriftlich fixierten und von Verbandsseite vorgegebenen Zielen mag damit zu begründen sein, dass sportartübergreifend im paralympischen Sport bzw. allgemein im Behindertensport allen Beteiligten das grundlegende Ziel jeglicher Nachwuchsarbeit bekannt ist, nämlich zunächst auf elementarer Ebene möglichst viele Menschen für den Sport zu begeistern, zu motivieren und zu rekrutieren, um auf diese Weise langfristig überhaupt auf einen Pool von Talenten zurückgreifen zu können.

Länderübergreifend drückte die Untersuchungsgruppe über alle Funktionsgruppen hinweg ihr Unverständnis im Hinblick auf die in den meisten Sportarten bestehenden weit reichenden ehrenamtlichen Trainerstrukturen aus. Viele bezeichneten die Tatsache, dass hauptamtliche Trainer nicht nur an der Basis, sondern auch im Elitebereich eine Seltenheit sind, als rückschrittlich im Vergleich zu den Entwicklungen im Bereich des Nichtbehindertensports. Fast uneingeschränkt wurde in den Interviews ein Mangel an qualifizierten Trainerinnen und Trainern im paralympischen Sport moniert. Es wurden viele Fälle angeführt, bei denen das Training von Eltern oder von den Athletinnen und Athleten selbst geleitet wird. Für viele Befragte vor allem aus Kanada und UK ist es Alltag, dass Sportlerinnen und Sportler mit Behinderung in integrativen Trainingsgruppen trainieren. In keinem Fall wurde in diesem Zusammenhang von einer grundsätzlichen Abwehrhaltung seitens der Trainerinnen und Trainer aus dem Bereich des Nichtbehindertensports berichtet. Als Problem kristallisierte sich jedoch heraus, dass mit steigendem Leistungsniveau der Sportlerinnen und Sportler auf Trainerseite sowohl die behindertensportspezifische Expertise als auch in einigen Fällen die Bereitschaft fehlt, behinderungsspezifische Anpassungen der Trainingsmethodik vorzunehmen.

Bei Betrachtung der finanziellen Ressourcen fällt auf, dass Kanada und UK in diesem Zusammenhang eine Reihe von Gemeinsamkeiten aufweisen, das US-System sich hingegen besonderen Herausforderungen gegenüber sieht. Sowohl das kanadische als auch das britische Sportsystem profitierten von

staatlicher Sportförderung, die es erlaubt, sowohl den Verbänden (in Abhängigkeit von der Anzahl der Kaderathletinnen und -athleten) als auch den Athletinnen und Athleten persönlich finanzielle Mittel zukommen zu lassen. Kritik, die in den Interviews im Kreis der britischen und kanadischen Befragten geäußert wurde, bezog sich auf die festgelegte Verteilung der Mittel. Der Großteil der zur Verfügung stehenden Mittel käme dem (Hoch-)Leistungssport zugute, die Förderung von Aktivitäten an der Basis (u. a. Grundlagenausbildung) käme dagegen zu kurz.

Unabhängig von Statusgruppe und Nation thematisierte die große Mehrheit der Befragten in den Gesprächen die Herausforderung, die sich infolge des Datenschutzes für die gezielte Nachwuchssuche und -rekrutierung in den inklusiven Regelschulen ergibt. Seitdem Förderschulen in der Regel nur noch von Kindern und Jugendlichen mit schweren (Mehrfach-)Behinderungen besucht werden, sei das Identifizieren von sportinteressierten und talentierten Schülerinnen und Schülern nach Meinung der Befragten ungleich schwerer geworden. Mehrere Befragte benannten Mittel und Wege, wie es etwa durch die Kooperation mit ausgewählten Institutionen bzw. verantwortlichen Personen trotzdem möglich sei, an relevante Daten zu gelangen und auf diese Weise die anvisierte Zielgruppe zu kontaktieren. Ein nicht zu unterschätzender Faktor im Kontext der Nachwuchssuche in den Schulen ist das Auftreten von paralympischen Spitzensportlerinnen und -sportlern als *Motivational Speaker*.

Seitens der kanadischen sowie britischen Befragten wurden eine Vielzahl von Maßnahmen und Programmen erwähnt, die entweder von Dachsportorganisationen oder Verbänden zur gezielten Nachwuchssuche und -rekrutierung oder seitens einzelner (integrativer) Spitzenverbände konzipiert wurden. Für die USA wurde seitens der Verantwortlichen der Dachsportorganisation *US Paralympics* in Bezug auf das Vorhandensein gezielter Rekrutierungsmaßnahmen auf die Aktivitäten der *Paralympic Sport Clubs* verwiesen, die aber eher eine Koordinierungsinstanz sind und beispielsweise für Eltern den Kontakt zu ortsansässigen Sportvereinen herstellen. Kein einziger der interviewten US-Athleten berichtete den Weg zum Sport über besagte Clubs gefunden zu haben, vielmehr seien die (Schnupper-)Angebote der Behindertensportorganisationen Auslöser für sie gewesen, sich langfristig für den Sport zu interessieren.

## 4 Diskussion: Handlungsempfehlungen für die Praxis

Im Folgenden werden skizzenhaft Handlungs-/Optimierungsempfehlungen für die Praxis formuliert, die sich aus den Erkenntnissen der qualitativen und quantitativen Teilstudien ergeben haben. Diese Empfehlungen beruhen auf den Erfahrungen von Expertinnen und Experten aus den drei Ländern im Kontext der dortigen gesellschaftlichen Gegebenheiten.

Seitens der nationalen Dachsportorganisation ist als Top-Down-Strategie die Devise auszugeben, inklusive Sportverbände auf nationaler und regionaler Ebene zu schaffen. Die regionale Ebene ist von Beginn an in den Veränderungsprozess mit einzubeziehen, um das Überlappen von Verantwortlichkeiten und daraus folgend Auseinandersetzungen zwischen Sportverbänden, Behindertenverbänden sowie Behindertensportverbänden vorzubeugen. Für (Nachwuchs-)Athletinnen und -athleten mit Behinderung sind Möglichkeiten der individuellen Förderung sowohl in inklusiven als auch in separierten Settings zu schaffen. Die Wahl des Settings sollte beim Individuum liegen. Die Existenz eines integrativen/inklusive<sup>1</sup> Verbands zieht nicht per se ausschließlich inklusive Trainingsgruppen nach sich. Jedoch müssen im inklusiven Verband grundsätzlich die strukturellen Rahmenbedingungen für Sportlerinnen und Sportler mit und ohne Behinderung gleichwertig sein. Für Talentsichtung/-förderung sind Kooperationen von Expertinnen und Experten aus dem Behinderten-/Nichtbehinderten-

1 Zur Differenzierung zwischen den Begriffen „integrativ“ und „inklusive“ vgl. Radtke & Tiemann, 2014.

sport anzuregen, um sowohl der Behinderungsspezifität als auch dem Leistungssportaspekt gerecht zu werden. Unabhängig von der Sportart müssen in jede Trainerausbildung obligatorische Module zu behindertensportspezifischen Anforderungen mit aufgenommen werden. Parallel sollte im Zusammenhang mit den für Lizenzverlängerungen obligatorischen Trainerlehrgängen/-fortbildungen ein System etabliert werden, in dem gezielt Anreize für die Teilnahme an behindertensportspezifischen Modulen gesetzt werden (beispielsweise doppelte Anzahl von Anrechnungspunkten). Die sportartübergreifende Netzbildung unter Trainerinnen/Trainern ist im Hinblick auf die Entwicklungen eines systematischen Vorgehens bei Nachwuchssuche und -förderung äußerst hilfreich. Die Zusammenarbeit mit Schulen ist ein zentraler Aspekt im Kontext der Nachwuchssuche.

## 5 Literatur

- Doll-Tepper, G. (2002). Integrativer Behindertensport – Entwicklungen und Perspektiven. In H. Ohlert & J. Beckmann (Hrsg.), *Sport ohne Barrieren* (S. 15-26). Schorndorf: Hofmann.
- Gilbert, K. & Schantz, O.J. (2008). *The Paralympic Games: Empowerment or Slide Show?* Aachen: Meyer & Meyer.
- Howe, P.D. (2008). *The Cultural Politics of the Paralympic Movement through an Anthropological Lens*. Routledge: London/New York.
- Radtke, S. & Doll-Tepper, G. (2010). *Ist-Analyse von Talentsichtung und -förderung im Behindertensport in den deutschen Landesverbänden und im Ausland (Pilotstudie)*. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- Radtke, S. & Doll-Tepper, G. (2014). *Nachwuchsgewinnung und -förderung im paralympischen Sport. Ein internationaler Systemvergleich unter Berücksichtigung der Athleten-, Trainer- und Funktionsperspektive*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Radtke, S. & Tiemann, H. (zur Veröffentlichung eingereicht). Inklusion – Umgang mit Vielfalt unter besonderer Berücksichtigung der Kategorie Behinderung. In Deutscher Olympischer Sportbund (Hrsg.), *Expertise. Diversität, Inklusion, Interkulturalität – Leitbegriffe der Politik und sportwissenschaftliche Diskurse* (S. 16-26). Frankfurt am Main: DOSB. [erscheint in 2014]
- Thomas, N. & Smith, A. (2009). *Disability, sport and society. An introduction*. London/New York: Routledge.
- Wegner, M., Brückner, J.-P. & Pochstein, F. (2011). *Abschlussbericht zum BISp-Projekt „Nachwuchsgewinnung und Nachwuchsförderung im Hochleistungssport der Menschen mit Behinderungen“*. Kiel: Institut für Sportwissenschaft.



# Sportanlagen und Sporttechnologie



# Kriterienkatalog zur Planung und Bewertung von nachhaltigen Sportstätten

AZ 071401/11-12

Natalie Eßig<sup>1</sup>, Loni Siegmund<sup>1</sup> & Gerd Hauser<sup>2</sup> (Projektleiter)

<sup>1</sup>Hochschule München

<sup>2</sup>Technische Universität München

## 1 Problem

Die Förderung der Nachhaltigkeit im Bauwesen ist eines der Hauptziele der deutschen Bundesregierung. Da Sportstätten hierbei bisher nicht berücksichtigt wurden, eine Übertragung von Nachhaltigkeitsaspekten jedoch als sinnvoll und gewinnbringend erscheint, leitet sich die Forschungsfrage ab, wie Sportanlagen nachhaltig geplant, errichtet, betrieben, instandgesetzt und am Ende ihrer Nutzungszeit rückgebaut werden können. Zudem besteht sowohl für die Modernisierung, als auch den Neubau von Sportanlagen das Problem, dass der Sportstättenbau nicht weiterentwickelt wurde und an Konzeptionen vergangener Jahrzehnte, wie z. B. dem „Goldenen Plan“ festhält (Deutsche Olympische Gesellschaft, 1962 und 1967). Insgesamt fehlt es dem heutigen Sportstättenbau an einer übersichtlichen Orientierungshilfe, die sowohl allgemeine nachhaltigkeitsrelevante Planungsprozesse des Bauwesens berücksichtigt, als auch die zahlreichen vielfältigen Richtlinien und Planungsgrundlagen des Sportstättenbaus in einem Leitfaden bündelt.

Das Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) hat vor diesem Hintergrund das Forschungsprojekt „Leitfaden Nachhaltiger Sportstättenbau – Kriterien für den Neubau nachhaltiger Sporthallen unter der Leitung der Hochschule München und des Lehrstuhls für Bauphysik der TU München in Auftrag gegeben. Der Leitfaden schließt eine Informationslücke und leistet einen wichtigen Beitrag zur Förderung des nachhaltigen Sportstättenbaus, der sich an den unterschiedlichen Bedürfnissen, Organisationsstrukturen und Betriebsformen von Kommunen, Sportvereinen und privaten Anbietern orientiert.

## 2 Methode

Im Mittelpunkt des Projekts steht die Entwicklung eines Leitfadens für die Planung und Beurteilung einer nachhaltigen Gebäudequalität von Sportstätten unter gleichberechtigter Berücksichtigung von ökologischen, ökonomischen und sozialen Faktoren. Der Leitfaden setzt sich hierbei schwerpunktmäßig mit der Typologie der „Sporthalle“ auseinander. Aufbauend auf dieser nun erstmaligen Erschließung von Nachhaltigkeitskriterien für Sporthallen ist geplant, diese Systematik auf weitere Sportanlagentypen (z. B. Schwimmhallen, Stadien) für den Neubau und die Bestandssanierung zu übertragen. Des Weiteren soll die derzeitige Normungsarbeit im Bereich des Sportstättenbaus aktiv zum Themenbereich der „Nachhaltigkeit“ unterstützt werden. Zudem werden Probleme des heutigen Sportstättenbaus aufgezeigt, gleichzeitig aber auch Fragen beantwortet und anhand einer Beispielsammlung zu Spezialthemen eine Orientierungs- und Entwicklungshilfe für nachhaltige Sporthallen bereitgestellt. Der Leitfaden orientiert sich sowohl an den Anforderungen des Wettkampfsports als auch des Breiten-, Schul- und Gesundheitssports wie auch an offenen Spiel- und Bewegungsformen und ist in vier Teilbereiche gegliedert:

- › In Teil 1 werden Grundlagen zum Bau nachhaltiger Sportstätten beschrieben. Hierbei wird dargestellt, wie der Typus „Sporthalle“ bestimmt und gegenüber anderen Sportstätten und Gebäudetypologien abgegrenzt werden kann. In Abstimmung mit den Erfahrungen von Sportverbänden, Kommunen und der freien Wirtschaft werden Handlungsempfehlungen abgeleitet, die speziell auf den Gebäudetypus „Neubau Sporthalle“ abgestimmt sind und den Status Quo des heutigen nachhaltigen Sportstättenbaus abbilden.
- › In Teil 2 werden die Handlungsempfehlungen anhand des Planungsprozesses dargestellt und im Rahmen von Sonderkapiteln zu Themen, wie Gesundheit und Komfort, Wirtschaftlichkeit, Energiekonzepte etc. vertieft.
- › Die Ergebnisse der Anwendungen aus den jeweiligen Planungsschritten und die Ergebnisse aus den Vertiefungen der Sonderkapitel werden in Teil 3 an einem Sporthallen-Pilotprojekt beispielhaft dargestellt.
- › Teil 4 gibt einen Ausblick auf die zukünftige Entwicklung des Sportstättenbaus und stellt zahlreiche Checklisten und Informationsquellen für die nachhaltige Umsetzung von Sportstätten zur Verfügung.

### 3 Ergebnisse

Zur Umsetzung von nachhaltigen Sporträumen haben in den letzten Jahrzehnten insbesondere die deutschen Sportverbände beigetragen. Hierbei wurden zahlreiche Informationsplattformen und Leitlinien zur Umsetzung von nachhaltigen Sporträumen entwickelt. Neben Umweltkommunikationsdiensten, wie

- › dem DOSB-Informationssdienst „Sport schützt Umwelt“,
- › dem DOSB Internetportal „[www.klimaschutz-im-sport.de](http://www.klimaschutz-im-sport.de)“
- › und Infobroschüren der Sportverbände

spielt vor allem

- › der „Öko-Check“

eine wichtige Vorreiterrolle (Deutscher Olympischer Sportbund, 2011). Verschiedene Landessportbünde, wie der Landessportbund Hessen, der Bayerische Landessportverband oder der Landessportbund Rheinland-Pfalz bieten seit vielen Jahren die Öko-Check-Sportstättenberatungen an. Im Rahmen dieser Beratungen werden Sportgebäude und -anlagen hinsichtlich ihrer Einsparungen in den Bereichen Energie und Trinkwasser analysiert und Handlungsempfehlungen generiert, die mit finanziellen Förderungsmöglichkeiten gekoppelt sind (Deutscher Olympischer Sportbund, 2011).

Hierbei werden vorrangig nur die Teilbereiche „Ökologie“ und „Energieeffizienz“ betrachtet. Nachhaltigkeit im Bauwesen umfasst jedoch ein wesentlich komplexeres Themenfeld. Neben den klassischen Dimensionen des nachhaltigen Planens und Bauens, d. h. Ökologie, Wirtschaftlichkeit und Gesellschaft, wird zukunftsfähige Architektur auf nationaler und internationaler Ebene zunehmend durch Kategorien wie Technik- und Prozessqualität sowie durch funktionale und standortspezifische Aspekte charakterisiert (Ebert, Essig, & Hauser, 2010). Hierzu wurde in den letzten Jahren international eine Vielzahl von Instrumenten für die Nachhaltigkeitsbeurteilung von Gebäuden und Bauprodukten entwickelt, die sich speziell auf die Bedürfnisse der jeweiligen Nationen in Bezug auf deren klimati-

sche, kulturelle, und gesetzgebende Ausgangsbedingungen beziehen. Als Gütesiegel oder Nachhaltigkeitsbewertungsmethode der ersten Generation („Green-Building-Approach“) haben sich der englische Pionier BREEAM (BRE Environmental Assessment Method) und die amerikanische Methode LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) international etabliert. Aber auch neuere Systeme (Methoden der zweiten Generation – „Sustainable-Building-Approach“), wie das Zertifikat der Deutschen Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (DGNB) oder das BNB-Gütesiegel (Bewertungssystem Nachhaltiges Bauen) des BMVBS (Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung) aus Deutschland, die neben ökologischen Aspekten auch soziale und ökonomische Kriterien mit einbeziehen, bestimmen den globalen Markt mehr und mehr.

Für die Planung und Beurteilung der nachhaltigen Gebäudequalität von Sporthallen gilt es daher, gleichberechtigt ökologische, ökonomische und soziale Faktoren zu berücksichtigen. Zudem werden die technische Charakteristik, die Prozessqualität und der Standort des Gebäudes beurteilt. Für die Typologie der Sportraumplanung und des Sportstättenbaus gilt, es ergänzend die sportfunktionale Qualität zu integrieren (siehe Abb. 1).

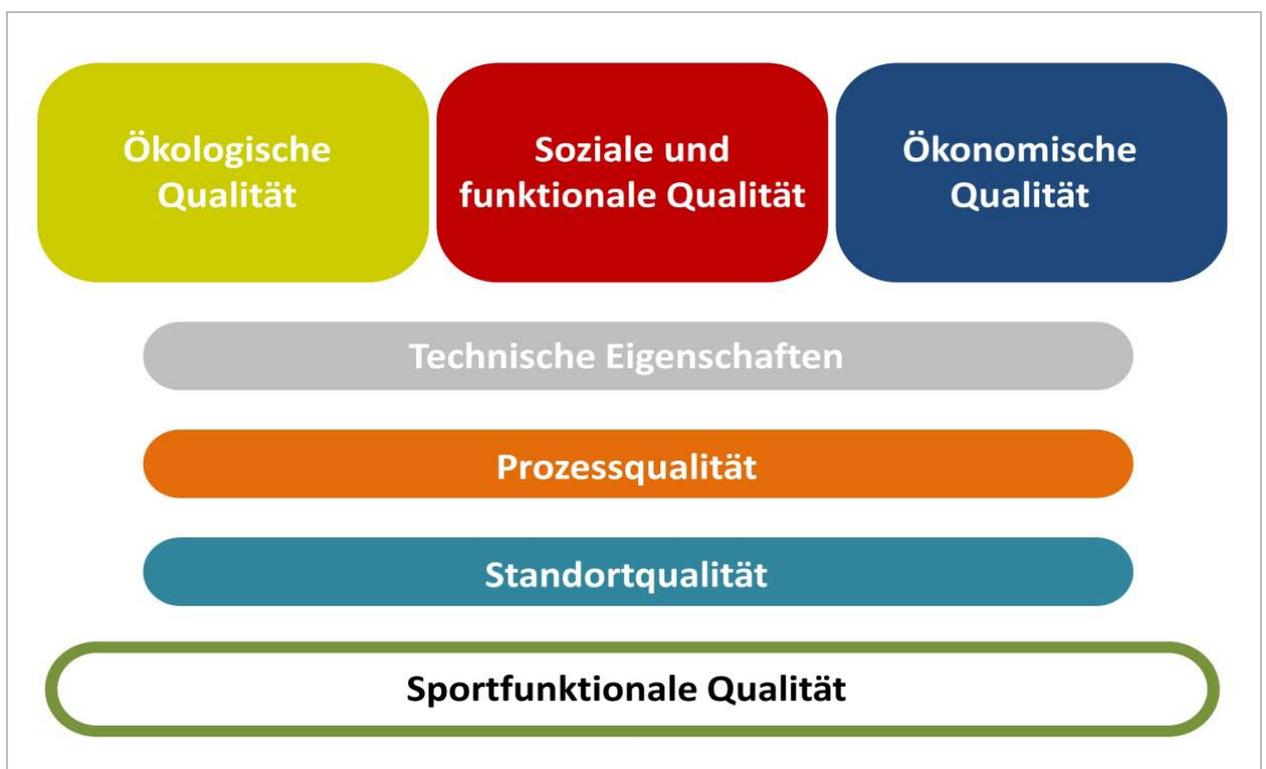


Abb. 1: Kategorien der Nachhaltigkeit von Sportstätten

Auch der gesamte Lebenszyklus von Sportstätten spielt eine wichtige Rolle,

- › angefangen von der Sportstättenentwicklungsplanung,
- › über den Entwurf,
- › den Bau,
- › den Betrieb (inkl. Erneuerung und Instandsetzung)
- › bis hin zum Rückbau (End-of-Life) (Essig, 2010).



Abb. 2: Lebenszyklus von Sporthallen

## 4 Diskussion

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde auf die Kriterienstruktur des Bewertungssystems Nachhaltiges Bauen (BNB) des BMVBS zurückgegriffen. Der bestehende Kriterienkatalog für den Neubau für Büro- und Verwaltungsbauten wurde hinsichtlich der Gebäudetypologie „Neubau Sporthalle“ analysiert und neue Kriterien für den Sporthallenbau nach Bedarf ergänzt.

Zusammenfassend kann der nachhaltige Sporthallenbau mit folgenden Indikatoren beschrieben werden:

- › **Ökologische Qualität:** Umweltbelastungen, Ökobilanz und Lebenszyklusanalyse (LCA), Energie (erneuerbar, nicht erneuerbar), Materialien, Wasser, Fläche, Abfall, Recycling etc.
- › **Ökonomische Qualität:** Wirtschaftlichkeit, Lebenszykluskosten (LCC), Drittverwendung etc.
- › **Soziokulturelle und funktionale Qualität:** Komfort (thermisch, akustisch, visuell), Gesundheit, Innenraumluftqualität, Nutzer, Barrierefreiheit, Flächeneffizienz, Umnutzungsfähigkeit, Sicherheit, Zugänglichkeit, Einflussnahme des Nutzers, Fahrradkomfort, Architektur und Design, regionale und kulturelle Kriterien, Innovation etc.
- › **Technische Eigenschaften:** Brandschutz, Haltbarkeit, Reinigungsfreundlichkeit, Wetter- und Umweltresistenz, Technische Gebäudeausstattung, Gebäudehülle, Demontage etc.
- › **Prozessqualität:** Planungsprozess, Vorplanung, integrale Planung, Ausschreibung Baustellenabläufe, Inbetriebnahme, Betrieb etc.
- › **Standortqualität:** Mikrostandort, Verkehrsanbindung, Nachbarschaft, Bauordnung, Erweiterungsmöglichkeiten, Flächenverbrauch, Biodiversität, nutzerspezifische Einrichtungen etc.
- › **Sportfunktionale Qualität:** Durchführung einer Sportstättenentwicklungsplanung, Wettkampf- und Trainingsbereiche, Mehrzweckeinrichtungen, Infrastruktur, Erschließungsbereiche, Zuschauerbereiche, Medieneinrichtungen, Nutzer (Sportler, Zuschauer) etc.

## 5 Literatur

- Deutsche Olympische Gesellschaft (Hrsg.) (1962). *Der Goldene Plan der Gemeinden*. Frankfurt am Main: Limpert-Verlag.
- Deutsche Olympische Gesellschaft (Hrsg.) (1967). *Zweites Memorandum zum Goldenen Plan für Gesundheit, Spiel und Erholung*. Frankfurt am Main.
- Deutscher Olympischer Sportbund (Hrsg.) (2011). *Klimaschutz im Sport*. Frankfurt.
- Ebert, T., Essig, N. & Hauser, G. (2010). *Zertifizierungssysteme für Gebäude*. München: Detail-Verlag.
- Essig, N. (2010). *Nachhaltigkeit von Olympischen Bauten*. Stuttgart: irb Verlag.



# Entwicklung und Evaluation eines mobilen Messsystems zum Online-Monitoring von Leistungsparametern hochdynamischer Sprint- und Sprungbewegungen (SpoSeNs)

(AZ 071503/13)

Marcus Schmidt<sup>1</sup>, Thomas Jaitner (Projektleiter)<sup>1</sup>, Marcel Bieschke<sup>1</sup>, Jann-Erik Jürjens<sup>1</sup>, Kevin Nolte<sup>1</sup>, Carl Rheinländer<sup>2,3</sup>, Sebastian Wille<sup>2,3</sup> & Norbert Wehn<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TU Dortmund, AG Bewegungs- und Trainingswissenschaft

<sup>2</sup>TU Kaiserslautern, AG Entwurf Mikroelektronischer Systeme

<sup>3</sup>Asandoo GmbH

## 1 Problem

Bei hochdynamischen Sprint- und Sprungbewegungen in der Leichtathletik müssen die Sportlerinnen und Sportler innerhalb einer sehr kurzen Zeitspanne präzise Bewegungen unter Realisation von hohen Kräften ausführen. Minimale Differenzen der Bewegungsausführung können hier dazu führen, dass angestrebte Adaptionsmechanismen nicht ausgelöst werden und eine positive Leistungsentwicklung ausbleibt. Solche Differenzen sind andererseits häufig nur schwer bis gar nicht zugänglich oder nur indirekt erschließbar. In der Trainingspraxis ergibt sich dadurch die Forderung, eine trainingsbegleitende Diagnostik dieser Aspekte zu ermöglichen (DLV, 2008).

Zur Sprungdiagnostik sind mittlerweile Messverfahren etabliert, die eine Erfassung der Stütz- und Flugzeiten sowie Sprunghöhen unter Feldbedingungen ermöglichen. Der Einsatz von Kontaktmatten oder optometrischen Systemen (z. B. Optojump®) ist jedoch auf einen begrenzten Raum beschränkt und eine automatisierte Datenverarbeitung für Sportlergruppen wird nur sehr eingeschränkt unterstützt. Eine vielversprechende Alternative dazu stellen Messsysteme dar, die eine Datenerfassung mittels Inertialsensoren und eine funkbasierte Übertragung verbinden und eine Diagnostik inklusive Online-Monitoring für den flexiblen Einsatz im Training ermöglichen.

Erste Studien zur Sprung- und Sprintanalyse mittels mobiler Inertialmessung belegen hohe Korrelationen für die Flugzeit und Sprunghöhe beim Counter-Movement-Jump (Picerno et al. 2011;  $r = .87$ ) beziehungsweise für den reaktiven Sprungkraftindex beim Drop Jump (Patterson & Caulfield, 2010;  $r = .98$ ) zwischen Inertialmesssystemen und Referenzsystemen (Kraftmessplattform oder optometrische Messsysteme). Für die Stütz- und Flugzeiten beim Sprint ermittelten Bergamini et al. (2012) mittlere absolute Abweichungen von 0,005 Sekunde zu den mittels Dynamometrie und Hochfrequenzvideometrie erfassten Referenzwerten.

Ziel dieses Forschungsprojekts war die Entwicklung und Evaluation eines mobilen Messsystems auf der Basis von Inertialsensoren, das unter Feldbedingungen (d. h. auf dem Sportplatz oder in der Halle) eine automatisierte Sprungdiagnostik für reaktive Sprünge in der Leichtathletik und ein Online-Monitoring für eine Gruppe von Sportlerinnen und Sportlern ermöglicht.

## 2 Methode

Entwickelt wurde eine spezifische Wireless-Sensor-Netzwerk-Plattform (SpoSeNs-Plattform), die einen Sensor-Knoten, eine modulare Hardware -und Softwarearchitektur sowie eine Applikation für Android-Smartphones/-Tablets umfasst. Der Sensorknoten besitzt einen leistungsstarken und zugleich sehr energiesparenden Mikrocontroller, Inertialsensoren (hoch-auflösender 3-Achs-Accelerometer, ein 3-Achs-Gyroskop und einen 3-Achs-Magnetfeldsensor bei einer Abtastrate von 1kHz) sowie ein Funkmodul in einem  $80 \times 56 \times 24 \text{ mm}^3$  großen und 65 g leichten Gehäuse (vgl. Abb.1, links). Der Sensor wird am Knöchel der Testpersonen befestigt (vgl. Abb. 1, rechts) und überträgt die berechneten Leistungsparameter über Bluetooth Low Energy© (BLE) auf ein mobiles Endgerät. Dort werden die empfangenen Parameter dargestellt und können den Sportlerinnen und Sportlern zugeordnet werden.



Abb. 1: Sensor-Knoten (links), Befestigung des Knotens am Knöchel des Sportlers (rechts)

Aufgrund der geringen Größe und des niedrigen Gewichts behindert der Sensor die Sportlerinnen und Sportler kaum und arbeitet auch unter ungünstigen Bedingungen robust und zuverlässig (z. B. hohe mechanische Belastung). Zudem bedarf das System keinerlei besonderer Vorkenntnisse und kann mittels vertrauter Endgeräte (bevorzugt Smartphone oder Tablet-PC) bedient werden.

Im bisherigen Verlauf des zweigliedrigen Projekts wurde zunächst ein Auswertungsalgorithmus für reaktive Vertikalsprünge entwickelt, implementiert und evaluiert. Die Parameterberechnung umfasst die Bodenkontaktzeit ( $t_s$ ), die Flugzeit ( $t_f$ ) sowie daraus abgeleitet die Sprunghöhe (H) und den reaktiven Sprungkraftindex (RI). Die Detektion der Stütz- und Flugzeiten erfolgt anhand von gefilterten Rohdaten des vertikalen Accelerometersignals.

Im Rahmen der Validierungsstudie führten 7 Leichtathletinnen bzw. -athleten und 3 Basketballerinnen bzw. -baller (Durchschnittsalter 25,1 Jahre, SD = 3,45 Jahre; Durchschnittsgröße 186,3 cm, SD = 10,4 cm; Gewicht durchschnittlich 77,3 kg, SD = 12,45 kg) insgesamt 150 Drop Jumps aus drei verschiedenen Fallhöhen (31,5 cm, 40 cm und 50 cm) aus. Als Referenzsystem wurde eine Kraftmessplatte (AMTI BP 600400) mit einer Abtastrate von 1 kHz genutzt.

### 3 Ergebnisse

Von 150 durchgeführten Sprüngen wurden 141 korrekt durch das mobile Messsystem detektiert. Das entspricht einer Detektionsrate von 94 %. Die geringere Anzahl an fehlenden Datensätzen bezüglich der Parameter  $t_p$ , H und RI (vgl. Tab. 1) kommt durch Fehldetektionen der Referenzmessung zustande. Die Abweichungen zwischen den anhand des Referenzsystems und den basierend auf der Vertikalbeschleunigung berechneten Stützzeiten lag im Mittel bei 3,40 ms. Für die Flugzeiten lagen die Werte mit ca. 5,2 ms etwas höher, was jedoch zu Sprunghöhenunterschieden von weniger als 0,6 cm führt (Tab. 1). Für den reaktiven Sprungkraftindex liegen die Abweichungen im Mittel bei 0,06. Bezüglich aller ermittelten Parameter liefert das Messsystem in mehreren Fällen keinerlei Abweichungen von der Referenzmessung. Bei den jeweils aufgetretenen maximalen Abweichungen ist festzuhalten, dass diese alle bei der Messung der gleichen Testperson erzielt wurden. Die Resultate des mobilen Messsystems weisen damit bei allen Parametern eine hohe Übereinstimmung mit den mittels Kraftmessplattform berechneten Werten auf. Die ermittelten Differenzen liegen im Bereich der in früheren Studien ermittelten Werte (Patterson & Caulfield, 2010; Picerno et al., 2011).

Tab. 1: Differenzen der Messparameter aus Kraftmessplattform (KMP) und Inertialmesssystem.

Parameter	N	Mittlere Differenz (KMP-IS)	Standardabweichung	Minimum	Maximum
$t_s$	141	3,40 ms	+/- 2,97 ms	0 ms	14 ms
$t_f$	138	5,18 ms	+/- 3,85 ms	0 ms	22 ms
H	138	0,59 cm	+/- 0,47 cm	0 cm	2,4 cm
RI	138	0,06	+/- 0,05	0,00	0,22

### 4 Diskussion

Das Forschungsprojekt „SpoSeNs“ umfasste die Entwicklung und Evaluation eines prototypischen Messsystems zur Leistungsdiagnostik in leichtathletischen Sprung- und Sprintdisziplinen. Das entwickelte Messsystem ermöglicht ein zuverlässiges Monitoring kinematischer Parameter für eine Gruppe von Sportlerinnen und Sportlern (> 10 Springerinnen/Springer bzw. Sprinterinnen/Sprinter) und eröffnet damit in Verbindung mit einer funkbasierten Datenübertragung ein breites Anwendungsspektrum im Sprungkrafttraining und mit Anpassung der Auswertungsalgorithmen auch im Sprinttraining. Bislang ist für vertikale Sprünge eine auch für den Hochleistungssport hinreichend genaue und valide Detektion von Bodenkontaktzeiten und Flugzeiten möglich. Der Einsatz des Systems stellt Athletinnen und Athleten sowie Trainerinnen und Trainern innerhalb kürzester Zeit wichtige Informationen über die abgelaufene Bewegung in Form von Leistungsparametern zur Verfügung und lässt eine erhebliche qualitative Verbesserung des Trainings erwarten.

Darüber hinaus sind ein Monitoring von beispielsweise Sprungserien über eine längere Distanz (> 20 m) oder Sprints durch das System prinzipiell zu realisieren. Die weiteren Planungen für das anschließende zweite Teilprojekt sehen in erster Linie die Entwicklung von Algorithmen zur Detektion von Leistungsparametern bei Sprints vor. Ebenso soll der bereits bestehende Algorithmus weiterentwickelt werden, um eine noch zuverlässigere Detektion zu gewährleisten. Basierend darauf, soll das mobile Messsystem eingesetzt werden, um Änderungen raum-zeitlicher Merkmale im Verlauf der Wettkampfstrecke (Langsprint und Hürdensprint) oder bei der Durchführung von Sprungserien und Mehrfachsprüngen zu untersuchen. Im Fokus stehen primär ermüdungsbedingte Änderungen von

Leistungs- und Technikmerkmalen. In früheren Studien wurde beispielsweise der reaktive Sprungindex bereits als Indikator für den Ermüdungs- und Erholungszustand von Athletinnen bzw. Athleten genutzt (Horita et al. 1999; Toumi et al. 2006). Dementsprechend erwarten wir uns aus den Ergebnissen des zweiten Teilprojekts wichtige Erkenntnisse für die Trainingsgestaltung und -steuerung im Leistungs- und Hochleistungssport der leichtathletischen Sprint- und Sprungdisziplinen.

## 5 Literatur

- Bergamini, E., Picerno, P., Pillet, H., Natta, F., Thoreux, P., & Camomilla, V. (2012). Estimation of temporal parameters during sprint running using a trunk-mounted inertial measurement unit. *Journal of biomechanics*, 45 (6), 1123-1126.
- Deutscher Leichtathletik Verband (DLV) (Hrsg.) (2008). *Jugendleichtathletik. Offizieller Rahmentrainingsplan des Deutschen Leichtathletikverbandes für die Sprungdisziplinen im Aufbautraining*. Münster: Philippka.
- Horita, T., Komi, P. V., Nicol, C. & Kyrolainen, H., 1999. Effect of exhausting stretch-shortening cycle exercise on the time course of mechanical behaviour in the drop jump: possible role of muscle damage. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 79 (2), 160-167.
- Patterson, M. & Caulfield, B. (2010). A method for monitoring reactive strength index. *Procedia engineering*, 2 (2), 3115-3120.
- Picerno, P., Camomilla, V. & Capranica, L (2011). Countermovement jump performance assessment using a wearable 3D inertial measurement unit. *Journal of sports sciences*, 29 (2), 139-146.
- Toumi, H., Poumarat, G., Best, T. M., Martin, A., Fairclough, J. & Benjamin, M. (2006). Fatigue and muscle-tendon stiffness after stretch-shortening cycle and isometric exercise. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 3 (5) , 565-572.

# Die „PrävenThese“ für den Skirennsport

## Entwicklung eines Knieprotektors für den alpinen Skirennlauf

(IIA-081501/11-13)

*Peter Brucker<sup>1</sup>, Laura Diez<sup>8</sup>, Andreas Huber<sup>6</sup>, Volker Junior<sup>8</sup>, Eckehard F. Moritz<sup>4</sup>, Michaela Nusser<sup>5</sup>, Matthias Olvermann<sup>3</sup>, Hartmut Semsch<sup>7</sup>, Veit Senner<sup>5</sup>, Peter Spitzenpfeil<sup>3</sup>, Greta Stehling<sup>4</sup> (Projektleiterin) & Karlheinz Waibel<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>TU München, Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie

<sup>2</sup>Deutscher Skiverband

<sup>3</sup>TU München, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaft, Arbeitsbereich Angewandte Sportwissenschaft

<sup>4</sup>Innovationsmanufaktur GmbH (Projektleitung)

<sup>5</sup>TU München, Lehrstuhl für Ergonomie, Fachgebiet Sportgeräte und -materialien

<sup>6</sup>Olympiastützpunkt Bayern

<sup>7</sup>Ortema GmbH

<sup>8</sup>phoenix GmbH & Co. KG

Skirennfahrerinnen bzw. -rennfahrer leben gefährlich, das Verletzungsrisiko fährt immer mit. Besonders anfällig sind die Rennläuferinnen und -läufer für Knieverletzungen, das zeigen nicht nur die Verletzungsstatistiken der letzten Jahre, sondern auch prominente Fälle wie zum Beispiel der Kreuzbandriss von Lindsey Vonn Anfang Februar 2013 bei der Ski-WM in Schladming. Das Knie ist mit zirka 36 Prozent nicht nur das am häufigsten verletzte Körperteil der Athleteninnen und Athleten, es dauert auch mit am längsten zum Heilen, führt also zu langen Ausfallzeiten und oft sogar zum Karriereende, wie zum Beispiel 2005 bei Hilde Gerg.

Obwohl das Risiko bekannt ist, lehnen die meisten Athleteninnen und Athleten herkömmliche präventive Knieorthesen ab, denn sie sind ihnen zu voluminös. Die Gurte, mit denen sie am Bein befestigt werden, schränken subjektiv die Bewegungsfreiheit – und damit die Leistung – der Athleteninnen und Athleten ein.

Anstatt nur das Beste zu hoffen und die Kreuzbänder erst nach Unfällen wieder zu flicken, hat es sich der Deutsche Skiverband, speziell der ehemalige Herren-Cheftrainer und jetziger Bundestrainer Wissenschaft und Technologie Karlheinz Waibel, zusammen mit einem interdisziplinären Projektteam zum Ziel gesetzt, einen präventiven Schutz zu entwickeln, der Knieverletzungen nach Möglichkeit von vorneherein verhindert. Nach mehr als zwei Jahren Forschungs- und Entwicklungstätigkeit, gefördert vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft, ist so eine Orthese entstanden, die mit einer revolutionär neuen Technik jeder Athletin und jedem Athleten individuell mittels 3D-Scans angepasst wird.

Die PrävenThese (zusammengesetzt aus **präventive Orthese**, Abb. 1 links) verspricht absolute Bewegungsfreiheit und hervorragenden Tragekomfort bei maximalem Schutz und hat ihren Anspruch auch schon unter Beweis gestellt: Ihre erste Feuertaufe fand beim Weltcup-Riesenslalom in Val d'Isere statt, wo Stefan Luitz (Abb. 1 rechts), einer der Hoffnungsträger im DSV-Alpin-Kader, mit PrävenThese auf den 3. Platz fuhr – nur zehn Monate nach seinem Kreuzbandriss (o.V. 2013; Müller, 2013). Auch bei den Olympischen Spielen in Sotschi bewährte sich die PrävenThese: Fabienne Suter fuhr bei der Olympiaabfahrt der Damen mit PrävenThese auf den 5. und beim Super-G auf den 7. Platz. Stefan Luitz lag beim Riesenslalom der Herren bis zu seinem ärgerlichen Einfädler beim letzten Tor auf Medaillenkurs.



Abb. 1: Die PrävenThese vereint Passform, Stabilisierung und Bewegungsfreiheit (links)  
Stefan Luitz (DSV) mit der PrävenThese (rechts)

## Was macht die PrävenThese so revolutionär?

Zu Beginn des Projekts wurden die Zahlen des „FIS Injury Surveillance Systems“ (FIS ISS) des Oslo Sports Trauma Research Center (Bere, 2011) herangezogen, um Verletzungsmechanismen zu verstehen und nach einer qualifizierten Analyse (Brucker, 2014) der Bewegungsmuster eine Entscheidung hinsichtlich möglicher Verletzungsprophylaxe zu fällen.

Ebenso analysierte das Projektkonsortium bereits existierende Orthesenmodelle und ihre Akzeptanz unter Spitzensportlerinnen und -sportlern. Diese Analyse zeigte, dass Athleteninnen und Athleten herkömmliche Orthesen wenig bis gar nicht akzeptieren, denn sie sind entweder hart – dann nehmen sie zwar viele Kräfte auf, schränken aber auch die Bewegungsfreiheit messbar ein – oder weich, dann sitzen sie zwar angenehm, können aber kaum Kräfte aufnehmen. Zudem sitzen besonders die Hartrahmenorthesen oft nicht optimal und verrutschen. Dadurch fühlen sich die Athleteninnen und Athleten in ihrer Bewegungsfähigkeit eingeschränkt und können subjektiv weniger leisten. Dieses Wissen und das breite Know-how des Konsortiums bildeten die Basis für die Entwicklung eines präventiv verwendbaren Knieprotektors für den alpinen Skisport

Die PrävenThese wurde im interdisziplinären Zusammenspiel mit dem Deutschen Skiverband und dem Herren-Cheftrainer Karlheinz Waibel entwickelt. Die Projektgruppe, koordiniert von der Münchner Innovationsmanufaktur GmbH, bestand außerdem aus Wissenschaftlern und Medizinern der Technischen Universität München, Experten des Olympiastützpunkts Bayern, Fertigungsexperten der phoenix GmbH & Co. KG sowie erfahrenen Orthopädie-Technikern der ORTEMA GmbH (Abb. 2).



Abb.2: Das Projektkonsortium

Wie auch in Abb. 3 zu sehen ist, umfasst das Konzept der PrävenThese drei Ebenen, die von weich (innen) zu hart (außen) aufgebaut sind. Dieses Prinzip wurde als Prototyp diversen Tests unterzogen und schließlich im endgültigen Produkt umgesetzt. Die Ebenen 1 und 2 übernehmen die Anbindung am Bein, die Ebenen 2 und 3 die Hauptschutzfunktion; gleichzeitig wirken alle Ebenen als Gesamtsystem zusammen.

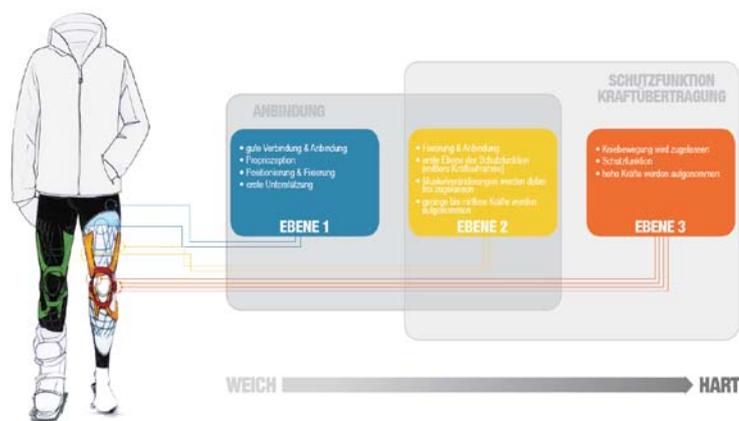


Abb. 3: Dreistufiges Schutzkonzept der PrävenThese

Dieses revolutionäre Schichtprinzip ist folgendermaßen aufgebaut: Die unterste Ebene direkt am Bein ist eine Kompressionshose, die sowohl propriozeptiv wirkt als auch schon eine erste Unterstützung des Knies bietet, aber hauptsächlich für einen optimalen Sitz der Orthese sorgt. Die Kompressionshose ist an definierten Stellen mit Silikon beschichtet und mindert so die Relativbewegung zwischen Bein und Orthese.

Die zweite Schicht besteht aus zwei Carbonschalen, die zur Anbindung der dritten Schicht dienen und auch schon geringe bis mittlere Kräfte aufnehmen können. Zur Gestaltung dieser Schalen werden die Beine jeder einzelnen Athletin und jedes Athleten mehrmals mittels 3D-Oberflächenscanner gescannt: sowohl in Ruheposition als auch in verschiedenen skitypischen Beugungswinkeln. Daraus wird errechnet, wo während der Bewegung keine Muskelvolumenveränderung stattfindet (Abb. 4), wo also der ideale Ort für die Anbindung der Orthese am Bein ist (Abb. 5).

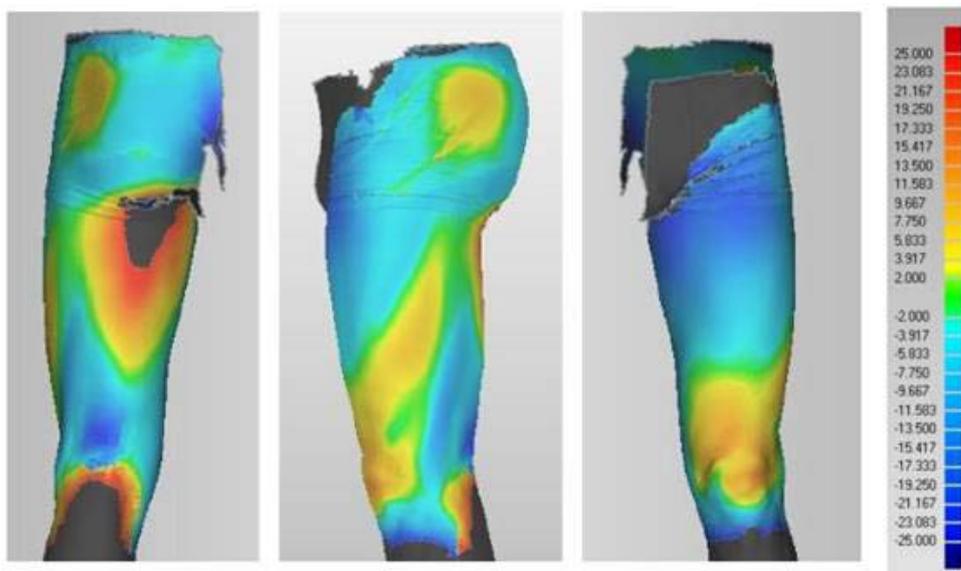


Abb. 4: 3D-Oberflächenscans des Beins zeigen die Flächen der geringsten Volumenveränderung bei skitypischen Bewegungen zur Festlegung des Carbonrahmenzuschnitts

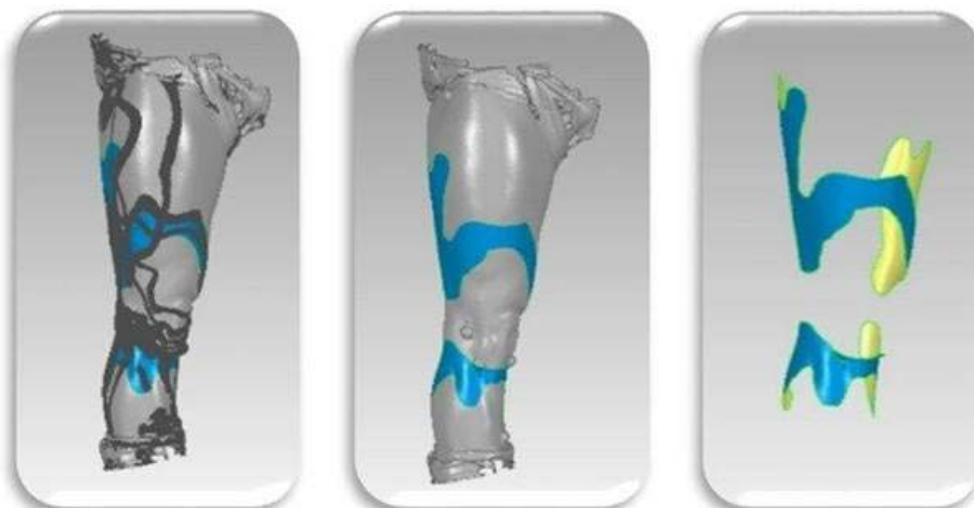


Abb. 5: Ableitung der individuellen Rahmenform der PrävenThese für eine optimale Passform

Die dritte, stabilste Ebene besteht aus einem zweiteiligen Carbonrahmen, der über zwei Gelenke verbunden ist, und der das Knie direkt umschließt. Diese Schicht dient der Aufnahme von hohen Kräften, also dem Schutz des Knies, lässt aber gleichzeitig die Kniebewegung zu. Die drei Ebenen werden also von innen nach außen immer härter und können damit immer mehr Kräfte aufnehmen. Durch das Zusammenspiel wird das Knie optimal geschützt, während die Athleteninnen und Athleten gleichzeitig in ihrer Bewegungsfreiheit nicht eingeschränkt werden.

Nach mehr als zwei Jahren Forschungs- und Entwicklungstätigkeit ist der Grundstein für eine (r)evolutionäre Technologie gelegt, die ab sofort verfügbar ist. Mit der ORTEMA konnte ein starker und erfahrener Partner für Produktion und Vertrieb gewonnen werden, der jahrelange Erfahrung im der Versorgung von Sportlerinnen und Sportlern mit Knieverletzungen hat (Semsch 2014a; Semsch 2014b).

Die Arbeit an der PrävenThese ist aber noch nicht beendet: Um die Orthese weiter zu optimieren, arbeitet das Projektteam derzeit an einer weiteren Perfektionierung der Kompressionshose: Die Silikonbeschichtung auf der Kompressionshose soll den sogenannten Lines of non-extension (LONEs) folgen, eine Technologie, die übrigens auch in den neuen Raumfahrtanzügen der NASA eingesetzt wird. Auch die Schutzfunktion der PrävenThese wird an einem neu entwickelten Prüfstand der TU München weiterhin überprüft und quantifiziert (Nusser, 2013).

Abschließend lässt sich sagen, dass dieses Projekt bewiesen hat, was zuvor noch keiner für möglich gehalten hat: Umfassender Schutz ohne notwendige Einschränkung des Bewegungsspielraumes ist möglich. Eine gute Nachricht – besonders für Spitzensportlerinnen und -sportler, für die Knieoperationen eine Art Super-GAU darstellen, aber in Zukunft möglicherweise auch für Breitensportlerinnen und -sportler in diversen Sportarten (angefangen von Skisport, über Motorcross bis hin zu Eishockey), die Wert auf mehr Sicherheit für dieses so gefährdete Körperteil legen.

## Quellen (Auszug)

- Barone, M., Senner, V. & Schaff P. (1999). ACL-injury mechanism in alpine skiing- New aspects based on accidental ACL-rupture under experimental conditions. In R.J. Johnson, C.D. Mote Jr. & A. Ekeland (Eds), *Skiing Trauma and Safety*, Twelvth International Symposium, ASTM STP 1345, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 63-81.
- Bere, T., Flørenes, T., Krosshaug, T., Koga, H., Nordsletten, L., Irving, C., Muller, E., Reid, R., Senner, V. & Bahr, R. (2011). Mechanisms for Anterior Cruciate Ligament Injury in World Cup Alpine Skiing: A Systematic Video Analysis of 20 Cases. *British journal of sports medicine*, 45, 326-327. doi:10.1136/bjsm.2011.084038.47.
- Brucker, P., Katzmaier, P., Olvermann, M., Huber, A., Waibel, K., Imhoff, A.B. & Spitzenpfeil, P. (2014). Alpiner Skibreiten- und Skileistungssport - Typische Verletzungsmuster und Möglichkeiten der Prävention, *Der Unfallchirurg* 2014 10.1007/s00113-013-2464-4.
- Brucker, P., Spitzenpfeil, P., Olvermann, M., Grabisch, A., Frühschtüz, H. & Böhm, H. (o.D.). *Three-dimensional kinematics of the knee during ski-specific motion patterns with respect to knee injuries in alpine skiing* (noch nicht veröffentlicht).
- Moritz, E. F. (2009). *Holistische Innovation. Konzept, Methodik und Beispiele*. Heidelberg: Springer.
- Müller, M. (2013). Super-Luitz: Wie auf Schienen, in *Tageszeitung (TZ)*, unter: <http://www.tz.de/sport/wintersport/stefan-luitz-rast-nach-seiner-knie-op-schienen-3282363.html> (abgerufen am 20.12.2013)
- Nusser, M., Senner, V. & Brucker, P. (2013). *Development of an artificial knee joint and ski load simulator for the evaluation of knee braces and mechatronic ski bindings*. International Congress on Science and Skiing (noch nicht veröffentlicht).
- o.V. (2013). Weltklasse mit Orthese. *Frankfurter Allgemeine Zeitung* (20.12.2013), S. 015.
- Semsch, H. & Kandlbinder, A. (2014a). Schutz – PrävenThese – neues Konzept zur Prävention im Skisport, *sportprotection Magazin* 01.14.
- Semsch, H. & Kandlbinder, A. (2014b). Knieverletzung – neues Konzept zur Prävention im Skisport, *medicalsportsnetwork Magazin* 03.14, ZKZ 73944.
- Spitzenpfeil, P., Olvermann, M., Senner, V., Nusser, M., Diez, L., Junior, V., Huber, A., Waibel, K., Moritz, E.F., Stehling, G., Semsch, H. & Brucker, P. (o.D.). *Development and first evaluations of a novel preventive knee brace for alpine skiracing* (noch nicht veröffentlicht).

# WVL-Projekte



# Trainings- und Wettkampfqualität aus Athleten- und Trainersicht (QuATraS)

(AZ 081905/09-12)

Frank Hänsel<sup>1</sup> (Projektleiter), Josef Wiemeyer<sup>1</sup>, Karl-Heinrich Bette<sup>1</sup>, Franz Bockrath<sup>1</sup>, Miriam Hilgner<sup>1</sup>, Eric Kappes<sup>1</sup>, Christian Schulz<sup>1</sup>, Sven Werkmann<sup>1</sup>, Christian Simon<sup>1</sup> & Sören D. Baumgärtner<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität Darmstadt, Institut für Sportwissenschaft

<sup>2</sup>Goethe-Universität Frankfurt am Main, Institut für Sportwissenschaften

## 1 Problem

### 1.1. Einleitung

Das übergeordnete Ziel des Forschungsprojekts „Trainings- und Wettkampfqualität aus Athleten- und Trainersicht“ (QuATraS) ist die Bereitstellung von wissenschaftlich fundierten Grundlagen für eine optimierte Gestaltung und Steuerung der Trainer-Athlet-Beziehung im Nachwuchsleistungs- und Spitzensport. Der zentrale Bezugspunkt, an dem die Trainer-Athlet-Beziehung in diesem Projekt untersucht wird, ist die wahrgenommene Qualität von Trainings- und Wettkampfprozessen, also die subjektive Innensicht von Athletinnen bzw. Athleten sowie von Trainerinnen und Trainern zur Güte von Training und Wettkampf. Die Annahmen sind, (1) dass sich die Innensichten zwischen den Akteuren zu Fragen der Qualität unterscheiden und (2) dass diese unterschiedlichen Innensichten zu Störungen in der Interaktion und Beziehungsgestaltung führen und (3) dass diese Störungen wiederum die langfristige Leistungsentwicklung von Athletinnen bzw. Athleten negativ beeinflussen.

Ausgangspunkt zur Erfassung der Trainings- und Wettkampfqualität aus Athleten- und Trainersicht ist dabei die Analyse sogenannter kritischer Ereignisse. Konkrete Ziele sind hier unter anderem (1) die umfassende Sammlung kritischer Ereignisse im Nachwuchsleistungs- und Spitzensport sowie (2) die Entwicklung einer Systematik kritischer Ereignisse, die verschiedene Handlungsfelder und Zeitdimensionen integriert, Betrachtungsebenen interdisziplinär verknüpft und damit die isolierte Betrachtung kritischer Ereignisse überschreitet. Darauf aufbauend werden (3) die Gemeinsamkeiten und Unterschiede in der wahrgenommenen Qualität bei Athletinnen und Athleten sowie Trainerinnen und Trainern analysiert und (4) ein webbasiertes Lern- und Diagnosetool zur Erfassung der wahrgenommenen Qualität und der Wahrnehmungskongruenz zwischen Athletinnen/Athleten und Trainerinnen/Trainern in der leistungssportlichen Praxis entwickelt.

### 1.2 Theoretischer Hintergrund

Im Folgenden werden drei Aspekte des theoretischen Hintergrundes aus einer eher sportpsychologischen Perspektive kurz beleuchtet.

- › *Die Berücksichtigung subjektiver Qualitätswahrnehmung.* Die Beurteilung der Qualität ist nicht nur von der Beschaffenheit eines Objektes oder einer Leistung abhängig, sondern auch von den subjektiven Wahrnehmungen, Erwartungen, Bedürfnissen, Werten und Normen der Nutzer, Adressaten oder Beteiligten. Die Berücksichtigung der subjektiven Wahrnehmung von Qualität unterschiedlicher Beteiligter entspricht den aktuellen Auffassungen der Forschung zur Qualität und firmiert hier unter Begriffen wie „kundenorientierter“ oder Stakeholder-Ansatz. In verschiedenen Handlungsfeldern – und zwar nicht nur im privatwirtschaftlichen Sektor, sondern auch bei Nonprofit-Organisationen

des Bildungs- und Gesundheitswesens, karitativer oder öffentlicher Träger – zeigt sich der Nutzen dieser Ansätze nicht nur im Hinblick auf Akzeptanz, Zufriedenheit und Bindung der Beteiligten, sondern auch im Hinblick auf Leistungs- und ökonomische Vorteile (Hänsel et al., 2013a).

Auch zur Bestimmung der Qualität von Trainings- und Wettkampfprozessen können nicht nur objektive Daten (z. B. Trainingsumfänge, -zeiten, -intensitäten und -leistungen), sondern auch subjektive Wahrnehmungen der Beteiligten berücksichtigt werden. Die Berücksichtigung und Analyse subjektiver Sichtweisen hat zwei Vorteile. Erstens beeinflussen subjektive Wahrnehmungen objektive Verhaltensmaße (z. B. die Befolgung des Trainingsplans). Die Analyse der subjektiven Wahrnehmungen liefert somit wichtige Hinweise auf die Effektivität von Trainings- und Wettkampfmaßnahmen. Zweitens können die subjektiven Wahrnehmungen mit den Sichtweisen anderer Personen verglichen werden und eventuelle Differenzen – beispielsweise zwischen Trainer und Athlet – aufgedeckt werden.

- *Die Übereinstimmung subjektiver Wahrnehmungen in Trainer-Athlet-Dyaden.* Die Übereinstimmungen und Differenzen in der Wahrnehmung der Qualität von Trainings- und Wettkampfprozessen ist für den Sport bisher nicht untersucht worden. Die Perspektive der Akteure wird vor allem in Studien zum Führungsverhalten von Trainern und zur Beziehung zwischen Trainer und Athlet fokussiert. Allerdings beschäftigen sich die meisten Studien mit der Übereinstimmung zwischen den Erwartungen von Athleten und dem tatsächlichen (oder wahrgenommenen) Trainerverhalten. Der direkte Vergleich der Wahrnehmungen von Trainer und Athlet ist bisher nur in einzelnen Studien thematisiert worden (Hänsel et al., 2013b).
- *Kritische Ereignisse.* Kritische Ereignisse sind punktuell raum-zeitliche Verdichtungen von Stadien des Ungleichgewichts zwischen Person und Umwelt bei emotionaler Nicht-Gleichgültigkeit (Hänsel et al., 2013a). Im Allgemeinen sind kritische Ereignisse als bedeutsame Ereignisse sowohl positiver wie auch negativer Natur zu verstehen, die gewichtige Veränderungen herbeiführen oder als Einschnitt bewertet werden. Kritische Ereignisse im Nachwuchs- und Spitzensport können im Kontext von Wettkämpfen (z. B. Umweltfaktoren, Gegner-, Team-, Zuschauerverhalten, Erfolgsaussichten usw.), im Rahmen von Trainingsprozessen (z. B. Verletzungen, Übertraining, motivationale und emotionale Aspekte, Rollenkonflikte, Trainer-Athlet-Interaktionen, Konflikte mit Bezugsgruppen/-personen, Doppelbelastung Ausbildung/Leistungssport usw.) und in sportexternen Bereichen (z. B. Konflikte in Schule, Familie, Freundeskreis, Beziehung, im Rahmen sportexterner Freizeitinteressen usw.) auftreten.

Ein illustrierendes Beispiel für ein kritisches Ereignis stammt von der Biathletin Magdalena Neuner, mehrfache Olympiasiegerin und Weltmeisterin. Sie antwortet in einem Interview auf die Frage nach Schlüsselerlebnissen folgendermaßen:

*„Eigentlich haben sie alle ihren Wert, egal, ob sie gut oder schlecht waren. Es bringt einen weiter, wenn man auch mal Niederlagen einstecken muss. Die fünf Fehler in Antholz waren sicher auch wichtig für mich. Das war der Punkt, wo ich erkannt habe, dass ich auch etwas im mentalen Bereich machen muss. ... Ich habe aus allem etwas gelernt. Ich habe alles ausgeschöpft, damit es bei Olympia läuft.“ (F.A.Z., 21.2.2010).*

Kritische Ereignisse oder Schlüsselerlebnisse beziehen sich also auf ganz bestimmte Geschehnisse oder Situationen, die einen Wendepunkt markieren und zumeist emotional sehr bedeutsam sind. Beispielsweise weil sie besonders belastend sind und Wut, Ärger, Trauer oder Resignation nach sich ziehen; oder umgekehrt sehr erfreulich sind und Begeisterung, Stolz und Freude zur Folge haben. Die kritischen Ereignisse lösen natürlich eine Bewältigungsreaktion aus. Der Ärger über Niederlagen führt zu verstärkten Bemühungen im Training; die Freude über unerwartete Siege zum Setzen neuer Ziele.

Kritische Ereignisse sind aber nicht nur qualifizierende Indikatoren für Veränderungsprozesse in der Entwicklung von Athleten, sondern die Art und Häufigkeit kritischer Ereignisse sowie die Art ihrer Bewältigung beeinflussen die Leistungsentwicklung von Athleten maßgeblich. Eine systematische Beeinflussung der individuellen Leistungsentwicklung von Athleten sollte demnach auch kritische Ereignisse in den Blick nehmen. Insbesondere für eine systematische Steuerung von Trainings- und Wettkampfprozessen ist eine Orientierung an kritischen Ereignissen sinnvoll. Mit anderen Worten: Kritische Ereignisse werden hier als Indikatoren für die Qualität von Trainings- und Wettkampfprozessen aufgefasst.

## 2 Methode

### 2.1 Projektphasen im Überblick

Dieses im Rahmen des Forschungsprogramms des Wissenschaftlichen Verbundsystems für den Leistungssport (WVL) über fünf Jahre durchgeführte Projekt besteht aus den drei Phasen Exploration, Validierung und Intervention/Evaluation/Transfer. Die interdisziplinäre Konzeption unter Einbindung verschiedener Teildisziplinen der Sportwissenschaft (Sportpsychologie, Trainingswissenschaft, Sportsoziologie, Sportpädagogik) wird durch die Anwendung von qualitativen und quantitativen Forschungsmethoden gestützt. Einen Überblick über die verschiedenen Projektelemente gibt Tabelle 1.

Tab. 1: Phasen und Teilphasen des Projektes (KE = Kritische Ereignisse)

	Methode	Inhalt/Ziel
<b>Exploration</b>		
1a	Problemzentrierte Interviews	KE aus Athleten- und Trainersicht
1b	Vertiefungsinterviews	KE und Werthaltungen
1c	Leistungssportspezifische Sequentielle Ereignismethode	KE in der Trainer-Athlet-Beziehung
1d	Trainingsdokumentation	KE im Trainingsprozess
1e	Strukturanalyse	KE in den Sportartensystemen
1f	Medienrecherche	KE in der Sportberichterstattung
1g	Fragebogenerhebung	Typisierung von Sportartensystemen
<b>Validierung</b>		
2a	Theoretische Validierung	Gegenüberstellung mit disziplinspezifischem Konsens
2b	Kreuzvalidierung	Gegenüberstellung mit weiterer Stichprobe
2c	Empirische Validierung	Rückbestätigung von Experten aus Sportpraxis
<b>Intervention/Evaluation/Transfer</b>		
3a	Manual	für Laufbahnberater, Trainer, Athleten, Verbände
3b	Diagnosetool	zu Qualitätsmerkmalen von Trainings- und Wettkampfmaßnahmen
3c	Diagnosetool	Zur Wahrnehmungskongruenz zwischen Athlet und Trainer
3d	Lerntool	für die Aus-, Fort- und Weiterbildung von Trainern (blended learning)
3e	Evaluation	Sicherung der Ergebnisse

Als *Kooperationspartner* konnten die Spitzensportverbände der Sportarten Fechten (DFB), Gewichtheben (BVDG), Hockey (DHB), Judo (DJB), Leichtathletik (DLV), Triathlon (DTU), Turnen (DTB), Ski-Alpin (DSV), Snowboarden (SVD) und Volleyball (DVV) gewonnen werden, mithin also zehn von insgesamt 33 olympischen Verbänden.

Die Auswahl der *Personenstichproben* erfolgt in der Regel nach der Strategie des theoretischen Samplings, und zwar nach der Methode der Maximierung von Unterschieden. Zielsetzung ist es, Heterogenität und Varianz des Untersuchungsfeldes abzubilden und alle interessierenden Bereiche abzudecken. Dementsprechend werden prototypische Sportartenbereiche untersucht, die bestimmte trainingswissenschaftliche, strukturelle, organisationale, rollen- und wertepespezifische Merkmalskombinationen aufweisen.

Das Ziel der *Explorationsphase* stellt die umfassende und interdisziplinäre Analyse und Systematisierung kritischer Ereignisse für den Spitzensport zur Bestimmung der subjektiven Sichtweisen von Athletinnen bzw. Athleten und Trainerinnen bzw. Trainern zur Qualität von Training und Wettkampf dar. Dazu dienen insbesondere die problemzentrierten Interviews sowie die Medienrecherche. Die Weiteren methodischen Schritte (biographische Fallanalysen, ereignisbezogene Prozessanalysen, trainingsbegleitende Einzelfallanalysen, soziologische Strukturanalysen) zielen auf eine Vertiefung einzelner Aspekte. Die in den Teilphasen der Explorationsphase verwendeten Methoden orientierten sich überwiegend an den Prinzipien der qualitativen Sozialforschung.

Das Ziel der *Teilphase 1a* „Problemzentrierte Interviews“ ist die Entwicklung einer Systematik kritischer Ereignisse für den Spitzensport. Dabei dienen die kritischen Ereignisse als Indikatoren für die subjektive Qualität von Training und Wettkampf. Die Ziele der *interdisziplinären Systematik kritischer Ereignisse für den Spitzensport* sind die Abbildung der Vielfalt kritischer Ereignisse im Nachwuchsleistungs- und Spitzensport (Grundgesamtheit) und die Generierung einer übergreifenden Strukturierung (Kategorisierung). Dabei sollen die verschiedenen Handlungsfelder und Zeitdimensionen integriert, Betrachtungsebenen interdisziplinär verknüpft und damit die isolierte Betrachtung kritischer Ereignisse überschritten werden. Das Thema der *Teilphase 1b* „Kritische Ereignisse und Werthaltung“ sind die bei den Akteuren im Spitzensport vorliegenden Werthaltungen und damit im Zusammenhang stehenden kritischen Ereignisse. Ziel ist es, mittels der Untersuchung wertbezogener kritischer Ereignisse Hinweise zum Einfluss individuell vorliegender Werthaltungen auf spitzensportliche Leistungsentwicklung zu erhalten. Die *Teilphase 1c* „Leistungssportspezifische Sequentielle Ereignismethode“ untersucht die subjektive Qualität als prozesshafte und ereignisorientierte Wahrnehmung von Trainer-Athlet-Dyaden in einzelnen Trainings- und Wettkampfepisoden. In *Teilphase 1d* „Trainingsdokumentation“ werden Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Akteure bei Wahrnehmung der Belastungs-Beanspruchungsgestaltung einzelner Trainingseinheiten und Wettkämpfe sowie der Zusammenhang zu objektiven Leistungsparametern untersucht. Der Gegenstand der *Teilphase 1e* „Strukturanalysen“ sind die strukturell-organisationalen Bedingungen spitzensportlicher Leistung in den zehn beobachteten Sportarten. Ziel ist es, eine umfassende Beschreibung sozialer Organisation und funktionaler Prozesse in den Verbänden zu erstellen. Das Thema der *Teilphase 1f* „Medienrecherche“ ist die mediale Repräsentation des Spitzensports in der Sportberichterstattung. Ziel ist es, über die Identifikation und Klassifikation medial thematisierter kritischer Ereignisse einen Beitrag zur Aufklärung und Analyse strukturell-organisationaler Bedingungen spitzensportlicher Leistung und von kritischen Ereignissen zu leisten. Die Zielsetzung von *Teilphase 1g* „Typisierung von Sportartensystemen“ ist es, über die Zusammenführung fachdisziplinärer Forschungsperspektiven eine umfassende, interdisziplinäre Klassifikation von Sportarten oder Sportartensysteme zu entwickeln. Dadurch sollen Transferaussagen für am Projekt nicht beteiligte Sportarten möglich werden. Es wird

also eine Generalisierung der Befunde angestrebt.

Das Ziel der Phase der *Validierung* ist es, die in der Explorationsphase gewonnene Systematik kritischer Ereignisse für den Spitzensport auf ihre Gültigkeit zu prüfen. Das methodische Vorgehen umfasste drei Teilphasen. In der *Teilphase 2a* „Theoretische Validierung“ wird die Systematik kritischer Ereignisse, die in der Explorationsphase (genauer aus den problemzentrierten Interviews (Teilphase 1a) und der Medienrecherche (Teilphase 1f) entwickelt wurde, dem in der wissenschaftlichen Literatur dokumentierten Expertenwissen gegenübergestellt. In der *Teilphase 2b* „Kreuzvalidierung“ wird die Systematik kritischer Ereignisse an einer weiteren Stichprobe geprüft. Dabei wird untersucht, ob sich die Ergebnisse aus der Teilphase 1a in der neuen Stichprobe replizieren lassen. In der *Teilphase 2c* „Empirische Validierung“ wird die Systematik kritischer Ereignisse durch eine Rückmeldung der Ergebnisse und anschließender Befragung der Akteure des Spitzensports geprüft. Dabei liegt der Schwerpunkt auf Analyse der Bedeutung bzw. Wichtigkeit der jeweiligen kritischen Ereignisse für die Leistungsentwicklung im Spitzensport.

Die Ziele der *Interventions-/Evaluations-/Transferphase* orientieren sich an einem potentiellen Transfer in die Praxis des Spitzensports. Dabei werden erstens fundierte Erkenntnisse zu den oben genannten Fragen und Inhalten vermittelt. Zweitens werden die Grundlagen für spezifische Optimierungsansätze und Interventionsverfahren zur Gestaltung und Steuerung der Athlet-Trainer-Interaktion in verschiedenen Sportartensystemen bereitgestellt. Die in Tab. 1 genannten Transfermaßnahmen – Manual, Diagnosetool und Lerntool – werden in Einzelgesprächen mit allen beteiligten Spitzensportverbänden und in Projektbeiratssitzungen kommuniziert und diskutiert.

## 2.2 Projektphase 1a: Systematik kritischer Ereignisse im Nachwuchsleistungs- und Spitzensport

Auf die konkrete Beschreibung der Operationalisierungen der oben genannten Projektphasen wird aus Platzgründen verzichtet. Exemplarisch wird das Vorgehen für die Teilphase 1a „Problemzentrierte Interviews“ erläutert. In dieser Teilphase wurden die wesentlichen Grundlagen für die *Systematik kritischer Ereignisse im Nachwuchsleistungs- und Spitzensport* gelegt.

Es wurden  $N = 52$  Athleten (25 weiblich; 12 A-Kader, 29 B-Kader, 11 C-Kader;  $M = 24,15$  Jahre,  $SD = 5,02$ ) und  $N = 46$  Trainer (2 weiblich; 34 Bundestrainer;  $M = 41,37$  Jahre,  $SD = 7,21$ ) aus den zehn olympischen Spitzensportverbänden befragt. Bei der Stichprobengewinnung stand die Maximierung von Unterschieden (z. B. Heimtrainerin/-trainer vs. Bundestrainerin/-trainer) im Vordergrund, um die Heterogenität und Varianz des Untersuchungsfeldes abzubilden. Es wurden leitfadengestützte problemzentrierte Interviews mit einer durchschnittlichen Dauer von 90 Minuten durchgeführt. Die Inhalte der Interviews waren neben dem Verständnis von kritischen Ereignissen vor allem Episoden zu kritischen Ereignissen in kurz-, mittel- und langfristiger Perspektive (Wettkampf, Training, Karriere) sowie Interaktionsprozesse im sportlichen, privaten und gesellschaftlichen Umfeld. Die Interviews wurden transkribiert und mit Hilfe einer eigens entwickelten MySQL-Datenbank von je zwei Personen entlang der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet. Dabei wurde eine fallübergreifende Systematisierung von konkreten Episoden hin zu abstrakteren Kategorien mit inhaltlich ähnlichen Themen angestrebt.

Insgesamt wurden 4522 Aussagen identifiziert. Dabei bezogen sich 3326 Aussagen auf kritische Ereignisse, 618 Aussagen auf allgemeine Erklärungstheorien zu kritischen Ereignissen und 578 Aussagen auf Erläuterungen zu tatsächlichem oder gewünschtem Bewältigungsverhalten (überwiegend in Form von Verlaufsstrukturen, Konzeptstrukturen und Geschehenstypen). Die Aussagen zu kritischen Ereignissen wurden außerdem nach verschiedenen Kriterien differenziert, zum Beispiel nach der

berichteten Valenz für die Leistungsentwicklung von Athleten (positive Folgen vs. negative Folgen vs. offene Folgen von kritischen Ereignissen).

Eine Validierung der Systematik mit dem Ziel, weitere kritische Ereignisse aufzufinden, wurde in vier Schritten durchgeführt: über eine Recherche in Printmedien des Sports bzw. der Sportberichterstattung (Teilphase 1f), über die Analyse der sportwissenschaftlichen Literatur zu Qualität und kritischen Ereignissen (Teilphase 2a), eine „Kreuzvalidierung“ mit einer weiteren Stichprobe (Teilphase 2b) sowie über eine Online-Befragung von  $N = 251$  Personen (166 Athleten, 75 Trainer, 30 Funktionäre; 119 weiblich; Alter  $M = 27,17$  Jahre,  $SD = 13,13$ ) aus 22 olympischen Spitzensportverbänden (Teilphase 2c).

### 3 Ergebnisse

Im Folgenden werden drei zentrale Ergebnisse des Projektes ausschnittsweise vorgestellt: (1) die Systematik kritischer Ereignisse im Nachwuchsleistungs- und Spitzensport, (2) die Unterschiede und Gemeinsamkeiten in der wahrgenommenen Qualität bei Athletinnen bzw. Athleten und Trainerinnen bzw. Trainern und (3) das Diagnosetool „Integriertes Qualitätsmanagement im Leistungssport (iQMsport)“.

Die *Systematik kritischer Ereignisse im Nachwuchsleistungs- und Spitzensport* ist prinzipiell empirisch gestützt, interdisziplinär und relativ umfassend. Die Systematik weist horizontal vier Ordnungsebenen auf (siehe Tab. 2). Mit steigendem Konkretisierungs- und Differenzierungsgrad werden fünf Referenzdimensionen, 27 Ereignisdimensionen und 103 Subdimensionen abgebildet. Nicht dargestellt wird die vierte Ordnungsebene mit 454 Themenfeldern. Vertikal sind die Referenzdimensionen mit dem Fokus auf den Athletinnen/Athleten und seiner langfristigen Leistungsentwicklung nach abnehmender „Nähe“ der Betrachtungsebenen (Individuum, Gruppe, Organisation, Umfeld) geordnet. Um diesen Fokus zu verdeutlichen, wurde bei der Benennung der Referenzdimensionen der Begriff der des Athleten vorangestellt (z. B. Athlet-Soziales Umfeld). Vier der 27 Ereignisdimensionen wurden im Rahmen weiterer wissenschaftlicher Recherchen in der Systematik ergänzt (in Tab. 2 kursiv dargestellt). Eine ausführlichere Darstellung der Methode und der Systematik kritischer Ereignisse findet sich bei Hänsel et al. (2013a).

Tab. 2: Systematik kritischer Ereignisse im Nachwuchsleistungs- und Spitzensport

Referenzdimension	Ereignisdimension	Subdimension
Athlet – Selbstbezug	Leistung	Erwartung - Konkurrenz / Anforderung - Entwicklung / Bilanz - Ergebnis
	Körper	Disposition - Funktion - Belastung - Regeneration - Operation - Krankheit - Verletzung - Medikation / Schmerzmittel
	Psyche	Persönlichkeit - Emotionen - Motivation - Fokussierung / Zielsetzung - Belastung - Erkenntnis - Entschluss - Werte
	Erfahrungsmoment Leistungssport	Zugang / Einstieg - Störung / Fehler - Entscheidungsmoment / Erfolgsfaktor - Exkurs / Sozialerfahrung
Athlet – Trainer	Interaktionsverhältnis	Passung - Dauer - Leistung
	Trainerverhalten	Führungsverhalten - Kommunikationsverhalten - Betreuungsverhalten - Fachkompetenz - Devianz
	Athletenverhalten	Fachkompetenz / Professionalität - Beratungsverhalten - Devianz
Athlet – Sportakteure	Team	Zusammenhalt Team - Integration Team - Kommunikation Team - Leistung Mitspieler - Wechsel Mitspieler - Athletenverhalten
	Trainer <> Trainer	Kooperation - Kommunikation - Planung - Betreuung - Athleteneinsatz - Beziehung - Trainerverhalten
	Betreuer	Beziehung - Akteursverhalten
	Funktionär	Beziehung - Akteursverhalten
	Gegner	Beziehung - Akteursverhalten
Athlet – Sportsystem	Wettkampfsystem	Infrastruktur / Umfeld - Organisation - Qualifikation / Nominierung - Reglement - Wettkampfsteuerung
	Trainingssystem	Infrastruktur / Material - Olympiastützpunkt / Lehrgang Fachbetreuung - Trainerfunktion - Trainingspartner / Trainingsgruppe - Trainingssteuerung - Nominierung (Kader) - Doping
	Fördersystem	Finanzierung - Karriere außersportlich - Nachwuchsarbeit
	Organisationssystem	Aufbau - Verfahren - Leistung - Ziele - Integration - Wertsetzung
Athlet – Soziales Umfeld	Familie / Intimmilieu	Einfluss - Probleme - Unterstützung - Lebensereignis
	Peers / Freunde	Einfluss - Probleme - Unterstützung - Sozialraum
	Publikum / Zuschauer	Beziehung - Akteursverhalten
	Bildung	Schule - Studium / Ausbildung
	Wirtschaft	Sponsoren - Berufstätigkeit
	Medien	Zeitressourcen - Inszenierung
	Politik	Sportpolitik - Instrumentalisierung - Regulierung
	Wissenschaft	Ressourcen - Technologieentwicklung
	Gesundheit	Versorgung kurzfristig - Versorgung langfristig
	Recht	Strafrecht - Zivilrecht
Religion	Praktizierte Religiosität - Instrumentalisierung	

Unterschiede in der wahrgenommenen Qualität bei Athletinnen/Athleten und Trainerinnen/Trainern. In Abb. 1 wird die – an der Summe der Nennungen der Athletinnen/Athleten bzw. der Trainerinnen/Trainer relativierte – Häufigkeit der kritischen Ereignisse auf der Ebene der 27 Ereignisdimensionen dargestellt. Es zeigt sich, dass Athletinnen bzw. Athleten gegenüber Trainerinnen bzw. Trainern kritische Ereignisse häufiger in den Ereignisdimensionen Leistung, Psyche, Erfahrungsmoment Leistungssport, Trainerverhalten, Wettkampfsystem und Medien nennen; Trainerinnen/Trainer wiederum in den Ereignisdimensionen Athletenverhalten, Trainer<>Trainer, Trainingssystem, Fördersystem und Organisationssystem. Während also Athletinnen bzw. Athleten stärker persönliche Aspekte fokussieren, schenken Trainerinnen/Trainer strukturell-organisatorischen Aspekten des Sportsystems vermehrt Beachtung.

Betrachtet man die übergeordneten Referenzdimensionen, ist die Gegenläufigkeit in zwei Referenzdimensionen besonders bemerkenswert: So nehmen in der Referenzdimension Sportsystem Athletinnen bzw. Athleten eher das Wettkampfsystem (z. B. Bedingungen am Wettkampfort oder Unterbringung) verstärkt in den Blick, Trainerinnen/Trainer dagegen eher das Trainingssystem (bspw. Aspekte der Trainingsmethodik und -planung); in der Referenzdimension Athlet-Trainer nennen Athletinnen bzw. Athleten häufiger das Trainerverhalten (bspw. autoritäres Verhalten oder Engagement), die Trainerinnen bzw. Trainer wiederum das Athletenverhalten (bspw. Trainingseinstellung). Eine ausführlichere Darstellung findet sich bei Hänsel et al. (2013b).

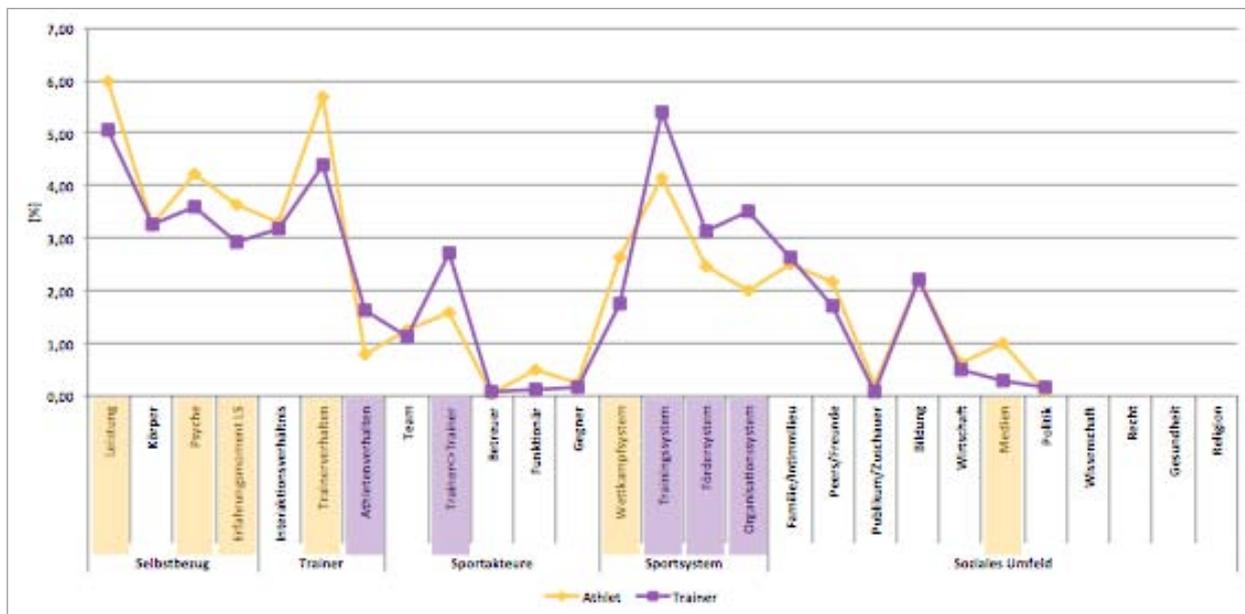


Abb. 1: Relative Häufigkeit der Ereignisdimensionen für Athletinnen/Athleten und Trainerinnen/Trainer (N = 3326; hervorgehoben sind divergente Ereignisdimensionen).

Integriertes Qualitätsmanagement im Leistungssport (iQMsport) – ein webbasiertes Lern- und Diagnostool für Athletinnen bzw. Athleten und Trainerinnen bzw. Trainer. Die Grundlage für dieses Lern- und Diagnostool bildet die oben vorgestellte Systematik kritischer Ereignisse im Nachwuchsleistungs- und Spitzensport. iQMsport ist ein webbasiertes, modular und hierarchisch aufgebautes Instrument. Es richtet sich vorrangig an Trainerinnen bzw. Trainer und Athletinnen bzw. Athleten – aber auch an Sportpsychologinnen/-psychologen, Funktionäre, Laufbahnberaterinnen/-berater, Betreuerinnen/Betreuer etc. – und bietet neben (1) einem Lerntool zur Vermittlung (2a) ein differenziertes Diagnostool zur Selbstevaluation sowie (2b) zur Erfassung der Übereinstimmung von subjektiven Qualitäts-

wahrnehmungen zwischen Trainerinnen/Trainern und Athletinnen/Athleten. Darüber hinaus kann das Instrument (2c) zur Erfassung individueller Belastungs- und Beanspruchungsparameter sowie (2d) der Prozessqualität von Training und Wettkampf verwendet werden. Das Diagnosetool eignet sich sowohl zur Feststellung des Status quo, als auch zur Veränderungsmessung bzw. zum Monitoring von Entwicklungsverläufen. Das Lern- und Diagnosetool iQMsport steht unter der Internetadresse [www.iqmsport.de](http://www.iqmsport.de) zur Verfügung.

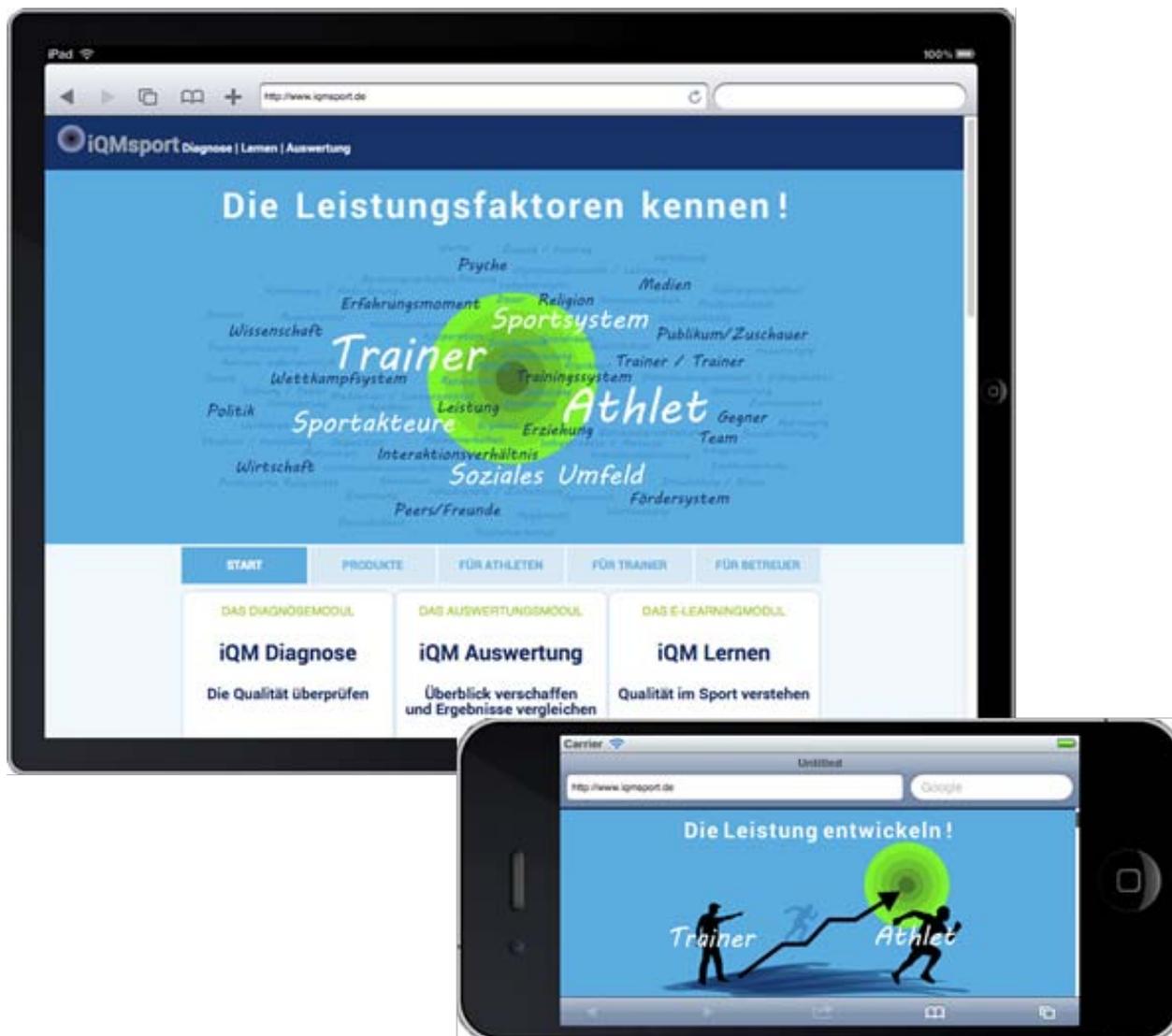


Abb. 2: Integriertes Qualitätsmanagement im Leistungssport (iQMsport) – ein webbasiertes Lern- und Diagnosetool für Athletinnen/Athleten und Trainerinnen/Trainer.

Prototypische Anwendungsszenarien für das Lerntool sind neben dem Selbststudium, die Vermittlung von allgemeinen und individuellen Kenntnissen zu einer integrativen Beschreibung und Analyse subjektiver Qualitätsmerkmale der langfristigen Leistungsentwicklung von Athletinnen bzw. Athleten im Rahmen von Traineraus-, Fort- und Weiterbildung (blended learning). Die Zielgruppe sind vorrangig Trainerinnen/Trainer, Ausbilder, Lehrwarte, aber auch Laufbahnberaterinnen/-berater sowie interessierte Athletinnen/Athleten und Funktionäre. Das Diagnosetool richtet sich vorrangig an Trainerinnen/Trainer und Athletinnen/Athleten. Prototypische Anwendungsfälle sind einer-

seits die Selbstreflexion des Status quo von subjektiven Qualitätsmerkmalen und das Monitoring von Entwicklungsverläufen mit einem unterschiedlichen Detaillierungsgrad. Die Analysen können dann beispielsweise mit objektiv feststellbaren Parametern der Trainings- und Wettkampfqualität ergänzt werden oder den Handlungsbedarf in den bestimmten Bereichen deutlich machen (siehe Vorteile bei der Berücksichtigung subjektiver Qualitätswahrnehmung in Abschnitt 1.1).

Die Analysen können sich auf Einzelmaßnahmen (z. B. einen Trainingslehrgang) oder die Gesamtsituation beziehen. Andererseits kann das Diagnosetool im Rahmen der Trainer-Athlet-Interaktion als Mittel einer gestützten Kommunikation bzw. Verständigung über die wahrgenommene Qualität und den Handlungsbedarf verwendet werden. Beispielsweise können so im Rahmen eines Jahresgesprächs zur Auswertung einer Saison Übereinstimmungen oder Differenzen zwischen den Beteiligten bei der Bewertung von Trainings- und Wettkampfprozessen erkannt und explizit benannt werden.

## 4 Diskussion

Die Berücksichtigung subjektiver Qualitätswahrnehmungen bei der Steuerung und Gestaltung von Trainings- und Wettkampfprozessen führt zu der Frage, inwiefern die Qualitätswahrnehmungen der Beteiligten verschieden sind. Die Forschung zeigt, dass der Grad der Übereinstimmung relevant für die Zusammenarbeit und den Erfolg eines Teams oder einer Trainer-Athlet-Dyade ist.

Eine Voraussetzung zur Implementierung subjektiver Qualitätswahrnehmungen im Nachwuchsleistungs- und Spitzensport ist die Kenntnis darüber, welche sportinternen und sportexternen Größen in der Wahrnehmung der Akteure Einfluss auf die langfristige Leistungsentwicklung von Athleten nehmen. Bei der Rekonstruktion der subjektiven Qualitätswahrnehmungen im Rahmen der hier vorgestellten Systematik sollten deshalb einerseits die Bandbreite, Komplexität und Differenzierung des Untersuchungsgegenstandes aus einer interdisziplinären Perspektive erhalten bleiben, andererseits aber auch einer übergreifenden Kategorisierung zugeführt werden. In diesem interdisziplinären Rekonstruktionsprozess waren bestimmte Festlegungen notwendig, von denen zwei kurz verdeutlicht werden soll. Bei der Bildung der Systematik wurden keine monothetischen Klassen ohne Überschneidungen in der Kategorisierung angestrebt. Vielmehr sollten in den Klassen lediglich – der alltäglichen Art der Bedeutungsspezifikation und dem polythetischen Charakter der Datenmenge folgend – Prototypen und „Familienähnlichkeiten“ abgebildet werden. Des Weiteren sollte in der interdisziplinären Rekonstruktion der subjektiven Qualitätswahrnehmungen der Fokus auf die langfristige Leistungsentwicklung des Athleten deutlich werden. In Analogie zu der ethologischen Unterscheidung von proximalen und ultimativen Faktoren wurden deshalb die kritischen Ereignisse entlang der unmittelbaren und aktuellen Zusammenhänge (Athlet-Selbstbezug) hin zu den grundlegenden Zusammenhängen (Athlet-Soziales Umfeld) geordnet.

In dem vorliegenden Projekt werden aus Sicht der Autoren erstmals die unterschiedlichen Wahrnehmungen von Athletinnen bzw. Athleten sowie Trainerinnen bzw. Trainern zur Qualität von Trainings- und Wettkampfprozessen und den relevanten Einflussgrößen untersucht. Basis für diese Analyse bildet die vorgestellte Systematik kritischer Ereignisse im Nachwuchsleistungs- und Spitzensport. Es zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen Athletinnen und Athleten bzw. Trainerinnen und Trainern. So weisen nicht nur zehn der 23 Ereignisdimensionen deutliche Unterschiede auf. Es zeigt sich auch, dass Athletinnen bzw. Athleten eher selbstbezügliche (bspw. Aspekte der Psyche oder der eigenen Leistung), Trainerinnen bzw. Trainer dagegen eher strukturell-organisatorische Aspekte fokussieren. Über die Gründe für diese Unterschiede zwischen diesen beiden Gruppen kann nur auf der Basis von Plausibilitätsüberlegungen spekuliert werden. So kann vermutet werden, dass die Berufstätigkeit als

Trainerin bzw. Trainer die Beschäftigung mit strukturell-organisatorischen Aspekten nahelegt, während Athletinnen bzw. Athleten weniger an formalisierten Arbeitsprozessen und -strukturen beteiligt sind. Letzteren sind eher die persönlichen Beziehungen im sportlichen und privaten Umfeld präsent. Werden von Athletinnen bzw. Athleten trotzdem strukturelle Merkmale fokussiert, dann betreffen sie eher die persönlichen Lebensumstände, beispielsweise die Vereinbarkeit von Leistungssport und Ausbildung oder Leistungssport und Familie, Partnerschaft und Freunde.

Zur weiteren Verbesserung der Trainings- und Wettkampfgestaltung, zur Vermeidung und Lösung von Konflikten und ganz allgemein zur Unterstützung der „Coaching Expertise“ ist deshalb die systematische Erfassung der Gemeinsamkeiten und Unterschiede in Trainer-Athlet-Dyaden ein erster Schritt. Das auf der Basis der oben vorgestellten Systematik kritischer Ereignisse entwickelte Lern- und Diagnosetool iQMsport dient diesem Ziel. Beispielsweise können dann in einem Jahresgespräch zwischen Trainerin/Trainer und Athletin/Athlet zur Saisonauswertung mit Hilfe dieses Diagnosetools Übereinstimmungen und Differenzen erkannt, explizit benannt und kommuniziert werden. Die Analyse der subjektiven Wahrnehmungen liefert damit nicht nur wichtige Hinweise auf die Effektivität von Trainings- und Wettkampfmaßnahmen. Einen adäquaten Umgang mit Differenzen vorausgesetzt, können selbst die explizite Benennung gravierender Unterschiede nicht als Ausgangspunkt für eine Krise oder gar Katastrophe verstanden werden, sondern fruchtbar für die Aufrechterhaltung und Förderung einer erfolgreichen Trainer-Athlet-Dyade eingesetzt werden.

In der Weiterentwicklung des Instruments sollen den Trainerinnen und Trainern Möglichkeiten einer diskursiven Verständigung bei Konflikten zur Verfügung gestellt werden. Dazu sollen praktikable Lösungsmöglichkeiten für Trainerinnen und Trainer im Setting des Spitzensports erarbeitet werden

## 5 Literatur

- Hänsel, F., Werkmann, S., Schulz, C. & Kappes, E. (2013a). Trainings- und Wettkampfqualität aus Athleten- und Trainersicht. Eine mehrdimensionale Systematik kritischer Ereignisse. *Leistungssport*, 43 (2), 4-10.
- Hänsel, F., Werkmann, S., Schulz, C. & Kappes, E. (2013b). Trainings- und Wettkampfqualität aus Athleten- und Trainersicht – Unterschiede und Gemeinsamkeiten. *Leistungssport*, 43 (6), 16-22.

Bundesinstitut für Sportwissenschaft  
Graurheindorfer Straße 198 · 53117 Bonn  
Telefon +49 (0) 228 99 640-0  
Fax +49 (0) 228 99 640-9008  
[info@bisp.de](mailto:info@bisp.de)  
[www.bisp.de](http://www.bisp.de)

ISBN 978-3-86884-631-7