

Bundesinstitut für Sportwissenschaft

# BISp-Jahrbuch

Forschungsförderung 2014/15

## **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

### **Sportverlag Strauß**

Olympiaweg 1 – 50933 Köln  
Tel. (0221) 846 75 76  
Fax (0221) 846 75 77  
[info@sportverlag-strauss.de](mailto:info@sportverlag-strauss.de)  
[www.sportverlag-strauss.de](http://www.sportverlag-strauss.de)

### **Stand**

Dezember 2015

ISBN 978-3-86884-632-4

# Editorial

Wie jedes Jahr informiert der nun vorliegende Sammelband „BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2014/15“ über die abgeschlossenen Forschungs- und Transferprojekte des Bundesinstituts für Sportwissenschaft (BISp) und stellt somit anhand der Kurzberichte das breite Spektrum der sportwissenschaftlichen Forschungsförderung dar.

Ein wesentliches Anliegen des Bundesinstituts für Sportwissenschaft ist es, die Transparenz in der Forschungsförderung weiterzuentwickeln sowie den Transfer der sportwissenschaftlichen Ergebnisse in die Spitzensportpraxis zu unterstützen. Hierzu einen Beitrag zu leisten, ist auch Zielsetzung dieser Publikation.

Mit Kurzberichten aus den abgeschlossenen Forschungsvorhaben wenden wir uns an Akteure in (Sport)-praxis und (Sport)-wissenschaft, um Forschungsergebnisse zu umreißen und Trends aufzuzeigen.

Die Gliederung in „Medizin und Naturwissenschaften“, „Sozial- und Verhaltenswissenschaften“ und „Sportanlagen und Sporttechnologie“ – ergänzt durch die Kategorie der „WVL-Projekte“ (mehrjährig angelegte Großprojekte aus dem Wissenschaftlichen Verbundsystem Leistungssport, bei denen die internationale Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Spitzensports im Mittelpunkt steht) – hat sich in der Vergangenheit bewährt und wird daher auch in diesem Jahrbuch beibehalten. Weiterhin wird wie bisher auf die Unterscheidung zwischen Forschungs- und Transferprojekten verzichtet.

Im Kapitel „Medizin und Naturwissenschaften“ werden 23 abgeschlossene Forschungsprojekte vorgestellt, im Bereich „Sozial- und Verhaltenswissenschaften“ sind es 9 Projekte. In der Rubrik „Sportanlagen und Sporttechnologie“ findet sich 1 Forschungsprojekt; bei den WVL-Projekten wird über 2 Forschungsvorhaben berichtet.

Bedanken möchte ich mich bei allen, die uns bei dieser Arbeit geholfen und unterstützt haben. Mein besonderer Dank gilt dabei den Mitgliedern der beteiligten Fachgremien für ihr ehrenamtliches Engagement.

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

Jürgen Fischer

Direktor  
des Bundesinstituts für Sportwissenschaft



# Inhalt

<b>Medizin und Naturwissenschaften .....</b>	<b>9</b>
Myozelluläre Desensibilisierung als Folge akuter und chronischer Kraftbeanspruchung .....	11
<i>Sebastian Gehlert (Projektleiter), Daniel Jacko, Katharina Hermanns, Anusch Argomand, Yannik Lengenber &amp; Wilhelm Bloch</i>	
Einfluss von Ermüdung auf die komplexe Stabilisationsfähigkeit der unteren Extremität bei Perturbationen.....	21
<i>Juliane Müller, Josefine Stoll, Steffen Müller &amp; Frank Mayer (Projektleiter)</i>	
Analyse mechanisch sensitiver Regulatoren der humanen Skelettmuskelanpassung – Konsequenzen akuter und chronischer Ausdauerbelastungen im moderaten und intensiven Intensitätsbereich unter normoxischen und hypoxischen Umgebungsbedingungen.....	33
<i>Frank Suhr (Projektleiter), Bernhard Andresen, Thorsten Schiffer &amp; Markus de Marées</i>	
Nachweis von Eigenblutdoping: Erfassung von Veränderungen im Gen-Expressionsmuster in Blutkonserven nach definierter Lagerung.....	39
<i>Anna Henke, Michael W. Pfaffl (Projektleiter), Reinhard Henschler, Christian Wichmann &amp; Irmgard Riedmaier</i>	
Diagnostische Relevanz speichelbasierter Testosteron-Konzentrationen nach einer niedrig-dosierten Hormongabe als möglicher Screening-Parameter in der Dopingkontrolle.....	47
<i>Martin Schönfelder, Hande Hofmann (Projektleiterin), Thorsten Schulz &amp; Detlef Thieme</i>	
Leistungsdiagnostik Goalball.....	63
<i>Daniel Link (Projektleiter), Christoph Weber &amp; Thomas Prokein (Goalball Bundestrainer)</i>	
Auswirkungen eines plyometrischen Trainings auf die neuromuskuläre Funktion und den Knochenstoffwechsel.....	67
<i>Martin Behrens, Anett Mau-Möller, Dagmar-Christiane Fischer &amp; Sven Bruhn (Projektleiter)</i>	
High-Intensity Ausdauertraining im Nachwuchsleistungssport – Reaktionen, Adaptationen, Belastungsverträglichkeit.....	77
<i>Alexander Ferrauti (Projektleiter), Jennifer Kappenstein, Paul Schaffran, Marina Slopianka &amp; Thimo Wiewelhove</i>	
Außenarmzug zur Steigerung der tangentialen Krafteinleitung am Innenhebel und der Vortriebswirksamkeit im Riemenrudern .....	85
<i>Klaus Mattes (Projektleiter), Nina Schaffert, Stefanie Manzer &amp; Martin Reischmann</i>	

Vollautomatische zeitkontinuierliche Bestimmung intrazyklischer Phasengeschwindigkeiten von Schwimmerinnen bzw. Schwimmern im Schwimmkanal einschließlich Zugfrequenz und Zuglänge .....	91
<i>Rainer Lienhart (Projektleiter), Jürgen Kuchler, Dan Zecha</i>	
Trainingswirkungsanalyse im Rudern mit dem Performance Potential Double Model.....	97
<i>Mark Pfeiffer (Projektleitung), Christian Winter &amp; Susanne Holzinger</i>	
Automatisierte Wettkampfanalyse im Beachvolleyball auf Basis von Bilderkennung .....	105
<i>Daniel Link (Projektleitung) &amp; Björn Eskofier (Kooperationspartner)</i>	
Das Yips-Phänomen als „Leistungskiller“ im Spitzensport – Prävention und Rehabilitation am Beispiel des Putt-Yips in der olympischen Sportart Golf.....	111
<i>Bernd Gerland &amp; Markus Raab (Projektleiter)</i>	
Analyse von Fahrlinien, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mittels GPS- und Inertialsensoren im paralympischen Skirennsport.....	117
<i>Maren Goll &amp; Peter Spitzenpfeil (Projektleiter)</i>	
Optimierung und systematische Anpassung der Dämpfereinstellungen im paralympischen Monoskisport .....	123
<i>Maren Goll &amp; Peter Spitzenpfeil (Projektleiter)</i>	
Entwicklung von Methoden zur neuromuskulären Anbahnung grundlegender Koaktivierungsmuster der Auge-Kopf-Körpersteuerung zur Effektivierung sportartspezifischer Bewegungsmuster im Kunstturnen.....	129
<i>Christoph von Laßberg &amp; Jürgen Krug (Projektleiter)</i>	
Biomechanische Diagnostik und Sonifikation im Nachwuchstraining (U23 und Juniorennationalmannschaft 2014) .....	135
<i>Klaus Mattes (Projektleiter), Nina Schaffert &amp; Martin Reischmann</i>	
Biomechanische Diagnostik und Sonifikation im Rennboot zur Leistungs- und Technikansteuerung im Hochleistungstraining (HLT) und Handicap .....	139
<i>Klaus Mattes (Projektleiter), Nina Schaffert, Martin Reischmann &amp; Stefanie Manzer</i>	

Leistungsdiagnostik von Sprints, Weitsprunganläufen und horizontalen Mehrfachsprüngen sowie Messplatztraining von Weitspringerinnen und -springern im Hochleistungstraining (HLT).....	145
<i>Klaus Mattes (Projektleiter), Stefanie Manzer, Martin Reischmann &amp; Nina Schaffert</i>	
Training des Calls im Beachvolleyball.....	151
<i>Stefan Künzell</i>	
Trainingsbegleitende Leistungsdiagnostik des Dressur- und Springreitens .....	157
<i>Falko Eckardt, Mirjam Schüler &amp; Kerstin Witte (Projektleiterin)</i>	
Effekte eines ergänzenden Messplatztrainings am JERGo©-System auf judospezifische Leistungen .....	167
<i>Norman Helm, Thomas Mühlbauer, Olaf Prieske, Tom Krüger &amp; Urs Granacher (Projektleiter)</i>	
Optimierung der individuellen Steuerung des Schnelligkeitstrainings und der Regeneration im Fechten durch den systematischen Einsatz einer neu entwickelten fechtsspezifischen Leistungsdiagnostik.....	173
<i>Jürgen M. Steinacker (Projektleiter) &amp; Mario Weichenberger (Projektleiter)</i>	
<b>Sozial- und Verhaltenswissenschaften .....</b>	<b>179</b>
Sportpsychologisches Training als fester Ausbildungsbestandteil an Eliteschulen des Sports am Beispiel der Eliteschule des Sports Leipzig .....	181
<i>Franziska Preis &amp; Dorothee Alfermann (Projektleiterin)</i>	
Entwicklung und Umsetzung einer sportpsychologischen Rahmenkonzeption im Deutschen Skiverband, für die Talentförderung, Ausbildung und das Coaching .....	185
<i>Kai Engbert (Projektleiter), Tanja Werts, Alexa Kiss &amp; Jürgen Beckmann</i>	
Pädagogische Qualität des Trainings in der Talentförderung. Entwicklung, Implementation und Evaluation von videobasierten Lehr-Lern-Umgebungen für das Grundagentraining in den Sportarten Turnen und Judo. ....	193
<i>Alfred Richartz (Projektleitung) &amp; Dorothee Anders</i>	
Sportpsychologische Eingangsdagnostik und Betreuung der Nachwuchsnationalmannschaft Behindertensport – Schwimmen.....	205
<i>Anke Delow, Heike Hölzel &amp; Ralf Brand (Projektleiter)</i>	
NextTrain 2014 (Deutscher-Hockey-Bund) .....	211
<i>Wolfgang Klöckner (Projektleiter) &amp; Filip Mess</i>	
Sportpsychologische Betreuung der deutschen Dressurreiter mit Handicap bei den Weltreiterspielen 2014 .....	217
<i>Bernd Strauß (Projektleiter) &amp; Kathrin Staufenbiel</i>	

Sportpsychologische Eingangsdiagnostik und Betreuung der Nationalmannschaft Behindertensport – Schwimmen.....	223
<i>Ralf Brand (Projektleiter), Anke Delow &amp; Birte Steven-Vitense</i>	
Sportbezogene Sonderauswertung der Freiwilligensurveys in der Altersgruppe „Ältere“ .....	229
<i>Sebastian Braun</i>	
Aktualisierung des Sportsatellitenkontos.....	233
<i>Gerd Ahlert (Projektleiter) &amp; Iris an der Heiden</i>	
<b>Sportanlagen und Sporttechnologie .....</b>	<b>239</b>
Entwicklung und Evaluation eines Messschlittschuhs für die Sportart Short Track .....	241
<i>Sabine Felser, Susanne Fischer, Martin Behrens, Enrico Heinrich, Ralf Salomon (Projektleiter) &amp; Sven Bruhn (Projektleiter)</i>	
<b>WVL-Projekte .....</b>	<b>247</b>
Individuelles Gesundheitsmanagement im Olympischen Nachwuchssport (GOAL): Verlängerungsjahr 2013-2014 .....	249
<i>Ansgar Thiel (Projektleiter), Astrid Schubring, Jochen Mayer, Alexia Schnell, Katharina Diehl, Katrin Giel, Anne Werner, Sven Schneider (Projektleiter) &amp; Stephan Zipfel (Projektleiter).</i>	
Implementierung des Lern- und Diagnosetools „iQMsport“ in drei Spitzensportverbänden (DJB, DLV, DTB).....	257
<i>Frank Hänsel (Projektleiter) &amp; Sören Daniel Baumgärtner</i>	

# Medizin und Naturwissenschaften



# Myozelluläre Desensibilisierung als Folge akuter und chronischer Kraftbeanspruchung

(AZ 070112/13-14)

*Sebastian Gehlert (Projektleiter), Daniel Jacko, Katharina Hermanns, Anusch Argomand, Yannik Lengenbergh & Wilhelm Bloch*

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

## 1 Problemfeld

Langfristig bewirken regelmäßige Krafttrainingsreize eine strukturelle Adaptation des Skelettmuskels, die sich auf zellulärer Ebene als Akkumulation von Enzymen, Strukturproteinen und Myofibrillen widerspiegelt. Ein grundlegendes Problem besteht im Trainingsprozess jedoch zunächst darin nachzuvollziehen, wodurch ein effektiver Trainingsreiz nach akutem Krafttraining (KT) überhaupt zu charakterisieren ist und inwieweit auch langfristige Belastungsvariationen durch KT unterschiedliche Anpassungsdynamiken im Skelettmuskel verursachen. Bis vor wenigen Jahren gab es zudem keine biologisch relevanten Marker, die die potentielle Wirksamkeit eines akuten Trainingsreizes hinsichtlich einer Trainingsanpassung im durch KT belasteten Skelettmuskel anzeigen bzw. charakterisieren konnten. Molekularbiologische Studien konnten im Verlaufe der letzten Jahrzehnte jedoch eine Vielzahl an Parametern als maßgebliche Indikatoren erhöhter Proteinsynthese und wachstumsinduzierender Signalgebung im adaptierenden Skelettmuskel identifizieren. Insbesondere die IGF1-AKT-mTOR-p70s6k Signalkaskade, welche in nahezu jeder eukaryotischen Zelle das Zellwachstum reguliert, wurde schnell auch als wesentliches Wachstumssignal für die Muskelzelle nach KT bekannt (Adams, 2010). Auf dieser Basis sind in der molekularen Sportmedizin viele Studien durchgeführt worden, die mit der Synthese molekularer Aspekte der Skelettmuskelregulation und trainingswissenschaftlichen Fragestellungen wesentlich zu einer inhaltlichen Ergänzung krafttrainingsbezogener Trainingslehre beitragen konnten. Mittlerweile ist gut untersucht, dass innerhalb von wenigen Minuten nach akutem KT, die Phosphorylierung von wesentlichen Signalproteinen innerhalb dieser Kaskade ansteigt und damit ein Indiz für die Dynamik der akuten und langfristigen Anpassung als Folge von KT-Stimulation ist. Hier sind insbesondere die Proteine p70s6k, dessen Zielprotein S6 (ribosomales Protein S6) und JNK (C-Jun-N-terminal Kinase) von vorrangiger Bedeutung, da diese mit der Proteinsynthese (Baar & Esser, 1999) und im Falle von JNK mit der Höhe der mechanischen Spannung im Skelettmuskel korrelieren (Martineau & Gardiner, 2001).

So konnte im unmittelbaren Zeitraum nach KT festgestellt werden, dass steigender Trainingsumfang auch die Phosphorylierung von p70s6k im Muskel erhöht und dass exzentrische Muskelspannung eine stärkere Aktivierung dieses Proteins in Typ II als in Typ I Muskelfasern erzeugt. Andererseits erzeugt eine hohe Zeit unter Muskelspannung (Time under Tension, „TuT“) selbst bei einem geringen Gewicht eine ähnlich hohe Proteinsynthese im Vergleich zu hohen Intensitäten und geringer TuT.

In einer vom BISP geförderten Studie aus dem Jahr 2009-2010 konnten wir wesentliche Erkenntnisse generieren und publizieren, die zeigen, dass in diesem Fall die Höhe der Kraft über die Zeit eine entscheidende Determinante für die akute Phosphorylierung dieser Proteine ist, und dass Intensität und Volumen nicht getrennt voneinander betrachtet werden können (Gehlert et al., 2014). Zudem zeigte sich, dass eine akute Stimulation durch Krafttraining in der Lage ist, wesentliche Regulatoren der Kontraktionssteuerung (Ryanodinkanäle) zu phosphorylieren und damit zeitabhängig die Muskelermüdung nach Belastung zu beeinflussen (Gehlert et al., 2012). Ferner konnten wir mit Ergebnissen aus den Analysen der hier vorgestellten Studie nachweisen (Ulbricht et al., 2015), dass sich das Sarkomer

bereits mittelfristig durch strukturelle Anpassung an wiederkehrende mechanische Belastung stabilisiert, indem ein verstärkter Einbau von Filamin-C in die Z-Scheibe stattfindet und somit Aktin stärker verankert. Zudem zeigte sich hier auch, dass spezifische Proteinabbauwege über Autophagie verstärkt aktiviert werden, die durch mechanische Belastung zerstörte Proteinfragmente gezielt abbauen können (Ulbricht et al., 2015).

Die Erkenntnisse aus diesen Studien helfen dabei, trainingsrelevante Prinzipien zu hinterfragen und die Konzeption von akuten KT-Belastungen zu optimieren. Ein Nachteil bleibt jedoch weiterhin, dass sich die akute Antwort im Muskel auf veränderte und fortgesetzte muskuläre Beanspruchung sowohl für Trainer bzw. Trainerinnen als auch für Athleten bzw. Athletinnen nicht nachvollziehen lässt. Obwohl eine effektive Gestaltung einzelner Trainingsreize für den Trainingsprozess essentiell ist, führt jedoch erst eine langfristige Summation von Einzelreizen zu manifester struktureller Anpassung im Skelettmuskel.

Es stellt sich daher insbesondere auch die Frage, inwieweit sich die akute Antwort der beschriebenen Proteine nach Trainingsbelastung als Folge von wiederholtem Training ändert. Aus guter Beobachtung heraus ist schon vor vielen Jahrzehnten bekannt gewesen, dass sich die Anpassung an regelmäßiges Training abschwächen kann und dass Regeneration, sowie die Modulation von Intensität und Umfang, wesentliche Säulen für die Planung von Trainingsinhalten im Mikro- und Makrozyklus sind. Aufgrund dieser Tatsache sind Trainingsprinzipien etabliert worden, die in der einschlägigen Fachliteratur bspw. als Prinzip der periodisierten Belastung sowie als Relation zwischen Belastung und Erholung bekannt geworden sind. Um die Effektivität von Trainingsreizen vor dem Hintergrund einer sich kontinuierlich anpassenden Muskulatur zu erhalten, bedient man sich zusätzlich auch des Prinzips der progressiven Belastungssteigerung. Diese kann sich im KT sowohl als Umfangs- oder Intensitätssteigerung über den Zeitverlauf darstellen. Obwohl diese Prinzipien im Trainingsprozess mit individueller Ausprägung angewandt werden, fehlen für Trainer und Trainerinnen sowie Athleten und Athletinnen jedoch empirische Daten, welche inhaltlich begründete Angaben zu Dynamik und Zeitraum sich verändernder Anpassung des Skelettmuskels durch wiederholtes Training geben könnten. Somit begründet sich die im KT verwendete Periodisierung und Belastungsprogression sowohl in ihrer zeitlichen als auch dynamischen Änderung weitestgehend auf Basis von Versuch und Irrtum statt auf Grundlage biologisch fundierter Datenlage auf Ebene der Muskelfaser.

Auf Basis eines vorangegangenen BISp Projektes, wo wir die akute molekulare Signalgebung des Skelettmuskels auf 3 unterschiedliche Belastungsmuster durch KT charakterisieren konnten, entwickelten sich letztendlich wesentliche Kernfragen, die zur Konzeption der hier dargestellten Studie geführt haben.

- › In welchem Zeitraum induziert wiederholtes KT eine Abschwächung bzw. Desensibilisierung akut molekularer Signalgebung im Skelettmuskel?
- › Kann eine Belastungsprogression innerhalb des Trainingsprozesses eine Abschwächung molekularer Signalgebung durch konstante Belastung verhindern?
- › Bewirkt eine kurzzeitige Entlastung des Skelettmuskels innerhalb eines Mikrozyklus eine erneute Erhöhung der Signalgebung im Muskel?

Im beschriebenen Untersuchungskonzept wurde mittels Analyse der Phosphorylierung von Proteinen der zellulären Signaltransduktion sowie struktureller Muskelfaseranpassung untersucht, inwieweit sich Veränderungen in der Phosphorylierung dieser Proteine über den Zeitverlauf von 14 Trainingseinheiten ergeben und ob sich signifikante Unterschiede zwischen Progression (PR) und konstanter Reizgestaltung (KO) über den Zeitverlauf im Skelettmuskel darstellen.

## 2 Methodik

Das Projekt wurde im Zeitraum von 08.01.2013 bis zum 30.4.2015 an 20 männlichen Probanden ( $24,1 \pm 2,7$  Jahre,  $183 \pm 6$  cm,  $79,3 \pm 8,2$  kg) durchgeführt. 2 Probandengruppen mit konstanter (KO) ( $N = 8$ ) und progressiver Kraftbelastung (PR) ( $N = 9$ ) wurden einer 6-wöchigen Trainingsintervention mit insgesamt 14 Trainingseinheiten (TE) bei 3 KT-Einheiten pro Woche (Montag, Mittwoch, Freitag) unterzogen. Ein drittes Kollektiv diente als Kontrollgruppe (KG) ( $N = 3$ ) und führte kein KT während des Untersuchungszeitraumes von T0 zu T6 durch. Das KT bestand aus einem Ganzkörper KT an 6 Trainingsgeräten in der Reihenfolge: Rückenstrecker, Bankdrücken, Latissimus-Zug, Bauchbeugen, Beinstrecker und Beinpresse. Insgesamt wurden 3 Trainingssätze pro Gerät zwischen 8-12 Wiederholungen im klassischen Hypertrophiebereich trainiert. Die Trainingsbelastung wurde eingangs der Studie für jeden Probanden individuell in Krafttests bestimmt (siehe Methodik Antrag). KO trainierte bei allen 14 Trainingseinheiten mit dem initial festgelegten Trainingsgewicht während bei PR eine Steigerung des Gewichtes zur nachfolgenden Trainingseinheit vorgenommen wurde, sobald im ersten Belastungssatz der aktuellen TE mehr als 13 Wiederholungen durchgeführt werden konnten. Zur Bestimmung der akuten und langfristigen muskulären Anpassung an die KT-Beanspruchung wurden zu 8 Zeitpunkten während der Studie Muskelbiopsien des M.vastus lateralis entnommen. Vor Trainingsbeginn (T0), nach der ersten TE (T1), dritten (T2), siebten (T3), zehnten (T4), vor der 13. TE (T5 PRE) (nur bei 6 Probanden), nach der 13. TE (T5 POST) sowie nach der 14. TE (T6). Zwischen der 13. und 14. TE wurde eine 10-tägige Trainingspause umgesetzt. Die 14. TE wurde mit dem gleichen Trainingsgewicht wie in der 13. TE durchgeführt. Muskelbiopsien wurden jeweils 45 min nach Training entnommen, um die maximale Aktivierung der untersuchten Proteine bestimmen zu können. Die Analyse zellulärer Signaltransduktion und Muskelfaseranpassung des Skelettmuskels wurde mittels Westernblots und Immunhistochemie vorgenommen.

## 3 Ergebnisse

Das Trainingsvolumen stieg in PR signifikant ( $p < 0.05$ ) ab der zweiten Trainingseinheit gegenüber der ersten an und steigerte sich im Mittel um 31 % bis T6 während in KO das Trainingsvolumen über den Studienverlauf konstant blieb. Ab der sechsten TE trainierten die Probanden von PR mit signifikant höheren Trainingsvolumina als KO.

Das subjektive Belastungsempfinden nach den Trainingseinheiten, gemessen an der BORG Skala, blieb in PR auf konstant hohem Niveau über den Zeitverlauf und reduzierte sich nur signifikant gegenüber TE1 zu TE8-TE11 um hiernach wieder anzusteigen (Abb. 1A). In KO reduzierte sich das subjektive Belastungsempfinden signifikant gegenüber TE1 ab TE8 bis TE14 aufgrund der kontinuierlichen Anpassung an das konstante Trainingsgewicht.

Der Muskelfaserquerschnitt – als ein Maß für die Hypertrophie der Skelettmuskelfasern – nahm in beiden Trainingsgruppen in Typ I Fasern von T0 nach T6 zu, während in der Kontrollgruppe keine Hypertrophie sondern eine leichte Senkung des Muskelfaserquerschnittes zu verzeichnen war (Abb. 1 B). Typ I Fasern nahmen im Querschnitt in PR von T0 nach T3 und T3 nach T6 signifikant zu ( $p < 0.05$ ) und vergrößerten sich in PR im Mittel um ca. 20 %. In KO kam es von nur von T0 nach T3 zu einem signifikanten Anstieg des Querschnittes von Typ I Fasern ( $p < 0.05$ ). Typ I Fasern vergrößerten sich in KO um etwa 13 %. Typ II Muskelfasern hypertrophierten signifikant zu T3 und T6 in PR, während in KO eine signifikante Querschnittszunahme ( $p < 0.05$ ) erst zu T6 festgestellt werden ( $p < 0.05$ ) konnte.

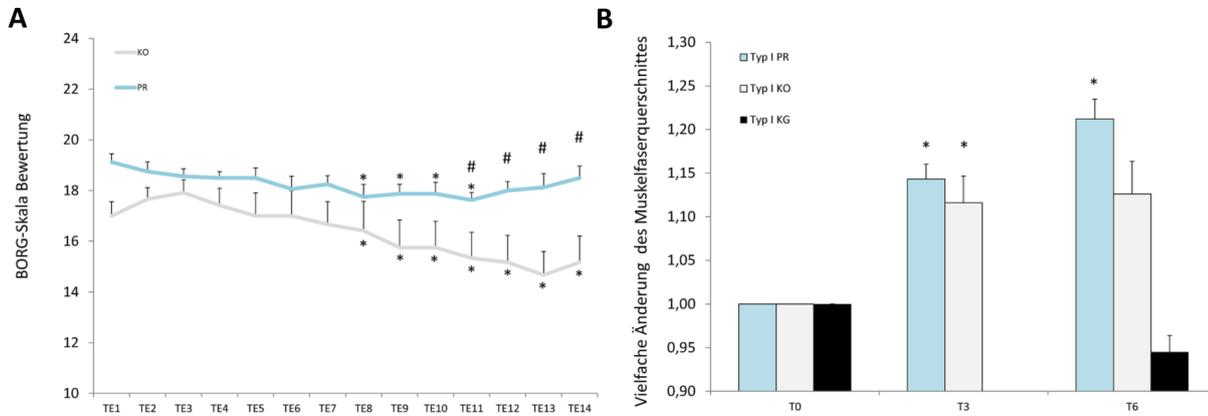


Abb. 1A: Entwicklung des Trainingsvolumens von Beinstrecker und Beinpresse über den Zeitverlauf in PR und KO. (# signifikant unterschiedlich mit  $p < 0.05$  zwischen PR und KO; \* signifikant mit  $p < 0.05$  gegenüber T1 in PR und KO).

1B: Muskelfaserquerschnitt über den Zeitverlauf von T0, T3 und T6 in PR und KO in Typ I Fasern. (# signifikant unterschiedlich mit  $p < 0.05$  zwischen PR und KO; \* signifikant mit  $p < 0.05$  gegenüber T1 in PR und KO)

## 3.1 Signaltransduktion

### 3.1.1 p70S6k

p70s6k<sup>Thr389</sup> (Abb. 2A) war in der Gesamtgruppe zu allen Zeitpunkten signifikant gegenüber T0 erhöht ( $p < 0.05$ ). In PR konnte zu den Zeitpunkten T1, T2, T4 und T6 eine Erhöhung gegenüber T0 festgestellt werden ( $p < 0.05$ ) während in KO T1 bis T6 gegenüber T0 erhöht war ( $p < 0.05$ ). Über den Zeitverlauf konnte ein tendenzielle, jedoch keine signifikante Reduktion der Phosphorylierung von p70s6k in beiden Gruppen bis T5POST festgestellt werden. Signifikante Unterschiede bestanden zwischen beiden Gruppen nicht. Im Gegensatz zu p70s6k<sup>Thr389</sup> vollzog sich die Aktivierung von p70s6k an <sup>Ser421/Thr424</sup> in höherer Dynamik (Abb. 2B). In der Gesamtgruppe wurde ein Anstieg um das 8-fache bei T1 bis auf das 7-fache bei T6 festgestellt. Alle Zeitpunkte zeigten eine signifikante Erhöhung von p70s6k an <sup>Ser421/Thr424</sup> während des Studienzeitraumes. Es konnte ferner eine signifikante Reduktion zu T3, T4 und T5 gegenüber T1 festgestellt werden ( $p < 0.05$ ). Diese war zu T6 bereits auf aufsteigendem Niveau und gegenüber T1 nicht mehr signifikant reduziert. Innerhalb der Gruppen waren bei PR lediglich die Zeitpunkte T1, T2, T5 und T6 gegenüber T0 signifikant erhöht, während sich bei T3, T4 und T5 Post eine signifikante Reduktion des Signals von p70s6k<sup>Ser421/Thr424</sup> gegenüber T1 zeigte ( $p < 0.05$ ). Das Signal zeigte nach Beendigung der Trainingspause von T5POST nach T6 eine signifikante Re-Sensibilisierung auf Training im Vergleich zu T3 und T4 ( $p < 0.05$ ). In KO konnte eine signifikante Erhöhung bei allen Nachbelastungszeitpunkten gegenüber T0 festgestellt werden ( $p < 0.05$ ). Auch in KO kam es zu signifikanter Reduktion des Signals zu T3, die jedoch geringer ausfiel als bei PR und das bis T6 auf ähnlichem Niveau blieb. In KO kam es zu keiner signifikanten Erhöhung von p70s6k<sup>Ser421/Thr424</sup> bis T6.

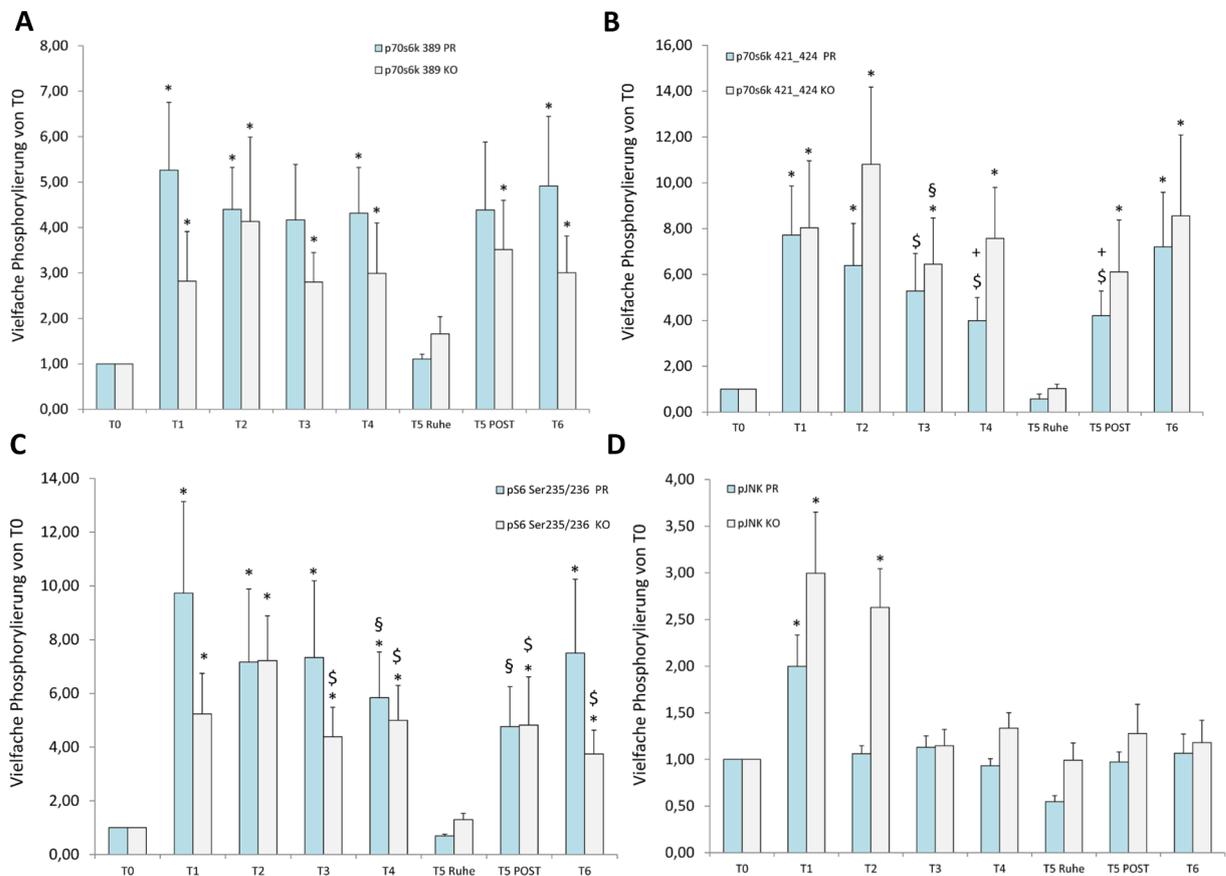


Abb. 2A: Phosphorylierung von  $p70s6k^{Ser421/Thr424}$  in PR und KO über den Zeitverlauf von T0 nach T6. (# signifikant unterschiedlich mit  $p < 0.05$  zwischen PR und KO; \* signifikant mit  $p < 0.05$  gegenüber T0 in PR und KO; \$ signifikant unterschiedlich mit  $p < 0.05$  gegenüber T1 in PR; + signifikant unterschiedlich gegenüber T6 mit  $p < 0.05$  in PR; § signifikant unterschiedlich mit  $p < 0.05$  gegenüber T2 in KO).

2B: Phosphorylierung von  $p70s6k^{Thr389}$  in PR und KO über den Zeitverlauf von T0 nach T6. (# signifikant unterschiedlich mit  $p < 0.05$  zwischen PR und KO; \* signifikant mit  $p < 0.05$  gegenüber T1 in PR und KO).

2C: Phosphorylierung von  $pS6^{Ser235/236}$  in PR und KO über den Zeitverlauf von T0 nach T6. (# signifikant unterschiedlich mit  $p < 0.05$  zwischen PR und KO; \* signifikant unterschiedlich mit  $p < 0.05$  gegenüber T1 in PR und KO; \$ signifikant unterschiedlich mit  $p < 0.05$  gegenüber T2 in KO; § signifikant unterschiedlich mit  $p < 0.05$  gegenüber T1 in PR).

2D: Phosphorylierung von  $pJNK^{Thr183/Tyr185}$  in PR und KO über den Zeitverlauf von T0 nach T6. (# signifikant unterschiedlich mit  $p < 0.05$  zwischen PR und KO; \* signifikant mit  $p < 0.05$  gegenüber T1 in PR und KO).

### 3.1.2 S6

In der Gesamtgruppe waren alle Nachbelastungszeitpunkte gegenüber T0 signifikant erhöht ( $p < 0.05$ ) (Abb. 2C) und es konnte eine tendenzielle aber nicht signifikante Reduktion der Phosphorylierung des ribosomalen Proteins S6 von T3 bis T4 gegenüber T1 festgestellt werden.  $pS6^{Ser235/236}$  stieg signifikant von T1-T6 um das 6-10-fache gegenüber T0 in beiden Gruppen an. Lediglich bei PR konnte

keine signifikante Erhöhung von T5POST gegenüber T0 festgestellt werden. In PR reduzierte sich das Phosphorylierungssignal von S6 signifikant ( $p < 0.05$ ) bei T4 und T5 Post gegenüber T1. Eine Erhöhung des Signales bei T6 gegenüber T3-T5POST konnte in beiden Gruppen nur tendenziell nachgewiesen werden. In KO wiesen alle Zeitpunkte nach Belastung signifikant erhöhte Signalaktivität aus im Vergleich zu T0 ( $p < 0.05$ ) und das Signal zeigte einen Peak bei T2. Im Vergleich zu T2 reduzierten sich alle Werte von T3 bis T6 signifikant ( $p < 0.05$ ). Allerdings kam es in KO zu keiner Erhöhung der abfallenden S6 Phosphorylierung.

### 3.1.3 JNK

In der Gesamtgruppe konnte eine signifikant erhöhte Phosphorylierung von JNK gegenüber T0 nur zu den Zeitpunkten T1 und T2 festgestellt werden ( $p < 0.05$ ) (Abb. 2D). Hiernach war die Phosphorylierung von JNK bis T6 signifikant reduziert ( $p < 0.05$ ) und konnte auch durch eine Trainingspause zwischen T5Post und T6 nicht mehr aufreguliert werden. Innerhalb der Gruppen war bei PR nur T1 und bei KO T1 und T2 signifikant über T0 erhöht. Der hierauf einsetzende Abfall in der Phosphorylierung von JNK verlief in beiden Gruppen gleichsam. Statistische Unterschiede zeigten sich zwischen beiden Gruppen bei T2 nach der dritten TE mit einer signifikant erhöhten Phosphorylierung innerhalb von KO als PR ( $p < 0.05$ ).

## 4 Diskussion

Die vorliegende Studie wurde konzipiert, um grundlegende Fragestellungen zur Skelettmuskelanpassung und Trainingsgestaltung auf Ebene der zellulären Skelettmuskelregulation zu beantworten. Eine Synthese beider Perspektiven erscheint in diesem Zusammenhang sinnvoll, weil letztendlich alle zellulären Regulationen langfristig die strukturelle Anpassung des Skelettmuskels auf Trainingsbeanspruchung regulieren und somit Leistungsveränderungen auch global messbar werden. Die Schwierigkeit eines solchen Ansatzes besteht jedoch darin, dass die Komplexität sinnvoll reduziert werden muss, um eine Synthese beider Ebenen nachvollziehbar vornehmen zu können. Dies ist in der vorliegenden Studie umgesetzt worden, indem 2 Trainingsgruppen erstellt wurden, die einerseits ein sehr ähnliches Belastungsmuster durchführten (beide im Hypertrophie Bereich), andererseits aber über den Zeitverlauf sehr unterschiedliche Progressionen der Trainingsgewichte und dadurch Volumina aufwiesen und hierdurch hypothesengerecht konzipiert waren. Hierdurch sind gut nachvollziehbare Belastungsmuster erstellt worden, die mit Trainingsbeginn von einem gemeinsamen Startpunkt bzgl. der Trainingsbelastung ausgingen. So wurde sicher gestellt, dass ein praxisnaher Ansatz gewährleistet ist, um die vorliegenden Hypothesen zu testen und andererseits, dass Veränderungen der zellulären Antwort nicht von weiteren Parametern der Belastungsgestaltung verursacht wurden. Zelluläre Anpassungen wurden anhand von Parametern bestimmt, die als sehr zuverlässige Indikatoren akuter und langfristiger Anpassung der durch KT belasteten Muskelfaser gelten.

Die in dieser Studie untersuchten Kernhypothesen konnten mit den verwendeten Parametern untersucht und teilweise auch bestätigt werden.

Für das Gesamtkollektiv konnte gezeigt werden, dass sich insbesondere die Signaltransduktionsproteine p70s6k und deren Target rpS6 über den Zeitverlauf in ihrer Phosphorylierung signifikant herunterregulieren und erst nach einer Trainingspause von 10 Tagen (zwischen T5 und T6) wieder deutlich ansteigen. Obwohl dieser Trend in beiden Gruppen zu erkennen war, zeigte sich erstaunlicherweise, dass insbesondere in PR, der Gruppe die für die potentielle Forcierung des Erhalts der Signalintensität konzipiert war, die tendenziell größere Desensibilisierung dieser Proteine ergab. Dies konnte auch für die Proteine 4E-BP1 und AKT (Daten nicht gezeigt) sowie JNK festgestellt werden. Obwohl dieser

Umstand sehr erstaunlich ist, scheint dies in Zusammenhang mit der hohen Beanspruchung der Probanden in PR in jeder Trainingseinheit in Verbindung zu stehen. Es wurde darauf geachtet, dass die Probanden in PR in jeder TE vollständig ausgelastet waren. Dies äußerte sich in der nahezu konstant hohen Bewertung des individuellen Anstrengungsgrades gemessen an der BORG-Skala. Zwar traten die Unterschiede zwischen beiden Gruppen hinsichtlich der Volumensteigerung erst ab TE8 signifikant zu Tage, die erhöhte Beanspruchung der Muskelfasern bis an die Leistungsgrenze in PR war jedoch bereits ab der zweiten bis dritten Einheit aufgrund der stetigen Gewichtsanpassung gegeben. Es ist demnach durchaus möglich, dass die Unterschiede zwischen den Gruppen in der Signalgebung zu Beginn der Studie, insbesondere von JNK, AKT und p70s6k, durch die hohe Belastung bis zur letzten Wiederholung in jeder TE eine stärkere mechano-metabolische Beanspruchung frühzeitig in PR ergeben haben. Dafür spricht insbesondere, dass der für mechanische Beanspruchung hochsensible Parameter JNK sich bereits nach der dritten Trainingseinheit bei T2 innerhalb von PR signifikant gegenüber KO reduzierte (Abb. 2D). In beiden Gruppen kam es jedoch zu einer permanenten Reduktion der Phosphorylierung von JNK bis T6 ohne eine durch die Trainingspause induzierte Erhöhung von T5 nach T6. Dies zeigt auch, wie fundamental sich chronische Beanspruchung auf die Skelettmuskulatur auswirkt und wie anhaltend eine Vorkonditionierung des Skelettmuskels auf einzelne Parameter sein kann.

## 5 Fazit

- ▶ Mehrwöchiges KT bewirkt eine Abschwächung der Signaltransduktion im Muskel welche für die muskuläre Anpassung bzw. die Proteinsynthese von zentraler Bedeutung ist. Diese Regulation vollzieht sich maßgeblich bei Proteinen wie p70s6k, rpS6 und JNK, die zum einen für die Proteinsynthese hochrelevant sind und mit dem Muskelwachstum korrelieren sowie auch eine hohe Sensitivität für mechanische Stimulation aufweisen.
- ▶ Entgegen der Hypothese, dass progressive Trainingsbelastung eine Abschwächung der Signaltransduktion bei fortgesetztem Training verhindert, tritt eine stufenlose Abschwächung der Signaltransduktion sowohl bei progressiver als auch konstanter Belastung auf. Insbesondere bei progressiver Beanspruchung scheint sich die desensibilisierte Signaltransduktion des Skelettmuskels jedoch tendenziell stärker und schneller zu vollziehen als bei konstanter Belastung.
- ▶ Die Hypertrophie von Typ I und Typ II Muskelfasern verläuft innerhalb von 6 Wochen sowohl bei progressiver als auch konstanter Trainingsbelastung in ähnlichem Ausmaß.
- ▶ Eine kurzfristige Unterbrechung von Krafttrainingsbelastungen von 10 Tagen (ca. 1 Mikrozyklus) induziert bei einigen Proteinen der Translationsregulation eine Re-sensibilisierung und einen erneuten Anstieg der Signaltransduktion auf das Ausgangsniveau zu Beginn des Trainings.
- ▶ Permanente, progressive und intensive Kraftbeanspruchung zeigt im Rahmen der hier untersuchten Parameter keine wesentlichen Vorteile gegenüber konstanter Kraftbeanspruchung mit geringerer Intensitätssteigerung.

Auf Basis der dargestellten Befunde kann eine Belastungsmodulation und Belastungsregeneration im fortgesetzten KT-Prozess optimiert werden. In der vorliegenden Studie zeigte sich, dass eine Progression der Trainingsintensität im Krafttraining – mit sehr hoher subjektiver Ausbelastung über einen längeren Zeitraum – nicht zu stärkerer Hypertrophie und anhaltend hoher Signalgebung im Vergleich

zu konstanter Belastung führt. Ähnliche Befunde wurden schon vor einigen Jahren in Untersuchungen gemacht, die zeigen konnten, dass Trainingsintensität ein für die Einschätzung des Hypertrophiepotentials der Muskelfaser schwierig einzuordnender Parameter ist (Mitchell et al., 2012). Dies könnte durch die verbesserte Kalkulation teilweise gegensätzlicher Befunde relativiert werden, die mechanische Kraftentfaltung (Gehlert et al., 2014; Martineau & Gardiner, 2001), Intensität (Fry, 2004; Mitchell et al., 2012) und Time under Tension (TuT) (Burd et al., 2012; Martineau & Gardiner, 2002) als getrennt wirksame Variablen des Muskelwachstums bzw. der Proteinsynthese interpretieren.

Daher könnte unter praxisnahen Gesichtspunkten eine stete und sehr hohe Beanspruchung mit hohen Intensitäten langfristig wenig Sinn ergeben, energetische Reserven für weiterführende Trainingsinhalte bzw. Technikeinheiten unnötig minimieren und regenerative Prozesse behindern. Bei der praxisnahen Gestaltung von KT-Programmen würde sich anbieten, innerhalb von 14-18 Tagen, eine Re-Sensibilisierungsphase in das Training mit einfließen zu lassen, indem für einen Zeitraum von wenigstens 7 Tagen wenig bis gar kein KT durchgeführt wird. Hiernach kann unter Berücksichtigung der spezifischen Zielvorstellung eine veränderte oder aber mit Progression versehene Konzeption von anderen KT-Formen mit hoher Kraftbeanspruchung oder erhöhter Muskelspannung über den Zeitraum der Belastung appliziert werden.

## 6 Literaturverzeichnis

- Adams, G. (2010). The Molecular Response of Skeletal Muscle to Resistance Training. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 61 (3), 61-67.
- Baar, K., & Esser, K. (1999). Phosphorylation of p70(S6k) correlates with increased skeletal muscle mass following resistance exercise. *American journal of physiology*, 276 (1 Pt 1), C120-127.
- Burd, N.A., Andrews, R.J., West, D.W.D., Little, J.P., Cochran, A.J.R., Hector, A.J., Cashaback, J.G., Gibala, M.J., Potvin, J.R., Baker, S.K. & Phillips, S.M. (2012). Muscle time under tension during resistance exercise stimulates differential muscle protein sub-fractional synthetic responses in men. *Journal of physiology, London*, 590 (2), doi:10.1113/jphysiol.2011.221200
- Fry, A. C. (2004). The role of resistance exercise intensity on muscle fibre adaptations. *Sports medicine*, 34 (10), 663-679.
- Gehlert, S., Bungartz, G., Willkomm, L., Korkmaz, Y., Pfannkuche, K., Schiffer, T., Bloch, W. & Suhr, F. (2012). Intense resistance exercise induces early and transient increases in ryanodine receptor 1 phosphorylation in human skeletal muscle. *PLoS One*, 7 (11), e49326. doi:10.1371/journal.pone.0049326
- Gehlert, S., Suhr, F., Gutsche, K., Willkomm, L., Kern, J., Jacko, D., Knicker, A., Schiffer, T., Wackerhage, H. & Bloch, W. (2014). High force development augments skeletal muscle signalling in resistance exercise modes equalized for time under tension. *Pflügers Archiv*. doi:10.1007/s00424-014-1579-y
- Martineau, L.C., & Gardiner, P.F. (2001). Insight into skeletal muscle mechanotransduction: MAPK activation is quantitatively related to tension. *Journal of applied physiology*, 91 (2), 693-702.
- Martineau, L.C., & Gardiner, P.F. (2002). Skeletal muscle is sensitive to the tension-time integral but not to the rate of change of tension, as assessed by mechanically induced signaling. *Journal of biomechanics*, 35 (5), 657-663.
- Mitchell, C.J., Churchward-Venne, T.A., West, D.W., Burd, N.A., Breen, L., Baker, S.K., & Phillips, S.M. (2012). Resistance exercise load does not determine training-mediated hypertrophic gains in young men. *Journal of applied physiology (1985)*, 113 (1), 71-77. doi:10.1152/jappphysiol.00307.2012
- Ulbricht, A., Gehlert, S., Leciejewski, B., Schiffer, T., Bloch, W., & Höhfeld, J. (2015). Induction and adaptation of chaperone-assisted selective autophagy CASA in response to resistance exercise in human skeletal muscle. *Autophagy*, 0. doi:10.1080/15548627.2015.1017186



# Einfluss von Ermüdung auf die komplexe Stabilisationsfähigkeit der unteren Extremität bei Perturbationen

(AZ 070113/13-14)

Juliane Müller, Josefine Stoll, Steffen Müller & Frank Mayer (Projektleiter)<sup>1</sup>

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

## 1 Einleitung, Problem- und Fragestellung

Akute und chronische Beschwerden im Freizeit- und Leistungssport sind maßgeblich verantwortlich für einen Trainings- und Wettkampfausfall (de Loes, 2007; Soligard, 2008). Als mögliche Ursache für die Entstehung einer Verletzung oder rezidivierenden Überlastungssituationen wird unter anderem eine Einschränkung sensomotorischer Fähigkeiten diskutiert (McKeon, 2008). Besonders gegen Ende eines Trainings oder einer Wettkampfbegegnung ist ein höheres Verletzungsrisiko durch eine reduzierte sensomotorische Leistungsfähigkeit evident (Hawkins, 2001; Ostenberg, 2000). Eine reduzierte Muskelkraft sowie eine eingeschränkte muskuläre Aktivität, herbeigeführt durch ermüdende Belastungen, können vor allem in Non-contact Situationen (z. B. Richtungswechsel, Stoppbewegungen) zu Verletzungen der unteren Extremität führen (Gleeson, 1998; Sanna, 2008). Dabei werden vor allem in Spielsportarten oftmals zwei Ermüdungssituationen unterschieden: kurze hochintensive Maximalkraftbelastungen lokaler Muskelgruppen (lokal) vs. langandauernden, intensiven Ganzkörper-Belastungen (global) (Drust, 2000; Springer, 2009; Zech, 2013). Im Fokus wissenschaftlicher Untersuchungen stand bislang primär die Erfassung des Einflusses einer Ermüdung auf isolierte Faktoren (Kraft, posturale Kontrolle, elektromyographische Aktivität), meist in standardisierten und sportartunspezifischen Belastungssituationen (Gauchard, 2002; Gribble, 2004; Vuillerme, 2002). Dem gegenüber fehlen Untersuchungen mit gezielten komplexen und sportspezifischen Perturbationssituationen im ermüdeten Zustand. In diesem Zusammenhang ist ebenfalls unklar, inwieweit sich die physische Erholung in Abhängigkeit von der Zeit nach Belastung positiv auf die Stabilisationsfähigkeit der unteren Extremität auswirkt (Nagy, 2004). Besonders interessant ist hier vor allem, ob sportartspezifische Pausenzeiten ausreichen, um das Ausgangsniveau und somit die Belastbarkeit wieder herzustellen (Fox, 2008).

Ziele der Studie waren demnach:

- die Erfassung des Einflusses von Ermüdung auf die funktionale Stabilisationsfähigkeit der unteren Extremität (parametrisiert über die muskuläre Aktivität und Kinematik) während einer Perturbation.
- die Untersuchung der Effekte einer intensiven Intervallbelastung versus einer kurzen, hochintensiven, lokalen Ermüdung auf die funktionale Stabilisationsfähigkeit der unteren Extremität während einer Perturbation.
- die Analyse des Einflusses einer definierten Erholungsphase auf die funktionale Stabilisationsfähigkeit der unteren Extremität (parametrisiert über die muskuläre Aktivität, und Kinematik) während einer Perturbation.

## 2 Methode

### 2.1 Testpersonengruppe

In die Untersuchung eingeschlossen wurden 43 Leistungssportler beiderlei Geschlechts aus Spiel-sportarten mit einer hohen Belastungsanforderung an die neuromuskuläre Stabilisationsfähigkeit der unteren Extremität (Basketball N = 2, Fußball N = 10, Handball N = 19, Feldhockey N = 4, Ultimate Frisbee N = 1, Volleyball N = 5; keine Angabe N = 2). (vgl. Tab. 1)

Tab. 1: Anthropometrie und Trainingsdaten der Testpersonen.

N [m/w]	Alter [J]	Größe [cm]	Gewicht [Kg]	IAS [km/h]	Trainings-jahre [J]	Trainings-stunden [h/Wo]
26/17	24,5 ± 3,4	178,8 ± 9,7	74,7 ± 12,1	11,5 ± 1,2	12,5 ± 5,1	3,7 ± 2,1

### 2.2 Studiendesign

Die Studie wurde im cross-over-Design mit 3 Messtagen (M1-3) durchgeführt. (Abb. 1)

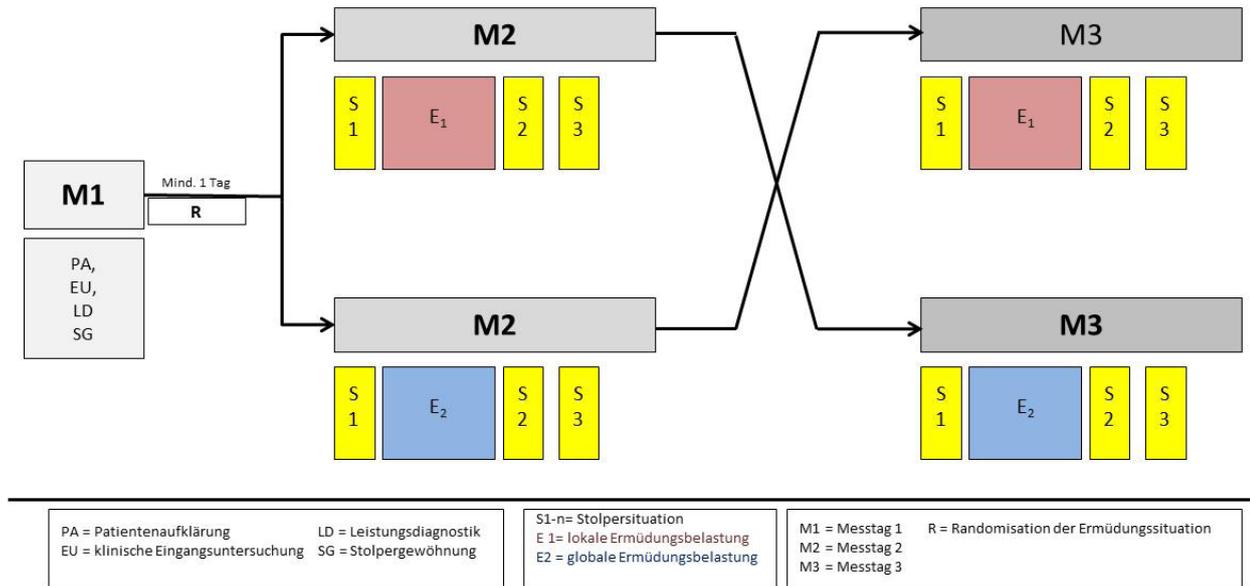


Abb. 1: Study-Flow-Chart des Studienablaufs der Hauptstudie

Messtag 1: Orthopädische und allgemeinmedizinisch-internistische Eingangsuntersuchung (Erhebung der Anthropometrie; klinische und Trainings-Anamnese; Erfassung der Abfrage der Verletzungsrate/-art an der unteren Extremität). Überprüfung der Ein- und Ausschlusskriterien (klinische Eingangsuntersuchung, EU). Gewöhnung (Stolpern, isokin. Beinpresse) der Testpersonen an die Messsituationen für den weiteren Studienverlauf (M2/M3). Bestimmung der individuellen Gang- und Sprintgeschwindigkeit mittels Lichtschrankenmesssystem (Timer S4, Alge Timing®). Leistungsdiagnostik (Stufentest auf dem Laufband (hpcosmos Mercure) nach Dickhuth: Start 6 km/h, Stufendauer: 2 Minuten, Steigerung: je 2 km/h bis Abbruch (subjektive Ausbelastung)) zur Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle (IAS) für das globale Ermüdungsprotokoll. Der Abstand zwischen Messtag 1 und Messtag

2 (M2) beträgt mindestens einen Tag. In randomisierter Abfolge erfolgte nach M1 zuerst die globale oder lokale Ermüdungsbelastung.

*Messtag 2/Messtag 3:* wiederholende Abfrage der Studientauglichkeit (Verletzungen an der unteren Extremität seit M1; Vorstellung beim Prüfarzt nach Bedarf). Präparierung des Testpersonen (muskuläre Aktivität: 16-Kanal-EMG Setup; Kinematik: PlugInGait lower limb Marker Setup). Perturbationsmessung S1, Ermüdungsbelastung (E1/E2)(lokal oder global); direkt nach Ermüdungsbelastung Perturbationsmessung 2 (S2). 10 Minuten nach Ende der Messung S2 folgte eine dritte Perturbationsmessung (S3). Der Abstand zwischen M2 und M3 beträgt gemäß den Erkenntnissen zur Regeneration der metabolischen Stoffwechselgrößen mindestens drei Tage. M3 wird mit dem identischen Setup wie M2 durchgeführt. Lediglich der Inhalt der Ermüdungsbelastung (E1/E2) differiert für jede Testperson gemäß der Randomisation zu M2.

### 2.3 Ermüdungsprotokolle

*Globale Ermüdungsbelastung:* Die globale Ermüdung wurde als intensive Intervallbelastung mit wechselnden sportspezifischen Bewegungsmustern auf einem Laufband (hpcosmos Mercure) durchgeführt. Das Ermüdungsprotokoll setzte sich in Anlehnung an Drust et al. (2000) aus 4 (fussball)spezifischen Bewegungs-/Belastungsformen in randomisierter Reihenfolge zusammen (Gehen, Joggen, Laufen, Sprinten) und soll der Imitation der Belastung einer Fussballhalbezeit dienen. (Tab. 2)

Tab. 2: Mittlere Geschwindigkeit (MW  $\pm$  SD) je Kondition im globalen Ermüdungsprotokoll über alle Testpersonen (N = 35)

Kondition	Bestimmung	Anzahl an Blöcken	Dauer je Block (Sek.)	Mittlere Geschwindigkeit (km/h)
<b>Gehen</b>	individuelle Ganggeschwindigkeit gemessen	13	35,3	4,8 $\pm$ 0,7
<b>Joggen</b>	80% der Geschwindigkeit an der individuellen IAS	12	50,3	9,4 $\pm$ 0,9
<b>Laufen</b>	110% der Geschwindigkeit an der individuellen IAS	6	51,4	13,0 $\pm$ 1,4
<b>Sprinten</b>	individuelle Sprintgeschwindigkeit gemessen	16	10,5	19,6 $\pm$ 3,1

*Lokale Ermüdungsbelastung:* Die lokale Ermüdung erfolgte an einer isokinetischen Beinpresse (Con-trex Legpress, Physiomed Elektromedizin, Schnaittach, Deutschland). Nach einer Erwärmung (10 submaximale Wiederholungen, konzentrisch bei 0,6 m/s, alternierend) mit anschließenden 60 Sekunden Pause erfolgte die Bestimmung der Maximalkraft der unteren Extremität (5 Wiederholungen, isokinetisch ballistisch, konzentrisch bilateral bei 0,6 m/s). Die Testpersonen wurden instruiert, bei jeder Wiederholung so kräftig wie möglich zu arbeiten. Nach einer 3-minütigen Pause schloss sich die maximale lokale Ermüdungswiderstandsbelastung der unteren Extremität (isokinetisch ballistisch, konzentrisch bilateral bei 0,6 m/s (CON-TREX Legpress)) an. Die Testpersonen erhielten dabei die Instruktion, so lange wie möglich maximal kräftig in der wechselseitigen Beinextension zu arbeiten. Das Ermüdungskriterium lag bei  $> 50\%$  von  $F_{max}$  und wurde bei jeder einzelnen Wiederholung durch den Untersucher an Hand des individuellen  $F_{max}$  kontrolliert (Trainingsmodus CON-TREX Human Software). Es gab keine Begrenzung der Anzahl an Wiederholungen bis zum Erreichen der Ermüdungsgrenze ( $50\%$  von  $F_{max}$ ). Der Test wurde beendet, wenn ein Proband bzw. eine Probandin bei 3 aufeinander folgenden Wiederholungen eine Leistung unter  $50\%$  von  $F_{max}$  erbracht hatte (Granacher, 2010).

## 2.4 Messmethoden

- › Perturbationsprotokolle (S1/S2/S3): Die Testpersonen sind bei einer Basisgeschwindigkeit von 3,6 km/h auf dem Laufband mit 2 separat ansteuerbaren Bändern (Woodway) gegangen, während zeitlich randomisiert 15 Störreize (Beschleunigung:  $-40 \text{ m/s}^2$ , Dauer: 50 ms; 200 ms nach Fußkontakt) je Bein appliziert wurden. Das Perturbationsprotokoll S1 erfolgte initial (vor der Ermüdungsbelastung), S2 direkt nach dem Ende und S3 10 min nach Ermüdung.
- › Kinematik: Mittels elektroofischem Passivmarkersystem wurde die Kinematik der unteren Extremität im normalen Gang und während des Stolperns (Standard Lower Body Marker Placement for Plug-in Gait (Lower Limb); 10 Kameras; 1000 Hz; Vicon MX Motion System, Oxford, United Kingdom) erfasst. (vgl. Abb. 2, links)
- › Neuromuskuläre Aktivität (EMG): Während des normalen Gehens und Stolperns wurde die muskuläre Aktivität der unteren Extremität mit einem bipolaren 8-Kanal-Oberflächen-EMG abgeleitet (Abb. 2, rechts) (Frequenz: 4000 Hz, myon RFTD-32, myon AG, Baar, Schweiz)
- › Parameter zur Erfassung des Ermüdungsgrades: Vor und nach den Ermüdungsbelastungen wurde die objektive und subjektive Belastung erfasst. Objektive Belastung: Die Herzfrequenz (Hf) und das Laktat (La) wurden direkt vor und nach der jeweiligen Ermüdungsbelastung (global, lokal) erfasst. Die subjektive Belastung, BORG-Skala (BS, [6-20]) wurde jeweils direkt vor und nach der jeweiligen Ermüdungsbelastung (global, lokal) erfasst.

## 2.5 Messgrößen

Es wurden nur die rechten Störreize sowie die Response des perturbierten Beines analysiert. Kinematik: Für das Sprung-, Knie- und Hüftgelenk wurde für alle 3 Bewegungsebenen eine mittlere Kurve (Gruppenmittelwertverlauf) bestehend aus 100 Messpunkten für jede Kondition (global/lokal) zu jedem Zeitpunkt (S1, S2, S3) generiert. Dabei wurde immer der Schritt direkt vor, bei und nach Perturbation betrachtet. Der Vergleich der Kurvenverläufe erfolgte deskriptiv.

Muskuläre Aktivität: Die EMG Amplituden (RMS; %) wurden beim Stolpern für das Zeitintervall 0-200 ms nach Perturbation ausgewertet. Die Amplituden wurden dabei auf das gleiche Zeitintervall im normalen, unperturbierten Gang (Mittelwert aus 5 Schritten) normiert. Um Veränderungen in der EMG Amplitude über die 3 Perturbationsprotokolle analysieren zu können, wurde der mittlere RMS der 15 Stimuli von S1 mit S2 sowie S2 und S3 verglichen.

Die Datenanalyse erfolgte deskriptiv (Mittelwert  $\pm$  SD) und über ein- bzw. mehrfaktorielle Verfahren ( $\alpha < 0,05$ ).

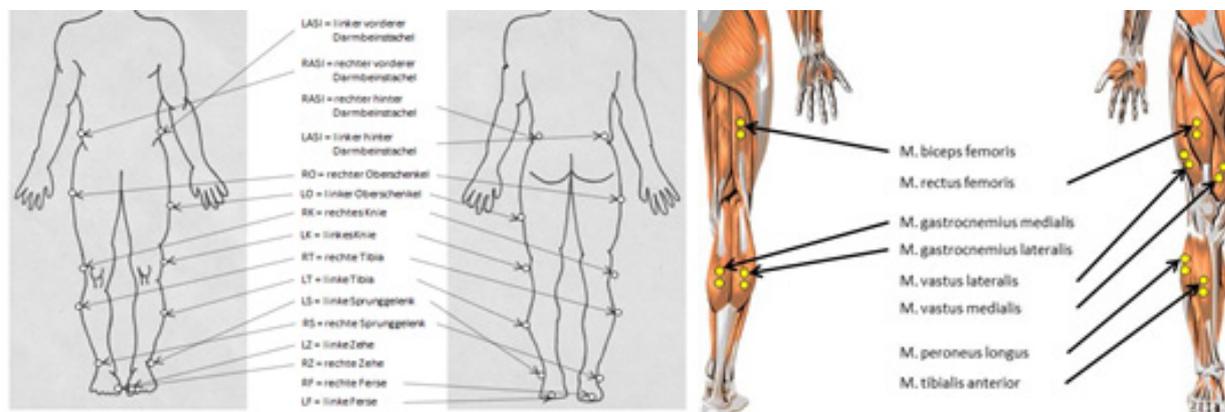


Abb. 2: Marker-Set up zur Erfassung der Kinematik der unteren Extremität (links) und 8-Kanal-EMG-Set up der unteren Extremität (rechts) (Konrad, 2002)

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Charakterisierung der Ermüdungsprotokolle

**Globales Ermüdungsprotokoll:** Die Testpersonen haben im Mittel eine Strecke von  $5,7 \pm 1,0$  km in einer Zeit von  $33,4 \pm 4,7$  min (Range 18,1 min – 40,5min) zurück gelegt. Dabei haben die Testpersonen eine berechnete Arbeit von  $22687 \pm 6592$  J (Range 11037 – 33585 J) geleistet. Fünf mussten das Laufbandprotokoll auf Grund subjektiver Erschöpfung vorzeitig abbrechen (N = 5;  $4,4 \pm 1,0$  Km (Range: 3,1 – 5,5); Dauer:  $25,2 \pm 5,3$  min (Range 18,1 bis 31,5)).

**Lokales Ermüdungsprotokoll:** Die Testpersonen haben bis zur Erfüllung der Abbruchkriterien im Mittel  $41,4 \pm 11,9$  Wiederholungen (Range: 20-87) auf der isokinetischen Beinpresse bei einer zeitlichen Dauer von  $71,1 \pm 18,1$  s (Range: 46,2 – 123 s) absolviert. Die geleistete Arbeit variierte zwischen 7203 – 28827 J (MW:  $16107,6 \pm 5235$  J). Niemand musste das Protokoll vorzeitig beenden.

Bei beiden Ermüdungsprotokollen unterschieden sich die Herzfrequenz (Hf), das Laktat (La) und die BORG-Skala (BS) statistisch signifikant vor und nach Ermüdungsbelastung ( $p < 0,001$ ) (Tab. 3). Im Vergleich beider Ermüdungsprotokolle zeigte sich jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied in den Differenzen nach und vor Ermüdung zwischen den beiden Protokollen in allen 3 Messgrößen (La:  $p = 0,25$ ; Hf:  $p = 0,33$ ; BS:  $p = 0,06$ )

Tab 3: Laktat, Herzfrequenz und BORG- Skala zur objektiven und subjektiven Einschätzung der Erschöpfung vor und nach jeweiliger Ermüdung (global, lokal) (MW  $\pm$  SD).

Indikator	Lokal <sub>prä</sub>	Lokal <sub>post</sub>	Diff <sub>Lokal</sub>	Global <sub>prä</sub>	Global <sub>post</sub>	Diff <sub>Global</sub>
Laktat [mmol/l]	$0,8 \pm 0,2$	$6,1 \pm 0,2$	$5,4 \pm 2,0$	$0,9 \pm 0,3$	$5,6 \pm 2,5$	$4,7 \pm 2,5$
Herzfrequenz [b/min]	$71 \pm 9$	$161 \pm 15$	$90 \pm 18$	$78 \pm 11$	$171 \pm 13$	$93 \pm 15$
BORG Skala [6-20]	$7 \pm 2$	$15 \pm 2$	$7,6 \pm 2,8$	$7 \pm 2$	$16 \pm 2$	$8,7 \pm 2,6$

### 3.1.1 Fragestellung 1: Einfluss von Ermüdung auf die funktionale Gelenkstabilität (global/lokal)

*Muskuläre Aktivität (EMG):* Die Analyse des RMS % zeigt für die Muskeln des perturbierten Beines eine Reduktion der Amplitude direkt nach Ermüdung (Vergleich S1-S2; Abb 3; Tab. 4). Dies trifft auf beide Ermüdungsprotokolle, mit Ausnahme des M. tibialis anterior für die lokale Ermüdung, zu. Für das globale Protokoll ist die Amplitudenreduktion für 6 von 8 Muskeln statistisch signifikant, für das lokale Protokoll nur für 3 (Oberschenkelmuskulatur) von 8 Muskeln (vgl. Tab. 4). Statistisch signifikante Unterschiede zw. beiden Protokollen sind dabei jedoch nur für 2 von 8 Muskeln präsent ( $p < 0.05$ ; M. peroneus longus; M. tibialis anterior).

*Kinematik (Abb. 4):* Das Hüftgelenk zeigt nach Ermüdung eine reduzierte Außenrotation in Kombination mit einer erhöhten Innenrotation, jedoch ausschließlich für das globale Ermüdungsprotokoll. Eine erhöhte Adduktion sowie eine reduzierte Außenrotation am Kniegelenk sind sowohl nach globaler als auch lokaler Ermüdung zu beobachten. Das Ausmaß ist dabei für das globale Protokoll deutlich ausgeprägter. Die Flexion dagegen zeigt für das globale Protokoll eine Reduktion nicht aber für das lokale. Für das Sprunggelenk sind keine relevanten Veränderungen in der Dorsalextension/Plantarflexion nach Ermüdung (lokal/global) zu beobachten. Demgegenüber ist eine Erhöhung der Außenrotation (lokal nur halbes Ausmaß wie global) sowie eine Reduktion der Eversion (nur global) abzulesen. Die beschriebenen Unterschiede nach Ermüdung zeigten sich sowohl im normalen, unperturbierten Gang als auch im Gang mit Perturbation.

### 3.1.2 Fragestellung 2: Effekt einer definierten Pause auf die funktionale Gelenkstabilität im Anschluss an eine globale und/oder lokale Ermüdung

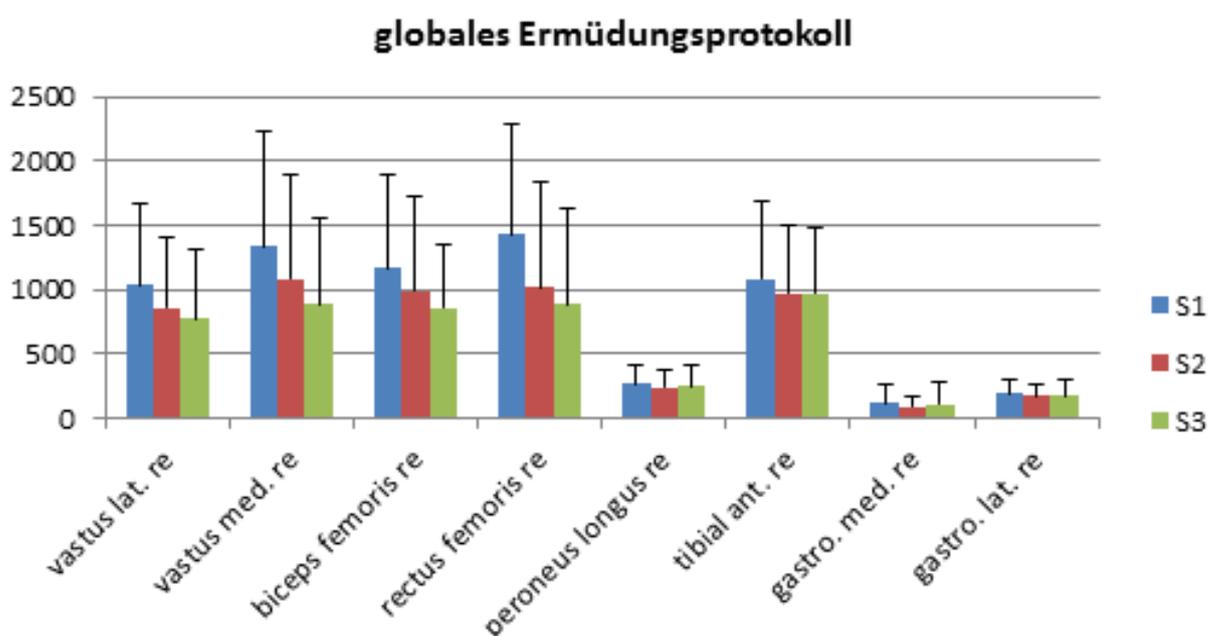
*Muskuläre Aktivität (EMG):* Die Analyse des RMS % zeigt für das lokale Ermüdungsprotokoll für alle Muskeln des perturbierten Beines eine weitere Reduktion der Amplitude nach einer 10-minütigen (passiven) Erholungsphase (Vergleich S2-S3; Abb 3, Tab. 4). Für das lokale Protokoll gibt es statistisch signifikante Reduktionen für Mm. vastus lateralis, biceps femoris und rectus femoris (Oberschenkelmuskulatur). Für das globale Protokoll ist diese Amplitudenreduktion nur für die Oberschenkelmuskulatur zu beobachten und lediglich für den M. vastus medialis statistisch signifikant. Die Unterschenkelmuskulatur zeigt keine weitere Reduktion der EMG-Amplitude nach 10-minütiger Erholungsphase jedoch auch keinen signifikanten Anstieg. Der Vergleich beider Protokolle zeigt (für alle Muskeln) keine statistisch signifikanten Unterschiede ( $p > 0.05$ ).

*Kinematik (Abb. 4):* Das Hüftgelenk zeigt für die Flexion/Extension keine relevanten Veränderungen. Die ermüdungsbedingte reduzierte Außenrotation in Kombination mit einer erhöhten Innenrotation an S2 ist wieder analog zum Ausgangszustand vor Ermüdung (S1). Die Reduktion der Hüftabduktion ist im Vergleich zum Zeitpunkt direkt nach Ermüdung (S2) noch stärker ausgeprägt, für das globale Ermüdungsprotokoll ist dies in größerem Umfang als für das lokale Protokoll. Das Kniegelenk zeigt, identisch zum Zeitpunkt direkt nach Ermüdung (S2), weiterhin eine reduzierte Flexion für das globale Protokoll nicht aber für das lokale. In der Lateralflexion ist das Ausgangsniveau von S1 wieder erreicht, die erhöhte Knieadduktion ist nicht mehr ausgeprägt. Die ermüdungsbedingte Reduktion der Außenrotation direkt nach Ermüdung (S2) ist weiterhin zu beobachten, jedoch für beide Protokolle in einem geringeren Ausmaß. Für das Sprunggelenk sind weiterhin keine relevanten Veränderungen in der Dorsalextension/Plantarflexion im Vergleich zum nicht-ermüdeten Zustand (S1) für beide Ermüdungsarten zu erkennen. Die ermüdungsbedingten (S2) Veränderungen der Eversion (Reduktion) und Sprunggelenksrotation (erhöhte Außenrotation) zeigen sich weiterhin nach 10-minütiger Erholungsphase (S3). Die beschriebenen Unterschiede nach Ermüdung zeigten sich für alle 3 Gelenke sowohl im normalen, unperturbierten Gang als auch im Gang mit Perturbation.

## 4 Diskussion und Schlussfolgerungen

Die Hauptergebnisse des Projektes sind eine reduzierte neuromuskuläre Aktivität der unteren Extremität im Gang mit Perturbation nach Ermüdung ohne signifikante Unterschiede zwischen den zwei Belastungsarten (lokal vs. global) sowie ein weiterhin bestehendes alteriertes (reduziertes) neuromuskuläres Aktivitätsniveau nach 10-minütiger Erholungspause. Darüber hinaus sind nach Ermüdung veränderte Gelenkwinkel (Sprung-/Knie-/Hüftgelenk) im Gang und im Gang mit Perturbation nachweisbar. Dabei sind die Effekte der globalen Ermüdung höher als die der lokalen Ermüdung. Nach 10-minütiger Erholung sind die Ermüdungseffekte nur geringfügig zurückgegangen.

Die maßgeblich an der Kompensation der Gangperturbation beteiligte Knie- und Sprunggelenks-umgreifende Muskulatur zeigt signifikante Veränderungen, die auf eine reduzierte neuromuskuläre Gelenkstabilität während der Kompensation der additiven Lasten (Perturbation) auf Grund von Ermüdungsprozessen schließen lässt. Eine reduzierte neuromuskuläre Aktivität der unteren Extremität (z. B. M. vastus medialis/lateralis) wird in der Literatur als ein relevanter Faktor für ein erhöhtes Verletzungsrisiko (z. B. ACL Ruptur; Supinationstraumata) insbesondere in non-contact-Situationen mit hohen additiven Lasten bei Athleten und Athletinnen aus Sportsportarten beschrieben (Soligard 2008; Myklebust 2003). Basierend auf den Ergebnissen der Studie sind Athletinnen und Athleten nach einer Ermüdungsbelastung einem erhöhten Verletzungsrisiko an der unteren Extremität ausgesetzt (Steib 2013; Zech 2012). Die Art der Belastung/Ermüdung (lokal/global) beeinflusst dabei das Ausmaß der Amplituden-Reduktion der Knie- und Sprunggelenks-umgreifenden Muskulatur. Die intensive Intervallbelastung (global) führt zu einer Beeinträchtigung der Aktivität der Kniegelenks- als auch der sprunggelenks-umgreifenden Muskulatur. Die hochintensive, lokale Ermüdung dagegen führt nur zu einer Veränderung der neuromuskulären Aktivität der kniegelenksstabilisierenden Muskulatur. Dies ist im Zusammenhang einer möglicherweise zentralnervösen Ermüdung durch das globale Belastungsprotokoll auf dem Laufband zu sehen. Die lokale kurze hochintensive Belastung der unteren Extremität auf der Beinpresse scheint dies nicht in gleicher Form auszulösen.



A

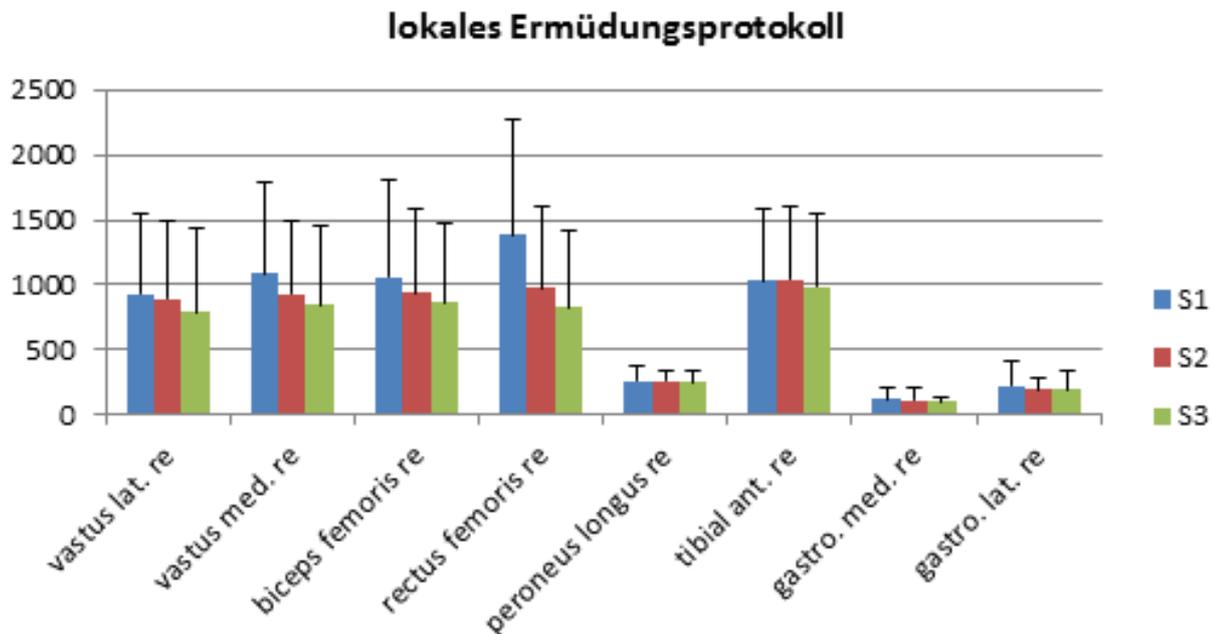
**B**

Abb. 3: EMG-RMS [%] (0-200 ms nach Perturbation) im Vergleich vor (S1), direkt nach (S2) und 10 Minuten nach (S3) Ermüdung des perturbierten Beines (re) für das globale (A) und das lokale (B) Ermüdungsprotokoll

Tab. 4: Ergebnisse der 1Faktoriellen ANOVA für das EMG-RMS [%] (0-200 ms nach Perturbation) für den Vergleich vor (S1) und direkt nach (S2) Ermüdung sowie direkt nach (S2) und 10 Minuten nach (S3) Ermüdung des perturbierten Beines für das globale und das lokale Ermüdungsprotokoll

Muskel	Globales Ermüdungsprotokoll		Lokales Ermüdungsprotokoll	
	p-Wert S1-S2	p-Wert S2-S3	p-Wert S1-S2	p-Wert S2-S3
vastus lat. Re	0,03	0,08	0,27	0,003
vastus med. re	0,04	0,03	0,03	0,15
biceps femoris re	0,001	0,21	0,01	0,049
rectus femoris re	0,01	0,03	0,01	0,01
peroneus longus re	0,001	0,11	0,82	0,29
tibial ant. Re	0,04	0,90	0,78	0,11
gastro. Med. re	0,25	0,42	0,29	0,35
gastro. Lat. Re	0,21	0,90	0,21	0,95

## 4.1 Kniegelenk-Lateralflexion

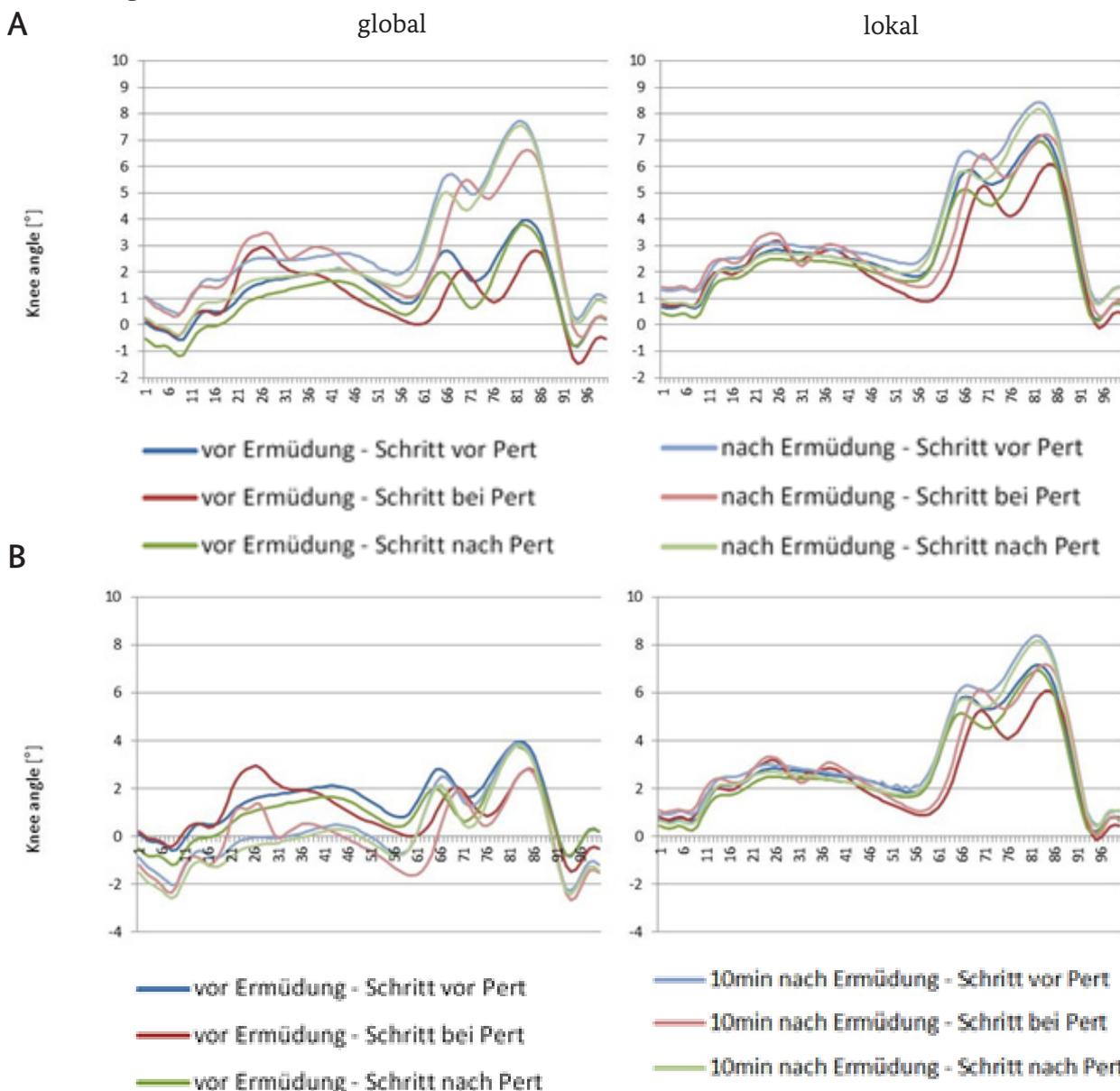


Abb. 4: Kinematik des perturbierten Beines (re) im Vergleich (A) vor (S1) und direkt nach (S2) Ermüdung sowie (B) vor (S1) und 10 Minuten nach (S3) Ermüdung vor für das Kniegelenk in der Lateralflexion ( $X > 0$  = Adduktion;  $X < 0$  = Abduktion) für das globale (links) und lokale (rechts) Ermüdungsprotokoll.

Beide Ermüdungsprotokolle führen zu klaren Veränderungen der Sprung-/Knie- und Hüftgelenkskinematik. Diese Veränderungen sind vor allem in der Lateralflexion und Rotation sehr stark ausgeprägt. Die Hauptbewegungsrichtung (Sagittalebene) bleibt von der Ermüdung relativ unbeeinflusst. Dies könnte jedoch im Kontext einer stabilen Bewegungsausführung/-kompensation zu einer ungünstigen Alteration der differenzierten Bewegungsregulation und somit zu einer reduzierten Gelenkstabilität führen. Bei Betrachtung der Winkelveränderungen am Kniegelenk führt eine erhöhte Adduktion und reduzierte Außenrotation zu einer erhöhten X-Bein Stellung nach Ermüdung. Die bereits zitierte Literatur weist jedoch gerade dieser Kniegelenksposition ein erhöhtes Verletzungsrisiko zu.

Die Ergebnisse dieser Studie können somit der Ermüdung einen möglichen Einfluss auf das ACL-Verletzungsrisiko zuschreiben. Die Ergebnisse der Kinematik unterstützen die Ergebnisse der EMG-Analyse bezüglich des Vergleichs zwischen lokalem und globalem Ermüdungsprotokoll. Die globale Ermüdung hat einen stärker ausgeprägten Einfluss auf die mechanische Gelenkstabilität.

Nahezu alle erfassten Variablen (EMG/Kinematik) weisen 10 Minuten nach Ermüdung weiterhin signifikante Alterationen auf. Diese für Sportarten typische Pausenzeit erscheint folglich nicht ausreichend zur Wiederherstellung der vor Ermüdung bestehenden muskulären und kinematischen Bewegungsmuster der unteren Extremität. Über die Kinetik der metabolischen und im speziellen neuromuskulären Wiederherstellungsprozesse wird dies unterstützt (Enoka, 1995). Über den Spielverlauf lässt dies eine Akkumulation der Ermüdung über die Spielpause hinaus erwarten. Aktuelle epidemiologische Untersuchungen bestätigen dies mit einer erhöhten Verletzungsinzidenz am Ende von Wettkämpfen (Soligard, 2008; Hawkins, 2001; Ostberg, 2000).

Zusammenfassend ergeben sich folgende Schlussfolgerungen: Ermüdung führt zu einer Reduktion der funktionalen Gelenkstabilität der unteren Extremität in dynamischen (wettkampfnahen) Belastungssituationen. Sowohl langandauernde, intensive Intervallbelastungen (global) als auch kurze, hochintensive lokale Belastungen (lokal) führen zu einer Reduktion der funktionalen Gelenkstabilität. Eine 10-minütige Erholungspause ist nicht ausreichend zur Wiederherstellung der funktionalen Gelenkstabilität.

Daraus lassen sich folgende Konsequenzen ableiten: Aus präventiver Sicht ist eine hohe Ermüdungswiderstandsfähigkeit der unteren Extremität für kurze, hochintensive als auch langandauernde repetitive Belastungen bei den Athletinnen und Athleten herzustellen. Eine sinnvolle Pausen-/Erholungsdauer (z. B. Trainingslager, Blocktraining) ist in der Trainingskonzeption zu berücksichtigen. Die funktionelle Gelenkstabilität der unteren Extremität sollte unter kontrolliert ermüdetem Zustand in der Trainingspraxis geübt werden (z. B. Stoppbewegungen/Richtungswechsel nach vorheriger lokaler/globaler Belastung).

## 5 Literatur

### 5.1 Projektliteratur (Auszug)

- de Loes, M., Dahlstedt, L.J. & Thomee, R. (2000). A 7-year study on risks and costs of knee injuries in male and female youth participants in 12 sports. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 10 (2), 90-97.
- Drust, B., Cable, N.T. & Reilly, T. (2000). Investigation of the effects of the pre-cooling on the physiological responses to soccer-specific intermittent exercise. *European journal of applied physiology*, 81 (1-2), 11-17.
- Enoka, R.M. (1995). Mechanisms of muscle fatigue: Central factors and task dependency. *Journal of electromyography and kinesiology*, 5, 141-149.
- Fox, Z.G., Mihalik, J.P., Blackburn, J.T., Battaglini, C.L. & Guskiewicz, K.M. (2008). Return of postural control to baseline after anaerobic and aerobic exercise protocols. *Journal of athletic training*, 43 (5), 456-463.
- Gauchard, G.C., Gangloff, P., Vouriot, A., Mallie, J.P. & Perrin, P.P. (2002). Effects of exercise-induced fatigue with and without hydration on static postural control in adult human subjects. *International journal of neuroscience*, 112 (10), 1191-1206.

- Gehring, D., Melnyk, M. & Gollhofer, A. (2009). Gender and fatigue have influence on knee joint control strategies during landing. *Clinical biomechanics*, 24, 82-87. doi:10.1016/j.clinbiomech.2008.07.005
- Gleeson, N.P., Reilly, T., Mercer, T.H., Rakowski, S. & Rees, D. (1998). Influence of acute endurance activity on leg neuromuscular and musculoskeletal performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 30 (4), 596-608.
- Granacher, U., Gruber, M., Förderer, D., Strass, D. & Gollhofer, A. (2010). Effects of ankle fatigue on functional reflex activity during gait perturbations in young and elderly men. *Gait & Posture*, 32 (1), 107-112.
- Gribble, P.A. & Hertel, J. (2004). Effect of hip and ankle muscle fatigue on unipedal postural control. *Journal of electromyography and kinesiology*, 14 (6), 641-646.
- Hawkins, R.D., Hulse, M.A., Wilkinson, C., Hodson, A. & Gibson, M. (2001). The association football medical research programme: an audit of injuries in professional football. *British journal of sports medicine*, 35 (1), 43-47.
- Konrad, P. (2005). *EMG Fibel – Eine praxisorientierte Einführung in die kinesiologische Elektromyographie*. Köln: Deutscher Ärzte Verlag.
- McKeon, P.O. & Hertel, J. (2008). Spatiotemporal postural control deficits are present in those with chronic ankle instability. *BMC Musculoskeletal disorders*, 9, 76.
- Myklebust, G., Engebretsen, L., Braekken, I.H., Skjølberg, A., Olsen, O.E. & Bahr, R. (2003). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in female team handball players: a prospective intervention study over three seasons. *Clinical journal of sport medicine*, 13 (2), 71-78.
- Nagy, E., Toth, K., Janositz, G., Kovacs, G., Feher-Kiss, A., Angyan, L. et al. (2004). Postural control in athletes participating in an ironman triathlon. *European journal of applied physiology*, 92 (4-5), 407-413.
- Ostenberg, A. & Roos, H. (2000). Injury risk factors in female European football. A prospective study of 123 players during one season. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 10 (5), 279-285.
- Sanna, G. & O'Connor, K.M. (2008). Fatigue-related changes in stance leg mechanics during sidestep cutting maneuvers. *Clinical biomechanics (Bristol, Avon)*, 23 (7), 946-954.
- Soligard, T., Myklebust, G., Steffen, K., Holme, I., Silvers, H., Bizzini, M. et al. (2008). Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial. *BMJ*, 337:a2469.
- Springer, B.K. & Pincivero, D.M. (2009). The effects of localized muscle and whole-body fatigue on single-leg balance between healthy men and women. *Gait & Posture*, 30 (1), 50-54.
- Steib, S., Zech, A., Hentschke, C. (2013), et al. Fatigue-Induced Alterations of Static and Dynamic Postural Control in Athletes With a History of Ankle Sprain. *Journal of athletic training*, 48, 203-208.
- Vuillermé, N., Forestier, N. & Nougier, V. (2002). Attentional demands and postural sway: the effect of the calf muscles fatigue. *Medicine and science in sports and exercise*, 34 (12), 1907-1912.
- Zech, A., Steib, S., Hentschke, C., et al. (2012). Effects of localized and general fatigue on static and dynamic postural control in male team handball athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 26 (4), 1162-1168.

## 5.2 eigene Literatur

- Torlak, F., Appiah-Dwomoh, E.-K., Engel, T., Stoll, J., Mueller, J. & Mayer, F. (2014). Gender differences in lower leg muscular activity during provoked stumbling – a pilot study. *Medicine and science in sports and exercise*, (Suppl 5) (Vortrag).
- Appiah-Dwomoh, E.K., Torlak, F., Engel, T., Mueller, J. & Mayer, F. (2014). Does perturbed treadmill walking lead to fatigue of the lower extremities? *Medicine and science in sports and exercise*, (Suppl 5).
- Martinez-Valdes, E., Müller, J., Stoll, J., Torlak, F., Otto, C. & Mayer, F. (2015). Effects Of Local And General Fatiguing Exercise On Knee Muscles Activity During Walking Perturbations (Poster). *Medicine and science in sports and exercise*, (Suppl 5).

# Analyse mechanisch sensitiver Regulatoren der humanen Skelettmuskelanpassung – Konsequenzen akuter und chronischer Ausdauerbelastungen im moderaten und intensiven Intensitätsbereich unter normoxischen und hypoxischen Umgebungsbedingungen

(AZ 070114/13-14)

Frank Suhr (Projektleiter)<sup>1</sup>, Bernhard Andresen<sup>1</sup>, Thorsten Schiffer<sup>2</sup> & Markus de Marées<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin, Abteilung Molekulare und Zelluläre Sportmedizin,

<sup>2</sup>Deutsche Sporthochschule Köln, Ambulanz für Sporttraumatologie und Gesundheitsberatung,

<sup>3</sup>Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformation

## 1 Problem

Sportliche Höchstleistungen setzen eine optimale Funktionsweise der arbeitenden Skelettmuskulatur voraus. Eine optimale Funktionsweise umfasst eine Reihe verschiedener Einzelaspekte, an dieser Stelle seien beispielhaft und stellvertretend optimierte oxidative Kapazitäten für Ausdauerbeanspruchungen oder optimierte Hypertrophien für Kraftbeanspruchungen genannt (Flück & Hoppeler, 2003).

Die Optimierung vieler Einzelaspekte ist somit das entscheidende Ziel, wenn es um die Steigerung der Leistungsfähigkeit von Spitzensportlerinnen und Spitzensportlern geht. Natürlich ist ein entsprechendes Trainingsprogramm, abgeleitet aus trainingswissenschaftlichen Prinzipien und langjährigen Erfahrungen von Trainerinnen bzw. Trainern und Aktiven die Grundlage zur Erzielung einer solchen Optimierung.

Jedoch ist es nach heutigen Ansprüchen, die an die Sportlerinnen und Sportler gestellt werden, nicht mehr adäquat, Trainingsprogramme lediglich auf trainingswissenschaftlichen Prinzipien zu stützen, ohne dabei die biologische Anpassung des Skelettmuskelgewebes auf vorherrschende Trainingsreize zu studieren und im Trainingsprozess zu berücksichtigen. Es wird in Zukunft immer wichtiger werden, ein möglichst detailliertes Verständnis biologischer Anpassungsvorgänge des humanen Skelettmuskels auf Trainingsreize zu generieren, um Trainingsprogramme in der Art und Weise zu optimieren, so dass Sportlerinnen und Sportler sowie Trainerinnen und Trainer von diesem Wissen profitieren können, um in der Weltspitze erfolgreich sein zu können.

Eine zentrale Komponente für das Verständnis biologischer Muskelanpassung scheint die Mechanotransduktion zu sein (Kjaer, 2004). Die Mechanotransduktion beschäftigt sich mit der Frage, wie ein mechanisch generierter Input (bspw. generiert durch hohe Lasten im Krafttraining) in ein biologisches Signal umgesetzt wird, so dass sich das entsprechende Gewebe an diese mechanische Komponente adäquat anpassen kann (Legate et al., 2006). Wird diese zunächst abstrakte Formulierung auf Skelettmuskel und Training übersetzt, so generiert jede Muskelkontraktion, jeder Sprung etc. einen definierten mechanischen Input, welcher von der Skelettmuskulatur mittels biologischer Signale verarbeitet werden muss.

Die Gewährleistung einer Transformation des mechanischen Inputs in ein biologisches Signal wird von einer Vielzahl unterschiedlicher Proteine in der Skelettmuskulatur bestimmt. Zwei Klassen dieser Proteine werden als Fokale Adhäsionen (FAs) und Costamere (Cstms) bezeichnet (Samarel, 2005). Beispielhaft sollen an dieser Stelle die Integrin-linked kinase (Ilk) für die FAs und das meta-Vinculin (Vcl) für die Cstms besprochen werden – beide Proteine bestimmen die Skelettmuskelentwicklung und physiologische Integrität ganz massiv (Wang, 2008). Bisher wird die Regulation und Anpassung dieser anscheinend zentralen Proteine jedoch hinsichtlich ihrer Steuerung durch Trainingsprogramme und somit durch definierte mechanische Inputs vollständig vernachlässigt. Um das Wissen für diesen Bereich der Skelettmuskelanpassung zu vergrößern und Trainingsempfehlungen aufgrund biologischer FAs/Cstms-Anpassungen zu entwickeln, haben wir uns in diesem Projekt auf Proteine der FAs und Cstms in der humanen Skelettmuskulatur im Zusammenhang mit definierten Belastungsprogrammen fokussiert.

## 2 Methode

Zur Evaluierung der Regulierung von FAs- und Cstms-Komponenten durch unterschiedliche, aber trainingsrelevante Reize wurden in diesem Projekt Skelettmuskelbiopsien am M. vastus lateralis der Testpersonen durchgeführt. Jeder Person (N = 28) wurden im Laufe des Trainingsprotokolls jeweils sechs Skelettmuskelbiopiate entnommen, so dass wir eine Gesamtzahl von 168 Biopiaten gesammelt haben. Diese hohe Anzahl erlaubte es uns, die Auswirkungen akuter sowie auch chronischer Trainingsbelastung auf die Ausprägung der FAs- und Cstms-Komponenten zu untersuchen. Die Biopsiezeitpunkte waren wie folgt bestimmt: Baseline (T0, Ist-Zustand), 4 h post Trainingseinheit #3 (T1, akute Anpassung), 24 h post Trainingseinheit #3 (T2, akute Anpassung), 4 h post Trainingseinheit #9 (T3, chronische Anpassung), 24 h post Trainingseinheit #9 (T4, chronische Anpassung) und 72 h post Trainingseinheit #9 (T5, chronische Anpassung).

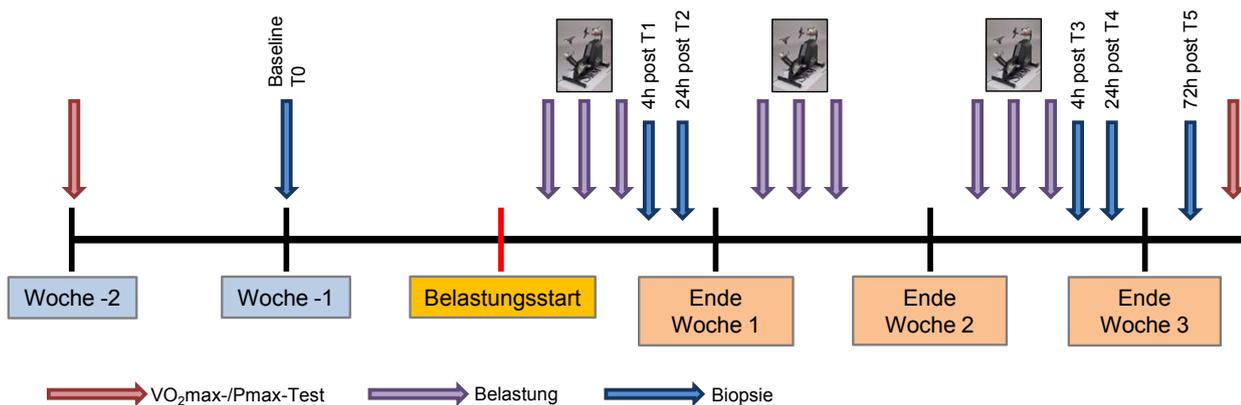


Abb. 1: Zeitstrahl des Untersuchungsablaufs. Jede Testperson absolvierte neun Trainingseinheiten (lila Pfeile), zwei Belastungstests (rote Pfeile) sowie sechs Muskelbiopsien (blaue Pfeile).

Eine komplexe Leitungsdiagnostik wurde genutzt, um die Leistungsfähigkeit der Testpersonen bestimmen zu können und um die Trainingsintensität individuell für Jede bzw. Jeden anhand der Radergometer (SRM)-Wattleistung determinieren zu können (Abb. 1). Damit waren die Belastungen zwischen den Testpersonen sehr gut vergleichbar.

Wir haben insgesamt vier Belastungsgruppen gebildet (N = 7 Personen pro Gruppe):

1. Moderate Belastung unter Normoxie (NM);
2. intensive Belastung unter Normoxie (NI);
3. moderate Belastung unter Hypoxie (2500 m, HM);
4. intensive Belastung unter Hypoxie (HI).

Alle Testpersonen haben drei Trainingsbelastungen pro Woche bei drei Trainingswochen (N = 9 Trainingseinheiten) absolviert. Die Gesamtbelastungszeit der Gruppen 1 (NM) und 3 (HM) betrug dabei 16,50 Stunden, wohingegen Gruppen 2 (NI) und 4 (HI) lediglich 3,71 Stunden Training absolvierten.

Zur Analyse der FAs- und Cstms-Anpassungen haben wir verschiedene Methoden eingesetzt. Western Blot-Analysen wurden genutzt, um die Proteinquantitäten relativ zu einem stabilen Protein (Gapdh) zu bestimmen. Immunohistochemische Analysen wurden an Schnittpräparaten durchgeführt, so dass auch mittels dieser Technik die Proteinmengen semiquantitativ bestimmt werden konnten. Zudem haben wir Immunofluoreszenz-Färbungen (konfokal) genutzt, um die Lokalisation verschiedener FAs- und Cstms-Proteine zu bestimmen sowie die Quantifizierung der Skelettmuskelfasertypen (oxidativ vs. glykolytisch) zu gewährleisten.

### 3 Ergebnisse

Die hier dargestellten Resultate beziehen sich auf die Gruppen 1 und 2 (NM, NI), da zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts noch nicht alle Analysen abschließend für die Hypoxiegruppen durchgeführt waren. Die Sauerstoffaufnahme der Testpersonen hat sich nach Abschluss der Trainingsintervention verbessert (Daten nicht gezeigt). Ein vergleichbares Resultat haben wir für die maximal tolerierte Wattleistung während der Belastungstests gefunden (Daten nicht gezeigt). Interessanterweise passen sich die Komponenten der FAs (Ilk) und Cstms (Vcl) in Abhängigkeit des absolvierten Trainingsprogramms (moderate vs. intensiv) sehr unterschiedlich an. Die Integrin-linked kinase zeigt bei einem moderaten Belastungsprogramm bereits vier Stunden nach der dritten Trainingseinheit (T1) eine signifikante Zunahme im Vergleich zum Baseline-Wert (T0)

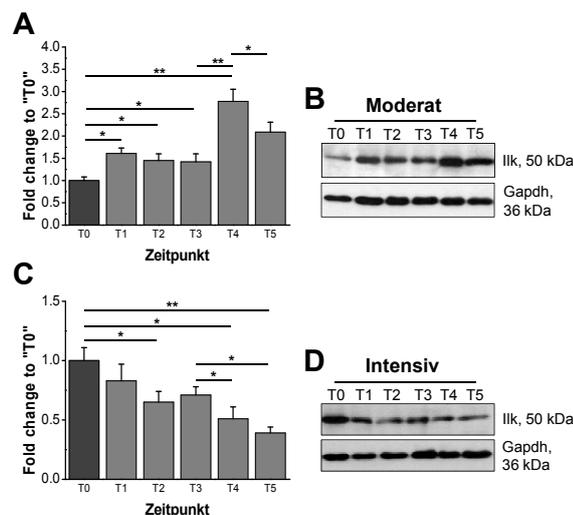


Abb. 2: Regulation der Integrin-linked kinase (Ilk). Dargestellt ist die Regulation der Ilk auf Proteinebene in Abhängigkeit der Belastungsgruppe (A, B moderat; C, D intensiv) und des Messzeitpunkts (T0-T5). A, C repräsentieren statistische Auswertungen, B, D jeweils exemplarische Western Blots. \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*.

Dieser Level wurde über die Zeitpunkte T2 und T3 nicht verändert. Allerdings wurde das Ilk-Level nochmal signifikant gesteigert, nachdem 24h (T4) und 72h (T5) nach der letzten Belastung ohne Training verstrichen sind (Abb. 2A,B). Wird die Ilk-Regulation nach einer intensiven Belastung analysiert, zeigt sich ein vollkommen anderes Bild (Abb. 2C,D).

Die Ilk-Level werden über die Zeitpunkte T1-T5 kontinuierlich geringer im Vergleich zur Baseline (T0). Somit scheinen unterschiedliche Belastungsdauern und -intensitäten ganz eindeutig einen divergenten Einfluss auf die Regulation der Ilk-Level und somit auch auf die Transformation eines mechanischen Signals in ein biologisches Signal zu haben. Im Vergleich zur Ilk-Regulation bleibt die Vcl-Anpassung relativ stabil

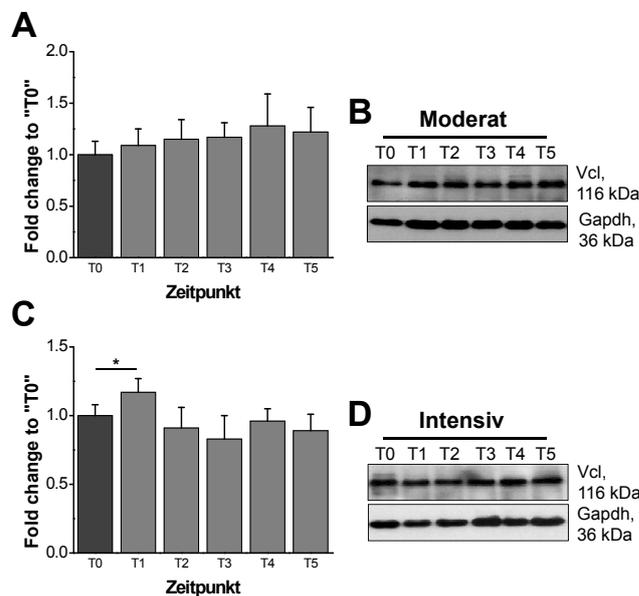


Abb. 3: Regulation des meta-Vinculins (Vcl). Dargestellt ist die Regulation des Vcl auf Proteinebene in Abhängigkeit der Belastungsgruppe (A, B moderat; C, D intensiv) und des Messzeitpunkts (T0-T5). A, C repräsentieren statistische Auswertungen, B, D jeweils exemplarische Western Blots. \*  $p < 0,05$ .

Die moderate Belastung hatte keinen Einfluss auf die Veränderung der Vcl-Ausprägung (Abb. 3A,B). Jedoch zeigte die Vcl-Anpassung auf das intensive Belastungsprogramm ein zweiphasiges Muster. Zunächst wurde das Vcl-Protein reduziert (T1-T3) im Vergleich zu T0, um dann wieder anzusteigen bis auf Baseline-Niveau. (Abb. 3C,D). Auch diese Resultate zeigen, dass definierte Belastungsprogramme mit unterschiedlichen Kenngrößen wie Dauer und Intensität ganz eindeutig divergente Anpassungen hervorrufen. Die Anzahl oxidativer und glykolytischer Fasern in den Biopтатаen der normoxisch trainierten Probanden hat sich nicht geändert (Daten nicht gezeigt). Die Bestimmung verlief dabei mittels immunofluoreszenzbasierter Nachweise.

Abb. 4 zeigt exemplarisch die Darstellung oxidativer Typ 1-Fasern in den humanen Skelettmuskelbiopтатаen, die zur Auswertung herangezogen wurden.

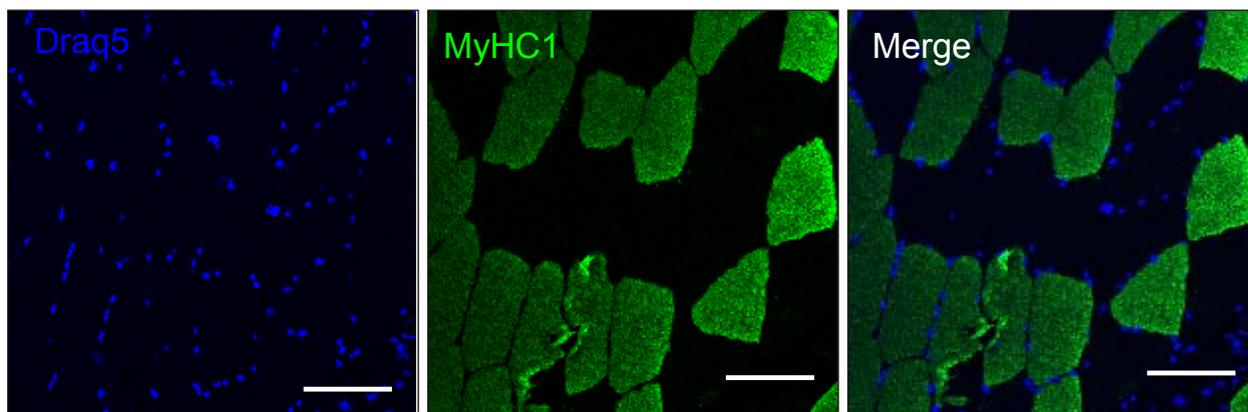


Abb. 4: Darstellung verschiedener Muskelfaser-Typen. Die Zellkerne sind blau markiert. Mittels eines spezifischen Antikörpers wurden oxidative Muskelfasern markiert (grün). Das resultierende Overlay-Bild zeigt beide Markierungen in einem Bild. Der Dimensionbalken entspricht 100  $\mu\text{m}$ .

## 4 Diskussion

Mechanisch sensitive Proteine der FAs- und Cstms-Klassen sind maßgeblich an der Transformation eines mechanisch generierten Stimulus in ein biologisches Signal verantwortlich (Legate et al., 2006). Die Skelettmuskulatur ist maßgeblich durch mechanische Einflüsse beeinflusst und gesteuert – nur durch diese Reize lassen sich positive und optimale Trainingsanpassungen generieren und folglich die Leistungsfähigkeit von Sportlerinnen und Sportlern steigern und optimieren/maximieren. Es bleibt weiterhin häufig eine „Erfahrungssache“, wie ein Belastungsprogramm aus trainingswissenschaftlicher Sicht aufgebaut sein sollte. Die Analyse biologischer Anpassungen auf trainingsrelevante Reize mittels geeigneter Biomarker kann in der Zukunft unterstützende und exakte Aussagen zulassen, ob und in welcher Art und Weise das biologisch gestresste Gewebe (Skelettmuskel) auf ein Training adaptiert. Somit kann sehr viel präziser vorausgesagt werden, wann möglicherweise Ruhephasen durchgeführt werden sollen, um das Zielgewebe nicht zu überstressen und dadurch ungewollte negative Anpassungen zu generieren oder aber intensive Belastungsblöcke im Trainingsplan sinnvoll sein könnten.

Zurzeit stehen wir mit derartigen Analysen sicherlich noch am Anfang, weshalb eine Schwerpunktlegung neben der Optimierung von Trainingsprogrammen mittels Instrumenten der Trainingswissenschaft zukünftig definitiv auf der Analyse biologischer Strukturen im Skelettmuskel unter definierten Belastungsprogrammen liegen sollte. Unsere hier vorgestellten Daten zeigen eindeutig, dass die Skelettmuskulatur sich sehr unterschiedlich auf moderate und intensive Belastungsinterventionen anpasst, somit werden diese Reize im Gewebe auch sehr heterogen verarbeitet. Wir vermuten zum jetzigen Zeitpunkt, dass eine geringere Ilk-Expression eine reduzierte mechanische Reizübertragung zur Folge hat, was durchaus mit einer Desensibilisierung der Skelettmuskulatur gegenüber Trainingsreizen einhergehen könnte, was bedeuten könnte, dass zusätzliche Trainingsreize keine weiteren positiven Einflüsse haben, sondern durchaus das Gegenteil, nämlich eine Leistungsreduktion, nach sich ziehen könnte. Diese Hypothese sollte und muss jedoch in Zukunft durch weitere kontrollierte Studien überprüft werden. Derartiges Wissen wird dann in Zukunft aber sehr wichtig sein, wenn es um die Optimierung der Leistungsfähigkeit von (Spitzen)Athletinnen und Athleten geht.

## 5 Literatur

- Flück, M. & Hoppeler, H. (2003). Molecular basis of skeletal muscle plasticity – from gene to form and function. *Reviews of physiology, biochemistry and pharmacology*, 146159-216.
- Kjaer, M. (2004). Role of extracellular matrix in adaptation of tendon and skeletal muscle to mechanical loading. *Physiological reviews*, 84 (2), 649-698.
- Legate, K.R., Montanez, E., Kudlacek, O. & Fassler, R. (2006). ILK, PINCH and parvin: the tIPP of integrin signalling. *Nature reviews molecular cell biology*, 7 (1), 20-31.
- Samarel, A.M. (2005). Costameres, focal adhesions, and cardiomyocyte mechanotransduction. *American journal of physiology – heart and circulatory physiology*, 289 (6), H2291-H2301.
- Wang, H.V., Chang, L.W., Brixius, K., Wickstrom, S.A., Montanez, E., Thievensen, I., Schwander, M., Müller, U., Bloch, W., Mayer, U. & Fassler R. (2008). Intehrin-linked kinase stabilizes myotendinous junctions and protects muscle from stress-induced damage. *The journal of cell biology*, 180 (5), 1037-1049.

# Nachweis von Eigenblutdoping: Erfassung von Veränderungen im Gen-Expressionsmuster in Blutkonserven nach definierter Lagerung

(AZ 070301/13)

Anna Henke<sup>1</sup>, Michael W. Pfaffl<sup>1</sup> (Projektleiter), Reinhard Henschler<sup>2</sup>, Christian Wichmann<sup>2</sup> & Irmgard Riedmaier<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität München, Physiologie Weihenstephan, Freising

<sup>2</sup>Klinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München, Abteilung für Transfusionsmedizin, Zelltherapeutika und Hämostaseologie

## 1 Problem und Fragestellung

Die **World Anti Doping Agency (WADA)** veröffentlicht jedes Jahr eine aktuelle Liste mit verbotenen Substanzen, Substanzgruppen sowie Dopingmethoden (WADA, 2014). Zu den verbotenen Methoden zählen auch Bluttransfusionen jeglicher Art und Herkunft. Eine Transfusion kann einerseits mit „Eigenblut“ als autologe Transfusion (Eigenblutdoping) oder andererseits mit „Fremdblut“ als allogene Transfusion (Fremdblutdoping) durchgeführt werden. Beim Eigenblutdoping können sowohl Vollblut (VB) als auch Erythrozytenkonzentrate (EK) zum Einsatz kommen. Letzteres wird aber vermutlich häufiger im Wettkampfdoping verwendet, da im EK die Konzentration der wichtigen sauerstofftransportierenden Erythrozyten (Hämatokrit) bei ca. 60 % anstatt bei ca. 36 % im Vollblut liegt (Ullrich, Stolecki & Grünewald, 2005). Die Kapazität des Sauerstofftransports kann somit nach dem Blutdoping im Sportler signifikant erhöht und dessen Leistung, abhängig von dem erhöhten Hämatokrit, gesteigert werden. Dies kann auf legalem Wege nur durch anhaltendes Höhenttraining erreicht werden.

Da beim Eigenblutdoping keine Fremdschubstanz zugeführt wird, sind direkte Nachweismethoden hier nicht zielführend. Einzig die Kontrolle des Hämatokritwertes kann bis dato die Anwendung autologer Bluttransfusionen aufdecken. Aber solange der Hämatokritwert unterhalb des für die Sportart vorgeschriebenen Grenzwerts liegt, bleibt Eigenblutdoping bisher unentdeckt. Vielversprechende neue Ansätze zum Nachweis von Eigenblutdoping bieten indirekte Nachweismethoden auf Ebene des Transkriptom. Dabei wird die Gesamtheit der RNAs in einer biologischen Probe zu einem bestimmten Zeitpunkt erfasst. Dies konnte bereits in verschiedenen Geweben gezeigt werden (Reiter, Lüderwald, Pfaffl & Meyer, 2008; Reiter, Pfaffl, Schonfelder & Meyer, 2008; Reiter, Tichopad, Riedmaier, Pfaffl & Meyer, 2010; Riedmaier, Tichopad, Reiter, Pfaffl & Meyer, 2009b). Vor allem bei Versuchen im Bereich der Anwendung illegaler Leistungsförderer im Humansport sowie in der Leistungsförderung lebensmittelliefernder Tiere, konnte erfolgreich gezeigt werden, dass Veränderungen im Genexpressionsmuster in verschiedensten Organen (Blut, Leber und Reproduktionstrakt) reproduzierbar nachweisbar sind (Becker, Riedmaier, Reiter, Tichopad, Groot, et al., 2011; Becker, Riedmaier, Reiter, Tichopad, Pfaffl, et al., 2011; Becker, Riedmaier, et al., 2010; Reiter, Walf, Christians, Pfaffl & Meyer, 2007; Riedmaier, Reiter, Tichopad, Pfaffl & Meyer, 2011; Riedmaier, Tichopad, Reiter, Pfaffl & Meyer, 2009a). In Verbindung mit verschiedenen multifaktoriellen biostatistischen Methoden war es in diesen Tierversuchen möglich, behandelte (gedopte) von unbehandelten Tieren klar zu unterscheiden (Riedmaier et al., 2012). Diese Herangehensweise des indirekten Nachweises hat daher ein großes Potential, um in Zukunft die bestehenden analytischen Nachweismethoden zu ergänzen und einen Nachweis von Blutdoping zu etablieren.

Bei der Aufbereitung, Stabilisierung sowie der Lagerung des Vollblutes, bzw. der Erythrozytenkonzentrate, reagieren die „lebenden“ Blutzellen auf die veränderten Bedingungen und in direkter Folge ist mit physiologischen Reaktionen auf zelluläre Ebene zu rechnen. Mittels molekularbiologischer Methoden auf RNA Ebene können diese physiologischen Veränderungen erfasst, quantifiziert und ein Biomarkerset entwickelt werden. Um diese Hypothese zu stützen, wurde zunächst eine Pilotstudie durchgeführt, welche die Veränderungen im Genexpressionsmuster, im Speziellen von microRNAs (miRNA) in Blutbeutel nach definierter Lagerungszeit erfassen soll.

## 2 Methoden

### 2.1 Probanden

In die Studie wurden 20 gesunde männliche Probanden (Höchstalter 35 Jahre, gesund, sportlich) eingeschlossen, die durch Randomisierung in zwei gleich große Gruppen von je 10 Probanden aufgeteilt wurden. Von Gruppe 1 wurde das Blut der Vollblutspende (VBS) von 500 ml nach der Leukozytendepletion als VB bei  $4 \pm 2$  °C gelagert.

Die VBS von Gruppe 2 wurde nach der Leukozytendepletion in die Blutprodukte EK und Plasma aufgetrennt. Die EKs wurden ebenfalls bei  $4 \pm 2$  °C gelagert.

### 2.2 Studiendesign

Um die natürliche Variation (Basislinie) des Genexpressionsmusters der Probanden zu erfassen, wurden pro Proband drei Blutproben aus dem Arm (VB-Arm) im wöchentlichen Abstand vor der VBS entnommen. Eine Woche nach der 3. Blutprobe erfolgte die VBS. Sowohl das VB als auch das EK wurden für 10 Wochen bei  $4 \pm 2$  °C unter kontrollierten Bedingungen gelagert (siehe Abb. 1). Direkt nach der Leukozytendepletion (bei VB) und der Erythrozytenkonzentratherstellung wurden vom VB bzw. EK die ersten Proben mit dem PAXgene System (PAX) von PreAnalytiX (Hombrechtikon, Schweiz) als Triplikate gezogen. Nach 1, 2, 4, 6 und 10 Wochen Lagerung wurden ebenfalls Proben in Triplikaten genommen.

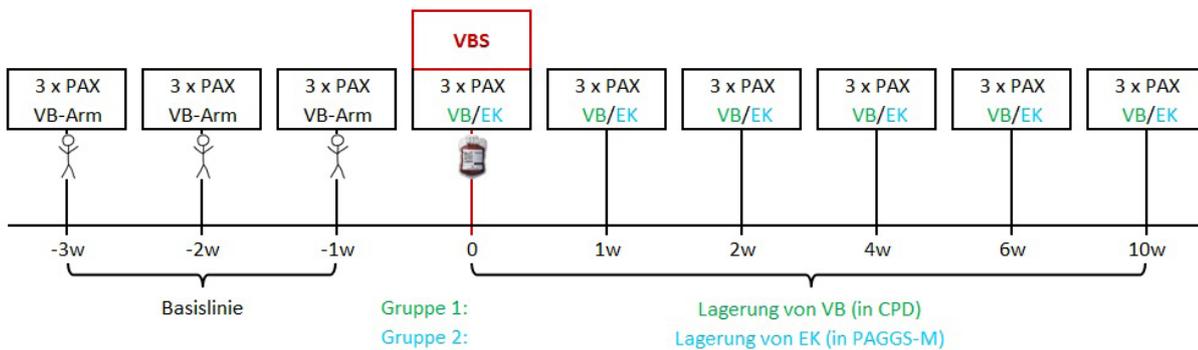


Abb. 1: **Studiendesign für die Pilotstudie:** Es wurden 20 Probanden durch Randomisierung in zwei gleich große Gruppen von je 10 Probanden aufgeteilt. Das Blut der Gruppe 1 und 2 wurden als VB in CPD Puffer bzw. EK in PAGGS-M Puffer gelagert. Die Proben wurden zu den angegebenen Zeitpunkten als Triplikate mit dem PAXgene System (PAX) entnommen.

## 2.3 Blutspende und Blutkomponentenherstellung

Für die VBS von 500 ml wurde das Composelect® T3984-23 System (Fresenius, Bad Homburg, Deutschland) verwendet. Für Gruppe 1 wurde im ersten Beutel des Systems bereits enthaltenes 70 ml CPD (Citrate-Phosphate-Dextrose) Puffer mit 500 ml frischem Vollblut des Probanden gemischt und anschließend die Leukozytendepletion über einen integrierten Filter durchgeführt. Dieser Beutel wurde dann als VB bei  $4 \pm 2$  °C gelagert. Für die Gruppe 2 wurde genauso verfahren, allerdings wurde das gefilterte VB für die weitere Blutkomponentenherstellung verwendet anstatt es direkt zu lagern. Für die Auftrennung in die Blutkomponenten Plasma und EK wurde das gefilterte VB bei 3998 g für 10 min bei Raumtemperatur zentrifugiert und das Plasma anschließend am Compomat G4 (Fresenius, Bad Homburg, Deutschland) in einen weiteren im System befindlichen Beutel abgetrennt. Das im Beutel verbliebene EK wurde für bessere Lagerungsbedingungen mit 110 ml PAGGS-M (Phosphate, Adenine, Glucose, Guanosine, Saline - Mannitol) Puffer gemischt und bei  $4 \pm 2$  °C für bis zu 10 Wochen kontrolliert gelagert. Der über die normale Lagerdauer hinausgehende Zeitpunkt (10w) ist vorgesehen, um die Sicherheit der Detektion von Lagerungsschäden und deren physiologischen Veränderungen zu erhöhen. Für den Versuch wurde das Votum der zuständigen Ethikkommission eingeholt.

## 2.4 RNA Extraktion und RNA Sequenzierung

Die Blutproben wurden mit dem PAXgene Blood RNA Tube von PreAnalytiX (Hombrechtikon, Schweiz) entnommen, über Nacht inkubiert und bis zur Extraktion bei -20 °C gelagert. Die Röhrchen enthalten eine Stabilisierungslösung, welche die RNA vor Degradierung schützt und gleichzeitig das aktuelle RNA Profil fixiert, um eine weitere Induktion der Genexpression zu verhindern. Die totale RNA wurde mit dem PAXgene miRNA Extraction Kit (Qiagen, Hilden, Germany) extrahiert, photometrisch mit dem NanoDrop® ND-1000 UV-Vis Spectrophotometer 1000 (Thermo Fisher Scientific, Waltham, USA) quantifiziert und deren Qualität mit dem Agilent 2100 Bioanalyzer (Agilent Technologies, Palo Alto, USA) gemessen (Becker, Hammerle-Fickinger, Riedmaier & Pfaffl, 2010; Fleige & Pfaffl, 2006). Für die erste Identifizierung von geeigneten Biomarkerkandidaten auf miRNA Ebene, wurde eine small RNA Sequenzierung (small RNA-Seq) auf einer Illumina HiSeq 2500 Plattform (Illumina, USA), wie bereits von Spornraft et. al beschrieben, durchgeführt (Spornraft et al., 2014). Für die Vorbereitung der Proben (Library Preparation) wurde das NEBNext® Multiplex Small RNA Library Prep Set for Illumina® (New England BioLabs, Ipswich, USA) verwendet. Die EK Proben (-3w, -2w, -1w, 0w, 1w, 2w, 4w und 6w) von 6 Probanden wurden sequenziert und ausgewertet. Der Zeitpunkt 10w wurde von allen Probanden aus technischen Gründen ausgeschlossen. Da eine small RNA-Seq sehr kostspielig ist, erfolgt eine Validierung der small RNA-Seq Daten in allen verfügbaren Proben (10 Probanden EK, 10 Probanden VB) mittels RT-qPCR.

## 2.5 Statistische Analyse

Die Vorgehensweise bei der Zuordnung (Mapping) der gelesenen Fragmente (Reads) einer small RNA-Seq zu bereits annotierten small RNAs wurde bereits beschrieben (Spornraft et al., 2014). Die ersten Analysen konzentrieren sich auf die Auswertung der am besten untersuchten small RNA Klasse, den microRNAs (miRNA). Die Daten wurden mit einem intern etablierten Protokoll auf R Basis ausgewertet und mit Hilfe der GenEx Software Pro (MultiD Analysis, Sweden) mit multivariaten Datenanalyse Techniken (z. B. PCA, HCA) visualisiert. Die Anzahl der Reads wurden mit Hilfe des DESeq Algorithmus normalisiert (Anders, 2011). Zur Reduzierung der falsch positiven Kandidaten wurde ein Cut-Off bei 50 Reads im Durchschnitt pro miRNA eingeführt.

### 3 Ergebnisse

Die Proben von 6 Probanden (Alter:  $27,8 \pm 3,4$  Jahre, Größe:  $181 \pm 2,7$  cm, Gewicht:  $80,5 \pm 4,5$  kg) aus Gruppe 2 (EK Lagerung) wurden mit der small RNA-Seq Technologie analysiert. Durch den definierten Cut-Off Wert von durchschnittlich 50 Reads pro miRNA, wurde die Anzahl der identifizierten miRNA von potentiellen 2578 auf 193 relevante miRNA reduziert. Diese 193 miRNAs wurden normalisiert, in die Software GenEx importiert und weiter analysiert. Diese Software bietet zusätzlich zur normalen Hauptkomponentenanalyse (Principal Component Analysis, PCA) eine sog. dynamische PCA (dPCA) an. Mit Hilfe dieses Algorithmus können miRNAs mit steigendem P-Wert aus der Analyse ausgeschlossen werden, so dass am Ende ein Biomarker Muster entsteht, welches es erlaubt, zwischen den unterschiedlichen Behandlungen zu unterscheiden: Proben aus dem Arm (-3w – -1w) versus Proben aus dem Blutbeutel (0w – 6w) (siehe Abb. 2). Diese Clusterbildung basiert auf 10 höchst signifikant regulierte miRNA Biomarkern. Verglichen mit Zeitpunkt 0w hatte die Dauer der Lagerung keinen weiteren Einfluss. Die erste Hauptkomponente (PC1) beschreibt den größten Anteil der Varianz und zeigt eine eindeutige Trennung zwischen den frischen Proben aus dem Arm und den gelagerten Proben aus dem Blutbeutel.

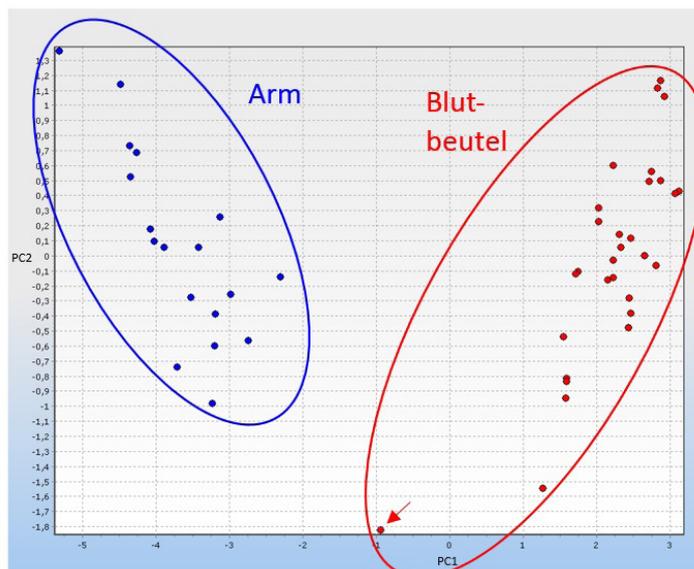


Abb. 2: **dPCA von 6 Probanden:** Die Software GenEx wählte zwischen 193 relevanten miRNAs die geeignetsten 10 miRNAs aus, die den Unterschied zwischen Proben aus dem Arm (rote Punkte) und den Proben aus dem Blutbeutel (blaue Punkte) zeigen. Der Pfeil markiert einen Ausreißer.

Die von GenEx erzeugte Heatmap (siehe Abb. 3) verdeutlicht mit grüner und roter Farbe ein niedriges bzw. hohes Expressionslevel der miRNA. Gleichzeitig sind an den Seiten der Heatmap auch zwei Dendrogramme eingezeichnet. Dendrogramme werden dazu genutzt, um Beziehungen zwischen Clustern darzustellen. Das Dendrogramm oben zeigt in Zusammenhang mit der Expression der miRNAs noch einmal die eindeutige Trennung von Arm- und Blutbeutelproben. Allerdings zeigte die Probe von Proband 10 zum Zeitpunkt 6w (P10 6w) ein etwas gegenläufiges Verhalten, das auch in der dPCA (Abb. 2) aufgefallen ist. Die Probe wurde dort mit einem Pfeil markiert. Es handelt sich hierbei wahrscheinlich um einen Ausreißer. Das zweite Dendrogramm auf der linken Seite fasst die miRNA zusammen, die ein ähnliches Verhalten aufweisen, so dass zuerst die 5 nach unten regulierten miRNAs dargestellt werden und danach die 5 nach oben regulierten miRNAs.

Die größte Veränderung wies miRNA Biomarker 9, mit einem fold change (fc) von 12,42 auf. Doch auch die kleinste Veränderung von Biomarker 7 (fc = 3,65) bedeutet eine höchst signifikante Erhöhung.

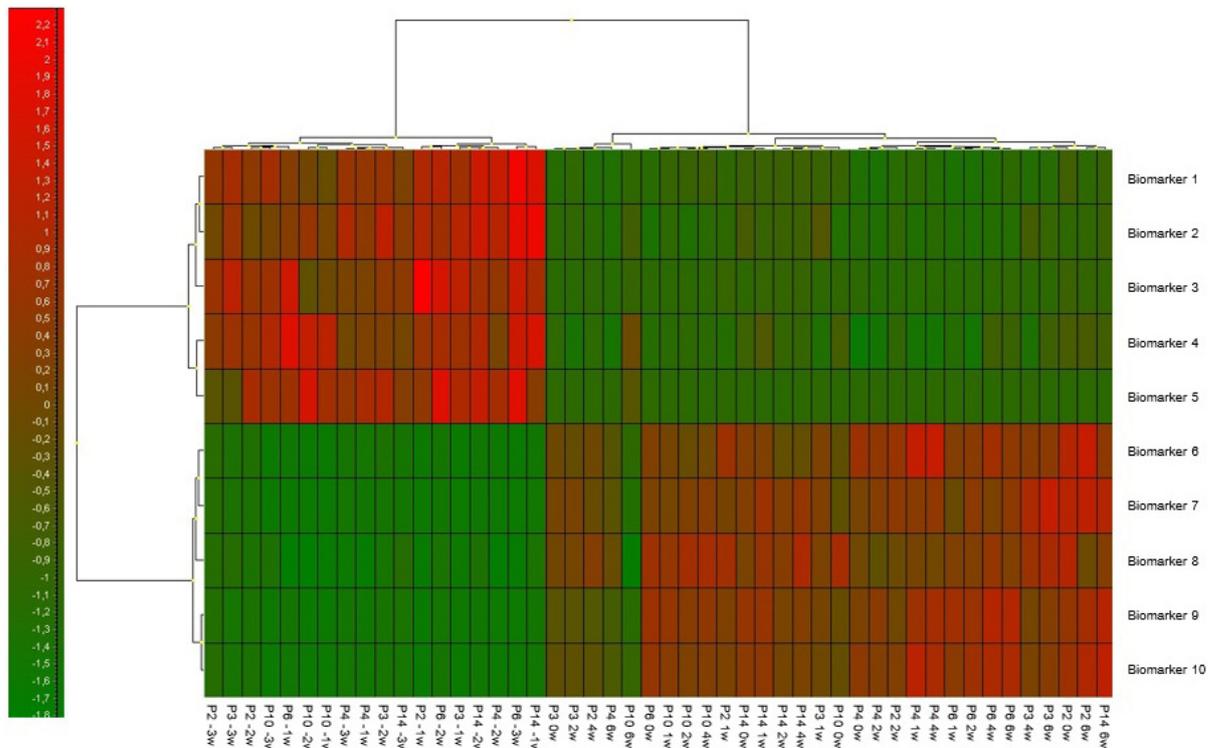


Abb. 3: Heatmap von 6 Probanden: Grüne und rote Farben repräsentieren eine niedrige bzw. hohe Expression der miRNA.

## 4 Diskussion

Die Ergebnisse der multivariaten Datenanalyse zeigen, dass die Blutlagerung einen bedeutenden Effekt auf das miRNA Profil im Blut hat. Es konnten eindeutig zwei verschiedene Cluster identifiziert werden, die einmal durch die Proben aus dem Arm (-3w – -1w) und einmal durch die Proben aus dem Blutbeutel (0w – 6w) repräsentiert werden. Dies könnte möglicherweise durch die Stabilisatorlösung, das Additiv bei EK Lagerung, die mechanische Bearbeitung oder sonstige noch unbekannte Einflüsse ausgelöst werden. Dies unterstützt die Hypothese, dass sich der „Puffer- und Lagereffekt“ auf die miRNA auch nach Transfusion von gelagerten EKs wiederfinden lässt. Womöglich verstärkt der Puffer im EK, der mit transfundiert wird, sogar die Wirkung im Körper. Des Weiteren wird eine Reaktion des Körpers auf die plötzlich erhöhte Erythrozytenanzahl im Blut erwartet, die Auswirkungen auf das miRNA Profil hat.

Allerdings sollte nicht außer Acht gelassen werden, dass es sich bei den Proben aus dem Arm um Vollblut mit allen Bestandteilen (Erythrozyten, Leukozyten, Thrombozyten und Plasma) handelt und bei den Proben aus dem Blutbeutel um konzentrierte Erythrozyten, aus denen die meisten Leukozyten und Thrombozyten herausgefiltert wurden und das Plasma abzentrifugiert wurde. Doch Chen et al. zeigten bereits 2008, dass der Hauptanteil der im Vollblut enthaltenen miRNA aus den Erythrozyten stammt und nicht aus den Leukozyten (Chen, Wang, Telen & Chi, 2008). Ähnliches wurde auch von Kirschner et al. für die miR-16 und miR-451 veröffentlicht (Kirschner et al., 2011). Von den miRNAs

miR-486-5p, miR-451, miR-92a und miR-16, ist ebenfalls bekannt, dass sie ihren Ursprung in den Erythrozyten haben und sich die miRNA Expressionswerte aus den Blutzellen in den Expressionswerten des Plasmas widerspiegeln (Pritchard et al., 2012).

Durch eine kurze Berechnung des maximal möglichen Anstieges der Erythrozytenzahl (57,9 %), bedingt durch die Herstellung des EKs aus der 500 ml Vollblutspende, verglichen mit dem gemessenen Anstieg der Reads (265 %) mit dem kleinsten fold change ( $fs = 3,65$ ) konnte bestätigt werden, dass die erhöhte Erythrozytenzahl im EK nicht allein für die große Änderung der Biomarkerkandidaten verantwortlich sein kann. Die Daten aus dem small RNA-Seq sollen im Anschluss noch mittels RT-pPCR in allen verfügbaren Proben validiert werden. Des Weiteren wäre es interessant zu untersuchen, welche mRNA von den regulierten ausgewählten miRNA reguliert werden, um herauszufinden, welche Signalwege betroffen sind. Die gewonnenen Daten sollen als Grundlage für eine neue Studie dienen, in welcher die resultierende Biomarkersignatur in gesunden männlichen Probanden nach Transfusion von autologem Blut validiert werden sollen. Aufgrund der hohen Regulation der miRNAs in dieser Studie, wird erwartet, dass die ausgewählten miRNAs trotz der, durch die Transfusion verursachten, starken Verdünnung im Probanden (ca. 1:30), als Gruppe oder „Biomarker Signatur“ wiedergefunden werden können. Diese neue Biomarkersignatur könnte dann als Nachweis für Eigenblutdoping fungieren und den ABP (Athlete Biological Passport) ergänzen.

## 5 Literatur

- Anders, S. (2011). Analysing RNA-Seq data with the “DESeq” package. 1-22.
- Becker, C., Hammerle-Fickinger, A., Riedmaier, I. & Pfaffl, M.W. (2010). mRNA and microRNA quality control for RT-qPCR analysis. *Methods*, 50 (4), 237-243.
- Becker, C., Riedmaier, I., Reiter, M., Tichopad, A., Groot, M.J., Stolker, A.A., et al. (2011). Influence of anabolic combinations of an androgen plus an estrogen on biochemical pathways in bovine uterine endometrium and ovary. *The journal of steroid biochemistry and molecular biology*, 125 (3-5), 192-201.
- Becker, C., Riedmaier, I., Reiter, M., Tichopad, A., Pfaffl, M.W. & Meyer, H.H. (2011). Changes in the miRNA profile under the influence of anabolic steroids in bovine liver. *Analyst*, 136 (6), 1204-1209.
- Becker, C., Riedmaier, I., Reiter, M., Tichopad, A., Pfaffl, M.W. & Meyer, H.H.D. (2010). Effect of trenbolone acetate plus estradiol on transcriptional regulation of metabolism pathways in bovine liver. *Hormone molecular biology and clinical investigation*, 2 (2), 257-265.
- Chen, S.Y., Wang, Y., Telen, M.J. & Chi, J.T. (2008). The genomic analysis of erythrocyte microRNA expression in sickle cell diseases. *PLoS One*, 3 (6), e2360.
- Fleige, S. & Pfaffl, M.W. (2006). RNA integrity and the effect on the real-time qRT-PCR performance. *Molecular aspects of medicine*, 27 (2-3), 126-139.

- Kirschner, M.B., Kao, S.C., Edelman, J.J., Armstrong, N.J., Vallely, M.P., van Zandwijk, N., et al. (2011). Haemolysis during sample preparation alters microRNA content of plasma. *PLoS One*, 6 (9), e24145.
- Pritchard, C.C., Kroh, E., Wood, B., Arroyo, J.D., Dougherty, K.J., Miyaji, M.M., et al. (2012). Blood cell origin of circulating microRNAs: a cautionary note for cancer biomarker studies. *Cancer prevention research (Phila)*, 5 (3), 492-497.
- Reiter, M., Lüderwald, M., Pfaffl, M.W. & Meyer, H.H.D. (2008). First steps towards a new screening method for anabolic androgenic agents in human hair follicle. *The doping journal*, 5 (3).
- Reiter, M., Pfaffl, M.W., Schonfelder, M. & Meyer, H.H. (2008). Gene expression in hair follicle dermal papilla cells after treatment with stanozolol. *Biomark insights*, 4, 1-8.
- Reiter, M., Tichopad, A., Riedmaier, I., Pfaffl, M.W. & Meyer, H.H.D. (2010). Monitoring gene expression in muscle tissue of macaca fascicularis under the influence of testosterone and SARM. *Hormone molecular biology and clinical investigation*, 1 (2), 73-79.
- Reiter, M., Walf, V.M., Christians, A., Pfaffl, M.W. & Meyer, H.H. (2007). Modification of mRNA expression after treatment with anabolic agents and the usefulness for gene expression-biomarkers. *Analytica chimica acta*, 586 (1-2), 73-81.
- Riedmaier, I., Benes, V., Blake, J., Bretschneider, N., Zinser, C., Becker, C., et al. (2012). RNA-sequencing as useful screening tool in the combat against the misuse of anabolic agents. *Analytical chemistry*, 84 (15), 6863-6868.
- Riedmaier, I., Reiter, M., Tichopad, A., Pfaffl, M.W. & Meyer, H.H. (2011). The potential of bovine vaginal smear for biomarker development to trace the misuse of anabolic agents. *Experimental and clinical endocrinology & diabetes*, 119 (2), 86-94.
- Riedmaier, I., Tichopad, A., Reiter, M., Pfaffl, M.W. & Meyer, H.H. (2009a). Identification of potential gene expression biomarkers for the surveillance of anabolic agents in bovine blood cells. *Analytica chimica acta*, 638 (1), 106-113.
- Riedmaier, I., Tichopad, A., Reiter, M., Pfaffl, M.W. & Meyer, H.H. (2009b). Influence of testosterone and a novel SARM on gene expression in whole blood of Macaca fascicularis. *The journal of steroid biochemistry and molecular biology*, 114 (3-5), 167-173.
- Spornraft, M., Kirchner, B., Haase, B., Benes, V., Pfaffl, M.W. & Riedmaier, I. (2014). Optimization of Extraction of Circulating RNAs from Plasma - Enabling Small RNA Sequencing. *PLoS One*, 9 (9), e107259.
- Ullrich, L., Stolecki, D. & Grünewald, M. (2005). *THIEMEs Intensivpflege und Anästhesie*. Stuttgart: Thieme.
- WADA. (2014). *The World Anti-Doping Code*. The 2015 prohibited list. International standard. In T.W.A.-D. Agency (Hrsg.) (S. 10).



# Diagnostische Relevanz speichelbasierter Testosteron-Konzentrationen nach einer niedrig-dosierten Hormongabe als möglicher Screening-Parameter in der Dopingkontrolle

(AZ 070302/14)

Martin Schönfelder<sup>1</sup>, Hande Hofmann (Projektleiterin)<sup>2</sup>, Thorsten Schulz<sup>2</sup> & Detlef Thieme<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität München, Institut für Pathologie, Fachgebiet Neuropathologie, München

<sup>2</sup>Technische Universität München, Institut für Präventive Pädiatrie, München

<sup>3</sup>Institut für Dopinganalytik und Sportbiochemie Dresden, Kreischa

## 1 Einleitung

Gemäß der aktuellen WADA-Statistik stellen anabol-androgene Steroide derzeit immer noch die am häufigsten verbotenen Substanzen dar, die im Sport zur unerlaubten Leistungssteigerung verwendet werden. Testosteron und dessen funktionelle Analoga sind „beliebte“ Substanzen zur Erhöhung der Muskelmasse, der Leistungsfähigkeit, der Regenerationsfähigkeit und zur Reduktion des Körperfettanteils. Aufgrund der immer sensitiveren Nachweismethoden geht aktuell der Trend dahin, die unerlaubte Substitution durch Niedrigdosierung zu verschleiern. Auf Basis von vorangegangenen Studien (Schönfelder et al., 2011) und wissenschaftlicher Ergebnisse (Broadbent, 2002) ist anzunehmen, dass der Anstieg der Testosteron-Konzentrationen im Speichel signifikant höher ist, als die Veränderungen der Steroidkonzentrationen oder -verhältnisse im Blut oder Urin. Somit könnten Speichelkonzentrationen als Screening-Parameter zur Verifizierung eines Verdachtsfalles herangezogen werden, um weitere Untersuchungen (z. B. IRMS) zu initiieren.

## 2 Ziele und Fragestellungen des Projektes

Hauptziel der vorliegenden Studie war es, reproduzierbar und statistisch abgesichert Testosteron-Applikationen im Speichel nachzuweisen und die Ergebnisse mit den Werten aus dem Blut und Urin zu vergleichen. Es war nicht das Ziel, hoch dosierte Hormongaben wie oben beschrieben nachzuweisen (Schönfelder et al., 2011), sondern niedrig dosierte Applikationen zu detektieren, wie sie beispielsweise bei der Verwendung von Hormonpflastern auftreten. Die Projektpartner vermuten, dass die Testosteron-Konzentrationen im Speichel deutlicher ansteigen als im Blut oder Urin. Dieser Zustand lässt sich durchaus aus der Literatur herleiten (Broadbent, 2002), denn der Transfer von Steroidhormonen kann je nach Modifikation (ungebunden oder gebunden) über passive Diffusion oder auch aktive Sekretion durch die Speicheldrüsen in den Speichel übertreten (Gröschl, 2008). Ferner postuliert Gröschl, dass die speichelbasierte Hormonanalyse eine erfolgsversprechende Methode für die Sportmedizin als auch Doping-Analytik darstellt, gleichwohl es noch ein weiter Weg ist, bis die Speichelanalytik als anerkannte Methode zum Einsatz kommen kann (Gröschl, 2008). Somit stellt die vorliegende Studie die Basis für die Etablierung einer neuen Methode dar, um potentielle Verdachtsmomente für einen Missbrauch von Testosteron anzuzeigen.

Somit wurden für das Projekt folgende Fragen formuliert:

- › Ist die Testosteron-Konzentration im Speichel höher als die Konzentration im Blut und Urin?
- › Steigt die Testosteron-Konzentration im Speichel schneller an als im Blut und Urin?
- › Hat eine akute körperliche Belastung einen signifikanten Einfluss auf die Testosteron- und SHBG-Konzentrationen im Speichel, Blut und Urin?
- › Ist es durch IRMS möglich, auch bei niedrig dosierten Testosterongaben zwischen endogenem und exogenem Testosteron zu unterscheiden?

### 3 Aktueller Projektstand

Im Rahmen des Projektes konnten 12 männliche Probanden rekrutiert und im Februar 2015 abschließend in die Studie aufgenommen werden. Ein Proband musste aus gesundheitlichen Gründen frühzeitig die Studie abbrechen, ein weiterer Proband hat die Durchführung von Blutabnahmen nach erfolgter Rekrutierung und Einwilligung im Nachhinein abgelehnt. Somit sind von den Speichel-, Urin- und Blutproben der avisierten Probanden (N =10) fast alle Proben vollständig vorhanden. In Kooperation mit dem Institut für Dopinganalytik und Sportbiochemie in Kreischa wurde vergleichend (GCMS vs. ELISA) Testosteron im Speichel, Blut und Urin erhoben.

Neben den obigen Analysen, wurde gemäß dem Genehmigungsschreiben der optionale Stabilitätstest von Testosteron im Speichel durchgeführt. Zudem sollen ausgewählte Proben noch mittels IRMS analysiert werden, um zu prüfen, ob es möglich ist, zwischen endogenem und exogenem Testosteron zu unterscheiden.

## 4 Material und Methode

### 4.1 Studienpopulation

Für die vorliegende Studie wurden 12 männliche Sportler rekrutiert, wobei ein Proband aufgrund einer orthopädischen Operation nach der Eingangsuntersuchung ausscheiden musste. Zudem verweigerte ein Proband die Blutabnahmen. Somit konnten von N =11 Probanden (Tab. 1) nahezu vollständige Probensätze von Speichel, Blut und Urin gewonnen werden.

Tab. 1: Charakteristika der Studienpopulation (N =11; Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung).

	Alter (Jahre)	Gewicht (kg)	Größe (cm)	BMI (kg/m <sup>2</sup> )	P <sub>max</sub> (Watt)	relVO <sub>2,max</sub> (ml/kg/min)	Hf <sub>max</sub> (/min)
Mittelwert	30 $\pm$ 8	75.8 $\pm$ 10,1	175,8 $\pm$ 6,1	24,5 $\pm$ 2,9	302,6 $\pm$ 72,1	52,0 $\pm$ 9,8	181,2 $\pm$ 12,9

(BMI = body mass index; P<sub>max</sub> = Maximalleistung Eingangsuntersuchung, Hf<sub>max</sub> = Maximale Herzfrequenz, relVO<sub>2,max</sub> = relative maximale Sauerstoffaufnahme pro Kilogramm Körpergewicht)

### 4.2 Studiendesign

Die Probenabnahme erfolgte nach einem circadianen Protokoll (0 h, 3 h, 6 h, 9 h, 24 h, 48 h, 72 h) mit und ohne den Einfluss einer akuten körperlichen Belastung als auch mit und ohne einer Testosteron-Applikation (2mal TESTOPATCH® 2,4 mg/24 h, Pierre Fabre Pharma, Freiburg, GER). Somit war jeder

Proband seine eigene Kontrolle und alle Interventionsproben konnten zu einer zirkadianen Kontrollprobe in Relation gesetzt werden (Abb. 1). Aus dem Studiendesign ergeben sich demnach vier Gruppen bei denen jeweils jeder Proband beteiligt ist:

- ohne Belastung, ohne Testosteron = obot
- mit Belastung, ohne Testosteron = mbot
- mit Belastung, mit Testosteron = mbmt
- ohne Belastung, mit Testosteron = obmt

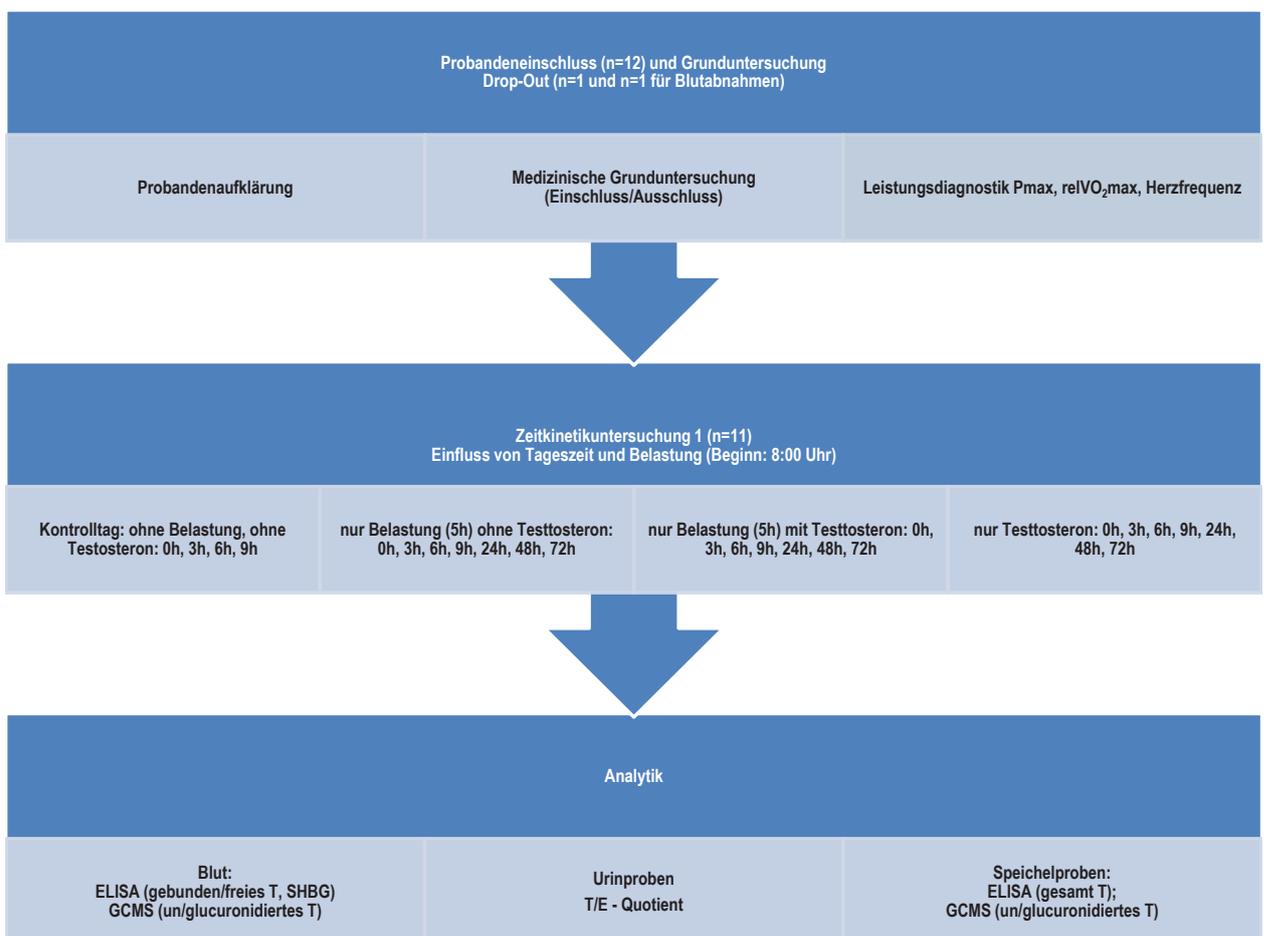


Abb. 1: Studiendesign: T = Testosteron, Epi = Epi-testosteron, SHBG = Steroid-Hormon bindendes Globulin; ELISA = Enzyme linked immunosorbent assay, GCMS = Gaschromatographie mit Massenspektrometer-Kopplung.

### 4.3 Probenabnahme

Speichelproben wurden mittels geeigneten Sputumröhrchen (Salitubes, DRG Instruments GmbH, Marburg, GER) gesammelt. Die Blutabnahmen erfolgten mit Standardblutabnahmesystemen (Vacuette Serum Z Clot Activator, Greiner Bio-One, Kremsmünster, AUT). Dabei wurde an den jeweiligen Untersuchungstagen am liegenden Probanden entsprechend dem Zeitprotokoll im ausgeruhten Zustand aus einer kurzfristig gestauten V. cubitalis venöses Blut entnommen. Die Urinabnahme

erfolgte mittels sterilen Urinbechern (Greiner Bio-One, Kremsmünster, AUT). Die Blutserumproben wurden nach einer Gerinnungsphase von 45 min bei 25° C und 2020 g für 30min zentrifugiert. Alle Proben wurden unmittelbar nach der Abnahme bis zur Analyse bei -80° C gelagert.

#### 4.4 Eingangsuntersuchung und Belastungsergometrie

Alle Probanden wurden im Rahmen einer Eingangsuntersuchung sportmedizinisch (inkl. Ruhe-EKG) und internistisch untersucht. Die Feststellung der körperlichen Leistungsfähigkeit erfolgte im Rahmen einer Fahrradergometrie (Startlast: 40 W, Steigerung 20 W/min) bis zur maximalen subjektiven Ausbelastung. Hierbei wurden kontinuierlich die Herzfrequenz (Hf) und die Atemgase aufgezeichnet. Zur Bestimmung der Belastungseffekte bzgl. der Hormonkonzentration wurde die Fahrradergometrie als definierte Belastung (gemäß Studienprotokoll, Abb. 1) eine Stunde (5 h) vor der 6 h-Probenentnahme wiederholt.

#### 4.5 Hormonanalytik

Die Hormonanalytik (Tab. 2) erfolgte im vergleichenden Ansatz mittels spezifischen Enzyme-linked Immunosorbent Assays (ELISA) und Massenspektrometrie (GCMS).

Tab. 2: Übersicht Hormonanalytik

Probenmaterial	ELISA	GCMS
Speichel	Gesamttestosteron = salTT-E	Gesamttestosteron = TT-G
Blutserum	Gesamttestosteron = TT-E Freies Testosteron = FT-E Steroid-Hormon bindendes Globulin = SHGB-E	
Urin		Gesamttestosteron = uTT-G Epitestosteron = uET-G

SHBG = Steroid-Hormon bindendes Globulin; ELISA = Enzyme linked immunosorbent assay, GCMS = Gaschromatographie mit Massenspektrometer-Kopplung.

Die Speichel- und Blutproben wurden mit spezifischen ELISAs der Fa. DRG Instruments GmbH (Marburg, GER) gemäß Herstellerangaben analysiert. Alle GCMS-Analysen erfolgten in einem akkreditierten Antidopinglabor (Institut für Dopinganalytik und Sportbiochemie, Kreischa, Deutschland) mittels klassischer Analytik (Große, Anielski, Sachs and Thieme, 2009).

#### 4.6 Statistik

Die statistische Auswertung wurde mittels gepaartem T-Test und einer ANOVA für Messwiederholung (SigmaStat 3.5, Systat Software Inc., Point Richmond, USA) durchgeführt. Für den multiplen Vergleich wurde der konservative Bonferroni post-hoc Test herangezogen. Die Korrelationsanalysen wurden mit der Spearman-Methode berechnet. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p < 0,05$  festgesetzt.

#### 4.7 Genehmigung

Alle Probanden wurden schriftlich und mündlich über die Studie aufgeklärt und haben freiwillig an der Studie teilgenommen. Das Studienprotokoll wurde durch die Ethikkommission der Technischen Universität München geprüft bzw. genehmigt (Nr. 1777/07) und unter ClinicalTrials.gov (NCT02134470) publiziert.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Absolute Hormonkonzentrationen im Blut, Speichel und Urin

Grundsätzlich zeigte sich über alle Hormonmessungen hinweg in den unterschiedlichen Proben (Speichel, Urin und Blut) eine relativ hohe interindividuelle Streubreite der verschiedenen Probenkonzentrationen. Abb. 2 gibt beispielhaft die salTT-E Konzentration während den zirkadianen Kontrollmessungen wider. Hieraus ist ersichtlich, dass bei den Probanden ID10 (mit den höchsten Werten) und ID5 (niedrigste Werte) zum Zeitpunkt 0h die Konzentrationsdifferenz 66,2 pg/ml (331 %) und nach 3 h sogar 133,3 pg/ml (385 %) beträgt. Dieses individuelle Bild zieht sich über alle Messmethoden hinweg.

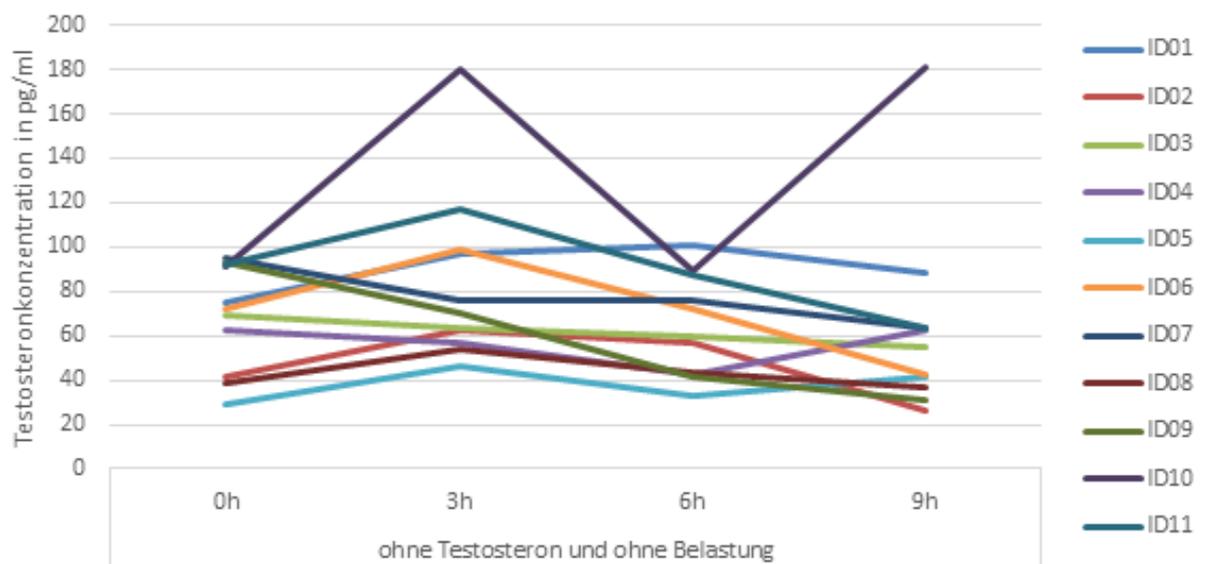


Abb. 2: Zirkadiane Testosteronkonzentration im Speichel über 9h (ELISA)

Die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) für Messwiederholung errechnete über die 25 Messzeitpunkte signifikante Effekte zu unterschiedlichen Zeitpunkten (TT-E:  $p < 0,001$ ; FT-E:  $p < 0,001$ ; SHGB-E  $p < 0,023$ ; salTT-ELSIA  $p < 0,001$ ; salTT-GC  $p < 0,001$ , uTT-GC  $p < 0,001$ ; s.Tab. 3). Der anschließende Multiple Vergleich der Zeitreihen zeigte weder innerhalb der zirkadianen Kontrollproben noch innerhalb der Bewegungsproben ohne Testosteron-Applikation tageszeitlichen Schwankungen der gemessenen Hormone (Tab 3). Hingegen führte die transdermale Testosteron-Gabe innerhalb von drei bis sechs Stunden nach Applikation in den meisten Proben zu einer signifikanten Erhöhung der TT-E, FT-E, salTT-E und uTT-E in einem Zeitraum zwischen 6-9 h nach Beginn der Testosteron-Applikation über das Pflaster. Das SHGB-E blieb auch wie schon in den Kontrollproben auf basalem Niveau.

Tab. 3: Absolute Hormonkonzentration

A) Gesamttestosteron im Serum (ng/ml), ELISA							
Zeit/Dauer	8 Uhr/0 h	9 Uhr/3 h	14 Uhr/6 h	17 Uhr/9 h	8 Uhr/24 h	8 Uhr/48 h	8 Uhr/72 h
obot	5,2±1,6 <sup>a</sup>	6,0±3,1 <sup>a</sup>	4,8±2,2 <sup>a</sup>	4,3±1,5 <sup>a</sup>			
mbot	5,8±2,6 <sup>a</sup>	5,8±1,9 <sup>a</sup>	5,1±1,8 <sup>a</sup>	4,8±1,9 <sup>a</sup>	5,9±2,5 <sup>a</sup>	5,7±1,7 <sup>a</sup>	5,5±2,4 <sup>a</sup>
mbmt	5,7±2,0 <sup>ae</sup>	7,7±2,1 <sup>ac</sup>	8,4±3,0 <sup>bc</sup>	*8,5±3,0 <sup>cd</sup>	7,4±2,6 <sup>abd</sup>	4,7±1,8 <sup>e</sup>	5,1±1,7 <sup>e</sup>
obmt	5,7±2,2 <sup>a</sup>	8,1±2,3 <sup>b</sup>	*9,1±2,9 <sup>b</sup>	*8,9±2,4 <sup>b</sup>	*8,4±2,5 <sup>b</sup>	4,8±1,9 <sup>a</sup>	5,2±2,4 <sup>a</sup>
B) Freies Testosteron im Serum (pg/ml), ELISA							
Zeit/Dauer	8 Uhr/0 h	9 Uhr/3 h	14 Uhr/6 h	17 Uhr/9 h	8 Uhr/24 h	8 Uhr/48 h	8 Uhr/72 h
obot	13,5±5,8 <sup>a</sup>	13,4± 9,3 <sup>a</sup>	12,2± 6,9 <sup>a</sup>	10,5± 5,7 <sup>a</sup>			
mbot	13,2±5,9 <sup>a</sup>	12,3± 3,6 <sup>a</sup>	11,5± 4,2 <sup>a</sup>	11,2± 5,5 <sup>a</sup>	12,9± 5,6 <sup>a</sup>	12,9±5,9 <sup>a</sup>	14,4±7,4 <sup>a</sup>
mbmt	14,3±8,9 <sup>abc</sup>	19,7±14,5 <sup>ad</sup>	*22,0±14,8 <sup>a</sup>	*19,9±12,5 <sup>ad</sup>	17,4±11,4 <sup>abc</sup>	10,7±6,0 <sup>bc</sup>	10,8±5,9 <sup>cd</sup>
obmt	12,8±7,3 <sup>ab</sup>	18,4± 9,8 <sup>ab</sup>	20,4±12,3 <sup>a</sup>	*20,8± 9,9 <sup>a</sup>	18,6± 9,0 <sup>ab</sup>	10,9±6,9 <sup>b</sup>	10,9±7,6 <sup>b</sup>
C) SHGB im Serum (pg/ml), ELISA							
Zeit/Dauer	8 Uhr/0 h	9 Uhr/3 h	14 Uhr/6 h	17 Uhr/9 h	8 Uhr/24 h	8 Uhr/48 h	8 Uhr/72 h
obot	37,5±10,8 <sup>a</sup>	39,2± 7,3 <sup>a</sup>	37,5± 7,7 <sup>a</sup>	33,9± 8,3 <sup>a</sup>			
mbot	35,6± 8,7 <sup>a</sup>	31,7±10,8 <sup>a</sup>	36,2±10,8 <sup>a</sup>	35,6± 9,9 <sup>a</sup>	34,8± 8,7 <sup>a</sup>	36,1±13,1 <sup>a</sup>	39,3±11,8 <sup>a</sup>
mbmt	34,1±11,1 <sup>a</sup>	31,1± 9,6 <sup>a</sup>	30,8±12,3 <sup>a</sup>	30,2±10,1 <sup>a</sup>	30,7±10,9 <sup>a</sup>	32,1±12,0 <sup>a</sup>	30,3±11,6 <sup>a</sup>
obmt	35,6± 9,4 <sup>a</sup>	34,8± 9,1 <sup>a</sup>	32,8± 9,1 <sup>a</sup>	37,0± 9,8 <sup>a</sup>	30,7±11,0 <sup>a</sup>	32,6±10,4 <sup>a</sup>	35,3±10,2 <sup>a</sup>
D) Testosteron im Speichel (pg/ml), ELISA							
Zeit/Dauer	8 Uhr/0 h	9 Uhr/3 h	14 Uhr/6 h	17 Uhr/9 h	8 Uhr/24 h	8 Uhr/48 h	8 Uhr/72 h
obot	68,9±23,8 <sup>a</sup>	83,9±38,6 <sup>a</sup>	63,9±23,0 <sup>a</sup>	62,8±43,1 <sup>a</sup>			
mbot	74,0±33,8 <sup>a</sup>	72,1±34,5 <sup>a</sup>	63,1±29,6 <sup>a</sup>	56,7±16,7 <sup>a</sup>	64,4±32,0 <sup>a</sup>	64,9±26,8 <sup>a</sup>	61,1±23,5 <sup>a</sup>
mbmt	66,7±34,2 <sup>acd</sup>	85,1±31,8 <sup>acd</sup>	103,9±31,4 <sup>abc</sup>	*127,3±42,8 <sup>be</sup>	110,4±37,5 <sup>ace</sup>	70,3±27,9 <sup>cd</sup>	55,5±23,3 <sup>d</sup>
obmt	71,6±29,5 <sup>ac</sup>	98,3±32,8 <sup>abc</sup>	*110,7±50,6 <sup>ab</sup>	115,0±55,8 <sup>b</sup>	111,5±58,3 <sup>ab</sup>	58,6±31,5 <sup>c</sup>	61,1±25,7 <sup>ac</sup>
E) Testosteron im Speichel (pg/ml), GCMS							
Zeit/Dauer	8 Uhr/0 h	9 Uhr/3 h	14 Uhr/6 h	17 Uhr/9 h	8 Uhr/24 h	8 Uhr/48 h	8 Uhr/72 h
obot	52,4±22,5 <sup>a</sup>	43,1±18,5 <sup>a</sup>	49,7±14,3 <sup>a</sup>	46,0±13,0 <sup>a</sup>			
mbot	51,7±14,1 <sup>a</sup>	44,8±14,5 <sup>a</sup>	55,1±15,4 <sup>a</sup>	43,2±17,0 <sup>a</sup>	57,4±25,3 <sup>a</sup>	56,6± 9,5 <sup>a</sup>	54,6±24,7 <sup>a</sup>
mbmt	49,0±15,6 <sup>a</sup>	62,2±17,8 <sup>ab</sup>	80,0±32,5 <sup>abc</sup>	*104,8±61,4 <sup>bc</sup>	*110,7±65,3 <sup>c</sup>	45,4± 20,4 <sup>a</sup>	44,4± 9,5 <sup>a</sup>
obmt	52,1±13,4 <sup>a</sup>	67,4±28,0 <sup>a</sup>	80,4±38,6 <sup>a</sup>	80,1±35,4 <sup>a</sup>	80,5±14,1 <sup>a</sup>	106,1±171,7 <sup>a</sup>	41,9±11,3 <sup>a</sup>
E) Testosteron im Urin (ng/ml), GCMS							
Zeit/Dauer	8 Uhr/0 h	9 Uhr/3 h	14 Uhr/6 h	17 Uhr/9 h	8 Uhr/24 h	8 Uhr/48 h	8 Uhr/72 h
obot	70,1±62,1 <sup>a</sup>	45,4±29,3 <sup>a</sup>	46,9±36,0 <sup>a</sup>	42,9±33,2 <sup>a</sup>			
mbot	58,0±39,1 <sup>a</sup>	46,3±24,4 <sup>a</sup>	50,6±27,8 <sup>ab</sup>	39,7±26,7 <sup>ab</sup>	50,6±26,6 <sup>b</sup>	44,9±20,6 <sup>a</sup>	54,0±30,6 <sup>ab</sup>
mbmt	61,0±31,3 <sup>ab</sup>	56,4±34,1 <sup>ab</sup>	79,6±51,9 <sup>ab</sup>	80,9±54,5 <sup>ab</sup>	93,1±69,5 <sup>a</sup>	44,3±32,3 <sup>b</sup>	44,1±22,5 <sup>b</sup>
obmt	53,5±34,0 <sup>a</sup>	53,2±39,9 <sup>a</sup>	81,9±68,2 <sup>ab</sup>	75,8±57,0 <sup>ab</sup>	97,4±78,0 <sup>b</sup>	51,4±31,9 <sup>a</sup>	58,4±52,5 <sup>ab</sup>

ohne Belastung, ohne Testosteron = obot; mit Belastung, ohne Testosteron = mbot; mit Belastung, mit Testosteron = mbmt; ohne Belastung, mit Testosteron = obmt; unterschiedliche Buchstaben indizieren statistische Signifikanz innerhalb der Intervention =  $p < 0,05$  und „\*“ indiziert Signifikanz ( $p < 0,05$ ) zwischen den zeitlichen Korrelaten der Gruppen

## 5.2 Hormonkonzentrationen mit und ohne Testosteronapplikation

Für diese Auswertung wurden die Hormonkonzentrationen aller Proben während der Hormonapplikation (Klebezeitraum des Hormonpflasters: 3 h, 6 h, 9 h und 24 h) mit allen anderen Proben mittels gepaartem T-Test verglichen. Hierbei zeigte sich bei allen T-Bestimmungen ein signifikanter Anstieg der Werte: TT-E ( $p < 0.001$ , median: 5,2 vs. 8,0 ng/ml), FT-E ( $p < 0.001$ , median: 11,28 vs. 15,61 pg/ml), salTT-E ( $p < 0.001$ , median: 62,43 vs. 99,93 pg/ml); salTT-G ( $p < 0,001$ , Median: 47,40 vs. 77,05 pg/ml), und uTT-G ( $p < 0,001$ , Median: 41,44 vs. 57,48 ng/ml). Das SHGB zeigte ebenfalls eine signifikante Änderung, welche sich in einer leichten Reduktion der Konzentrationen widerspiegelte ( $p=0,034$ , MV: 35,13 vs 32,20 pg/ml).

## 5.3 Hormonkonzentrationen in Abhängigkeit der Belastung

Für diesen Vergleich wurden die unmittelbaren Nachbelastungsproben 6 h und 9 h, (= 1 h und 4 h nach der Belastung) sowohl mit den zeitgleichen Proben der Kontrollmessungen, als auch mit den Kontrollmessungen am gleichen Tag, 24 h, 48 h und 72 h danach verglichen. Aufgrund der Normalverteilung bei SHBG wurden hierfür die Mittelwerte berechnet. Aufgrund der fehlenden Normalverteilung bei den anderen Messungen erfolgte hier die Berechnung mittels dem Mann-Whitney Rank Sum Test und eine Berechnung der Mediane. Durch die körperliche Belastung zeigten sich keinerlei signifikante Änderungen, weder im Speichel, Blut noch im Urin: TT-E ( $p = 0,360$ , Median: 5,18 vs. 4,68 ng/ml), FT-E ( $p = 0,431$ , Median: 11,89 vs. 9,58 pg/ml), SHBG ( $p = 0,912$ , MW: 36,18 vs. 35,91 pg/ml), salTT-E ( $p = 0,232$ , Median: 63,17 vs. 55,84 pg/ml) salTT-G ( $p = 0,719$ , Median: 48,50 vs. 40,75 pg/ml) und uTT\_G ( $p = 0,642$ , Median: 41,50 vs. 36,70 ng/ml).

## 5.4 Relative Hormonkonzentration zur circadianen Kontrolle

Um das prozentuale Ausmaß der Testosteron-Applikation in Abhängigkeit der Zeit und Belastung darzustellen, wurden alle absoluten Hormonwerte der Tab. 3 in prozentuale Relation zu der entsprechenden Zeitkontrolle (obot) berechnet, um das Ausmaß der Hormonveränderungen unabhängig von der Tageszeit zu verdeutlichen.

### Gesamttestosteron: TT-E

Die reine körperliche Belastung zeigte im Blut für TT-E (Abb. 3) keine signifikanten Änderungen über die Zeit. Nach 6 h Testosteron-Applikation in Verbindung mit Belastung verdoppeln sich hingegen die relativen TT-E Konzentrationen von  $108,4 \pm 17,5 \%$  (0 h) auf  $186,8 \pm 64,5 \%$  (6 h). Ohne körperliche Belastung änderten sich die Werte nach 6 h sogar auf  $201,0 \pm 59,3 \%$ . Die höchsten Veränderungen mit  $233,3 \pm 58,8 \%$  wurden nach 9 h berechnet. Innerhalb von 24 h nach Applikationsbeginn waren die Konzentrationen wieder rückläufig und erreichten relative Werte von  $145,1 \pm 46,6 \%$  bzw.  $166,2 \pm 52,7 \%$ . Binnen 24 h nach der Entfernung des Hormonpflasters (48 h) wurde das hormonelle Ausgangsniveau wieder eingeregelt.

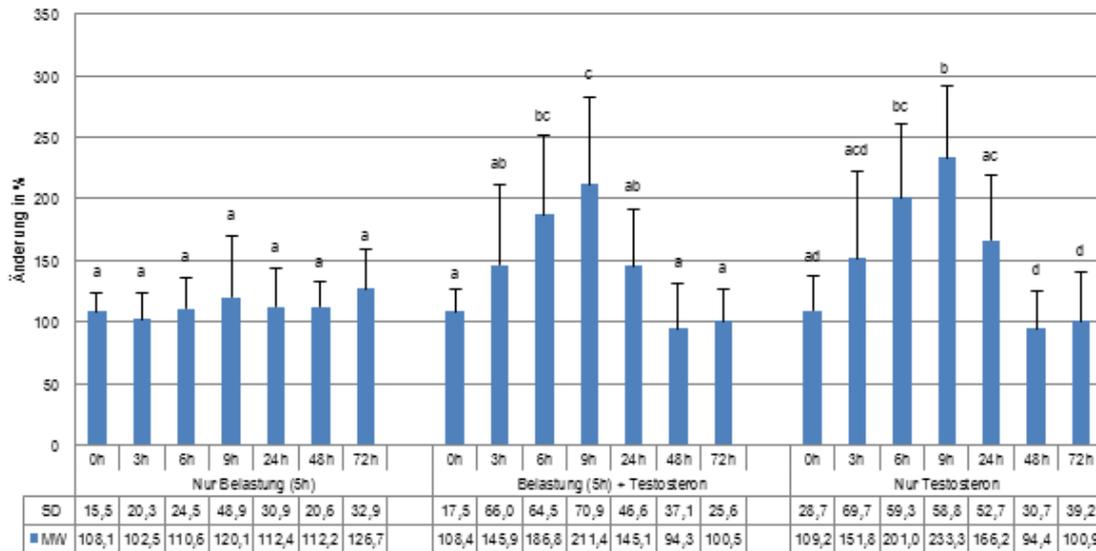


Abb. 3: Relative Gesamttestosteronkonzentration im Blut im Verhältnis zur zeitlichen Kontrolle. (MW, Mittelwert; SD, Standardabweichung). Unterschiedliche Buchstaben indizieren statistische Signifikanz =  $p < 0,05$ .

**Freies Testosteron: FT-E**

Wie auch schon für das TT-E (Abb. 3) gezeigt werden konnte, hatte die alleinige Belastung keinen signifikanten Einfluss auf die freie Testosteronkonzentration. Im Falle des FT-E (Abb. 4) werden durch die Hormonpflasterintervention erst nach 6 h bzw. 9 h relative Höchstwerte erreicht, die sogar nach 9 h ohne vorangegangene Belastung Veränderungen von  $243,6 \pm 79,9 \%$  ( $p < 0,001$ ) erreichen. Ebenso bestätigt sich, dass 24 h nach der Entfernung des Hormonpflasters die Werte auf ein Basalniveau zurückkehren.

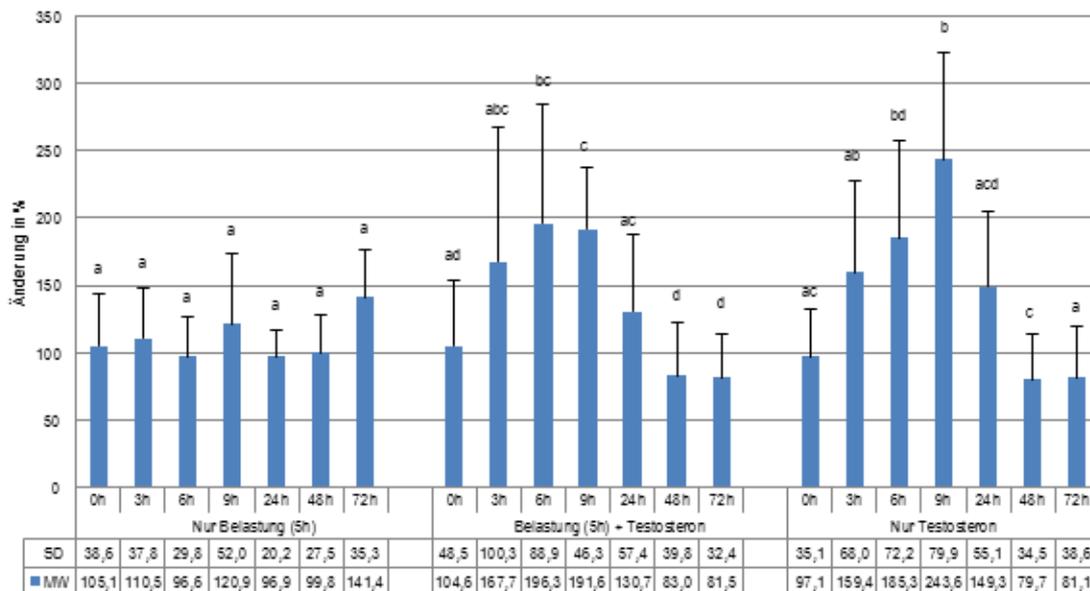


Abb. 4: Relative Gesamtkonzentration des freien Testosterons im Blut im Verhältnis zur zeitlichen Kontrolle. (MW, Mittelwert; SD, Standardabweichung). Unterschiedliche Buchstaben indizieren statistische Signifikanz =  $p < 0,05$ .

### Steroidhormon-binding Globulin: SHBG-E

Im Fall des SHGBs zeigt sich bei der relativen Auswertung ein signifikanter Unterschied zwischen den Zeitpunkten 3 h und 72 h bei der Gruppe der Bewegungsintervention (Abb. 5). Dieser Effekt ist unabhängig von der Testosteron-Applikation zu sehen. ( $p = 0,001$ ,  $F = 2,37$ , power: 0,89).

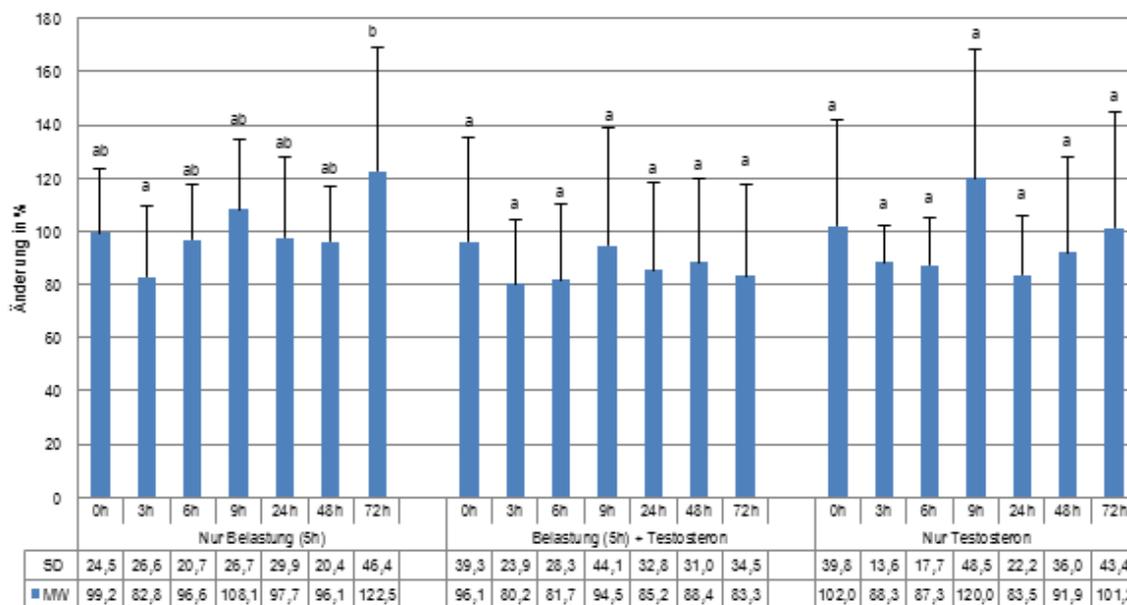


Abb. 5: Relative Konzentration des SHGB im Blut im Verhältnis zur zeitlichen Kontrolle. (MW, Mittelwert; SD, Standardabweichung). Unterschiedliche Buchstaben indizieren statistische Signifikanz =  $p < 0,05$ .

### Speicheltestosteron: salTT-E und salTT-G

Wie auch schon für die Blutwerte gezeigt wurde, konnten auch im Speichel keine signifikanten Änderungen der Testosteronkonzentration durch die Belastung induziert werden (Abb. 6). Die Belastung kombiniert mit Testosteron-Applikation führt hingegen binnen 9 h zu einem signifikanten 2,5-fachen Anstieg der salTT-E relativen Konzentration ( $252,6 \pm 94,8$  %). Ohne den Belastungsreiz fällt die Erhöhung etwas geringer aus, erreicht aber dennoch  $215,2 \pm 72,9$  % nach 9 h. Auch noch nach 24 h konnten noch erhöhte relative Hormonwerte detektiert werden,  $166,4 \pm 47,5$  % mit Belastung und sogar  $175,3 \pm 46,6$  % ohne Belastung. Aber auch hier zeigte sich, dass nach der Entfernung des Hormonpflasters die Testosteronwerte innerhalb von 24 h auf ein Ruheniveau absinken. Im direkten Vergleich der Messmethoden bestätigt die GCMS-Analyse die ELISA-Ergebnisse (Abb. 7), gleichwohl aufgrund der hohen interindividuellen Varianzen nicht immer signifikante Änderungen gezeigt werden konnten. Hieraus ist erkennbar, dass sich das prozentuale Ausmaß der Hormonänderungen mittels des ELISAs deutlicher abzeichnen lässt.

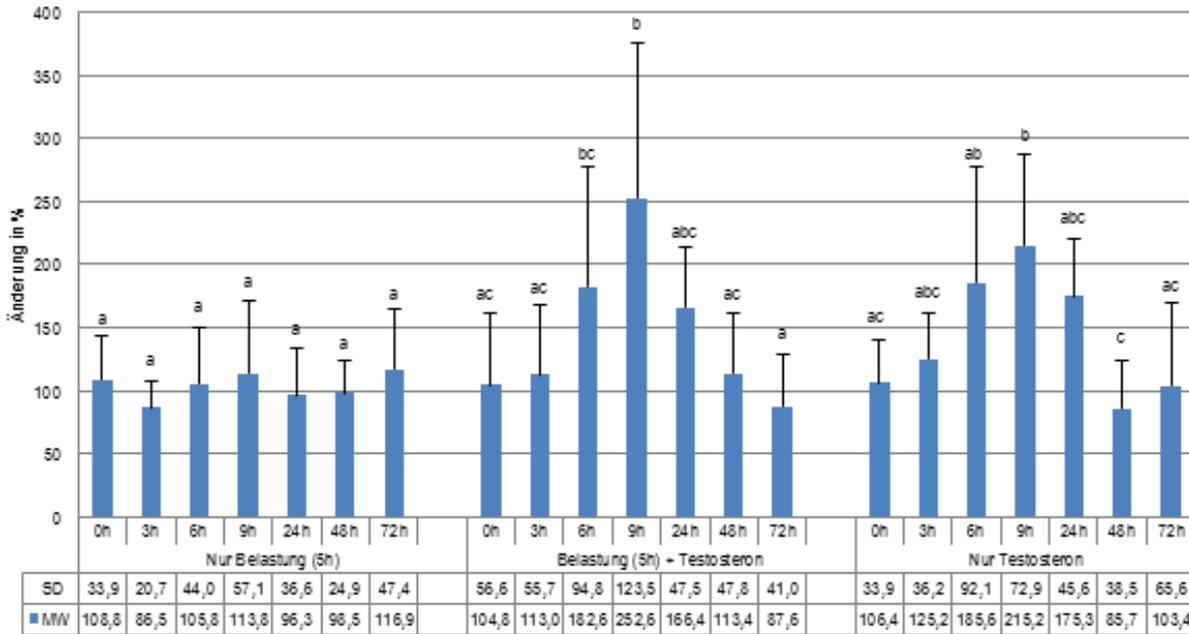


Abb. 6: Relative Konzentration des Testosterons im Speichel (ELISA-Bestimmung) im Verhältnis zur zeitlichen Kontrolle. (MW, Mittelwert; SD, Standardabweichung). Unterschiedliche Buchstaben indizieren statistische Signifikanz =  $p < 0,05$ .

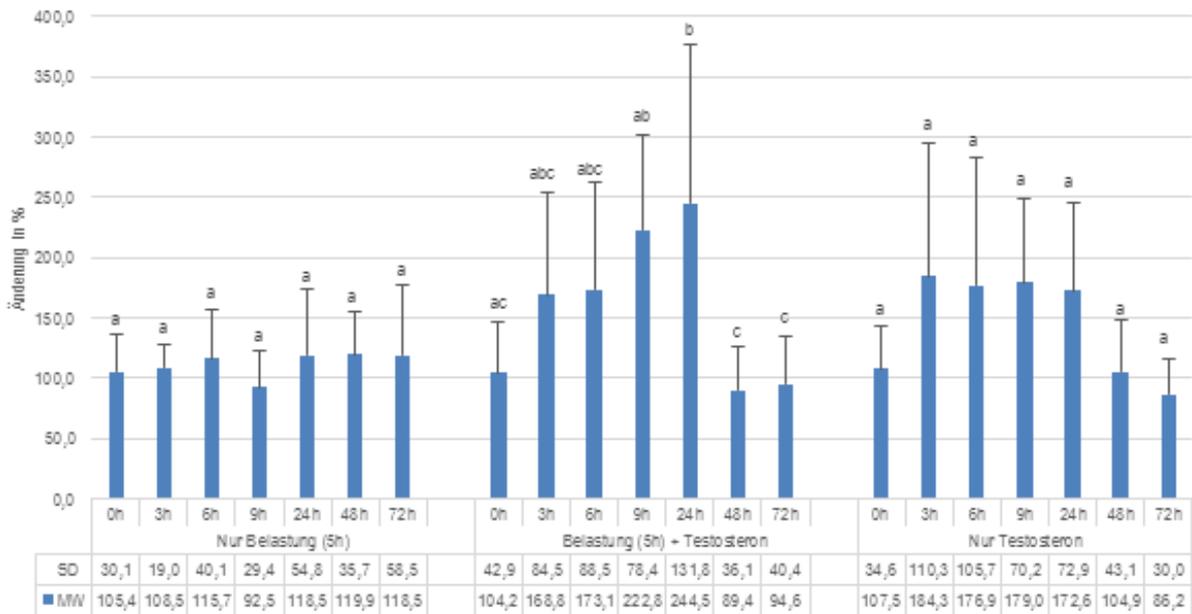


Abb. 7: Relative Konzentration des Testosterons im Speichel (GCMS-Bestimmung) im Verhältnis zur zeitlichen Kontrolle. (MW, Mittelwert; SD, Standardabweichung). Unterschiedliche Buchstaben indizieren statistische Signifikanz =  $p < 0,05$ .

### Testosteron im Urin: uTT-G

Wie auch schon für das Blut und den Speichel gezeigt wurde, konnte durch die reine Belastung (Abb. 8) keine signifikante Änderung der relativen urinären Testosteronkonzentration induziert werden, gleichwohl in der Nachbelastungsphase (6 h) die Testosteronwerte leicht anstiegen (128,5 ± 72,9 %). Hingegen stiegen die Testosteron-Konzentrationen in Kombination aus Testosteron-Applikation mit Belastung (Abb. 8) nach 6 h bzw. 9 h signifikant an (191,8 ± 78,7 % bzw. 215,4 ± 101,5 %). Nahezu identische Werte wurden auch ohne eine Kombination mit Belastung erreicht (6 h: 193,5 ± 96,6 %, 9 h: 199,7 ± 89,2 %).

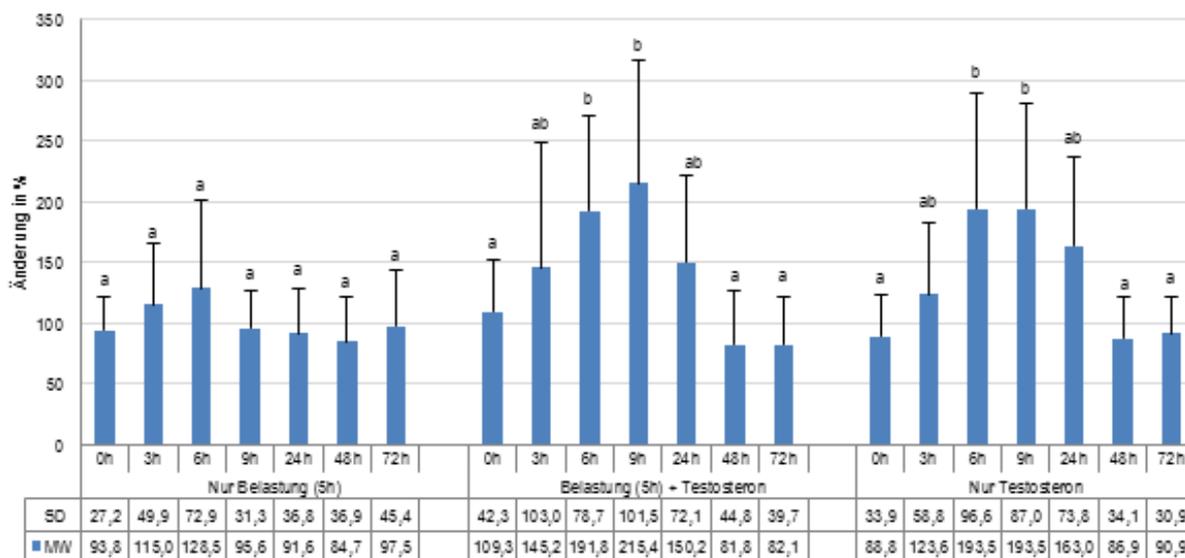


Abb. 8: Relative Konzentration des Testosterons im Urin (GCMS-Bestimmung) im Verhältnis zur zeitlichen Kontrolle. (MW, Mittelwert; SD, Standardabweichung). Unterschiedliche Buchstaben indizieren statistische Signifikanz =  $p < 0,05$ .

### Hormonkinetik

Stellt man die Testosteronkinetiken aus dem Blut, Speichel und Urin direkt gegenüber, so weisen alle drei Probenarten in Abhängigkeit der unterschiedlichen Quantifizierungsmethoden ein ähnliches zeitliches z. T. leicht zeitverschobenes Verhältnis auf (Abb. 9). Auffällig ist, dass das prozentuale Ausmaß des Konzentrationsanstieges zumindest in Kombination mit Belastung im Speichel ausgeprägter ist als im Blut und Urin.

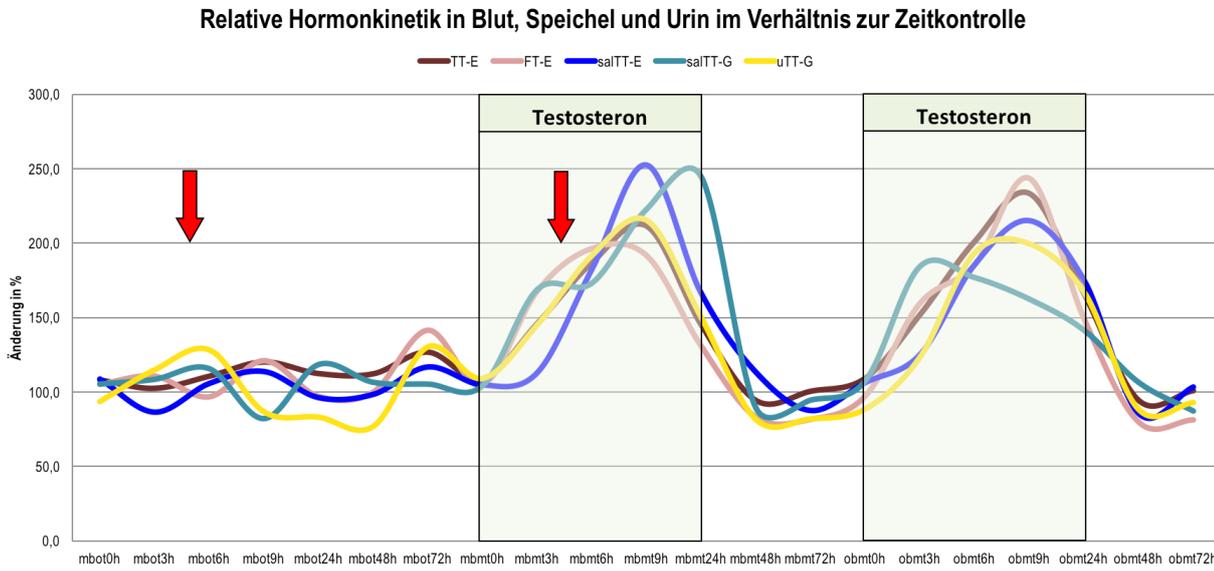


Abb. 9: Relative Konzentrationsschwankungen des Testosterons (geglättete Mittelwertkurve) im Blut, Speichel und Urin im Verhältnis zur zeitlichen Kontrolle. (MW, Mittelwert; ob/mb, ohne/mit Belastung, ot/mt, ohne/mit Testosteron; TT-E: Gesamttestosteron im Blut mittels ELISA; FT-E, freies Testosteron im Blut mittels ELISA; salTT-E/G, Speicheltestosteron mittel ELISA/GCMS; uTT-G, urinäres Testosteronkonzentration mittel GCMS). Roter Pfeil: Belastung, Testosteronapplikation = grüne Bereiche

## 5.5 Korrelationsanalyse der unterschiedlichen Messmethoden

In Bezug auf die methodische Vergleichbarkeit zwischen ELISA und GCMS-Analytik als auch die Vergleichbarkeit zwischen den unterschiedlichen Probenmaterialien wurden die entsprechenden Messungen miteinander korreliert. Da die meisten Daten nicht normalverteilt waren, wurde die Korrelationsanalyse mit der Methode nach Spearman berechnet. Mit Ausnahme der Korrelation zu SHBG-E korrelierten alle absoluten Testosteron-Konzentrationen hoch signifikant miteinander, unabhängig vom Proben- und Analysetyp (Tab. 4). Die höchsten Korrelationen konnten für die blutbasierten Proben gezeigt werden, TT-E vs. FT-E ( $r = 0,566$ ), gefolgt von TT-E vs. salTT-E ( $r = 0,539$ ). Die Korrelationen zu den Urin-Werten lagen auf einem niedrigeren Niveau ( $r < 0,442$ ), was für eine leicht zeitlich verschobene Kinetik sprechen würde (siehe auch Abb. 9). Die Korrelationen bestätigten sich auch durch den Vergleich der relativen Hormonverhältnisse zu den Zeitkontrollen (Tab. 5).

Tab. 4: Kreuz-Korrelationsanalyse der absoluten Hormonkonzentration (Spearman-Methode)

Absolutwerte		TT-E	FT-E	SHBG-E	TT-G	salTT-G
salTT-E	P	0.539*	0.538*	0.119	0.327*	0.385*
	p-Wert	0.000	0.000	0.064	0.000	0.000
	N	242	241	242	263	214
TT-E	P		0.566*	-0.044	0.583*	0.550*
	p-Wert		0.000	0.485	0.000	0.000
	N		248	249	249	194
FT-E	P			0.076	0.563*	0.285*
	p-Wert			0.233	0.000	0.000
	N			248	248	193
SHBG-E	$\rho$				0.110	0.115
	p-Wert				0.08	0.111
	N				249	194
uTT-G	$\rho$					0.412*
	p-Wert					0.000
	N					215
salTT-G	$\rho$					
	p-Wert					
	N					

TT-E: Gesamttestosteron im Blut mittels ELISA; FT-E, freies Testosteron im Blut mittels ELISA; salTT-E/G, Speicheltestosteron mittel ELISA/GCMS; SHBG, Steroid-Hormon bindendes Protein; uTT-G, urinäre Testosteronkonzentration mittel GCMS

Tab. 5: Kreuz-Korrelationsanalyse der relativen Hormonkonzentration in Verhältnis zur Zeitkontrolle (Spearman-Methode)

Relativwerte		TT-E	FT-E	SHBG-E	TT-G	salTT-G
salTT-E	P	0.605*	0.379*	0.086	0.389*	0.360*
	p-Wert	0.000	0.000	0.223	0.000	0.000
	N	202	201	202	218	178
TT-E	P		0.668*	0.038	0.575*	0.414*
	p-Wert		0.000	0.589	0.000	0.000
	N		208	209	209	162
FT-E	P			-0.040	0.538*	0.582*
	p-Wert			0.571	0.000	0.000
	N			208	208	161
SHBG-E	$\rho$			1.0	-0.149	0.032
	p-Wert				0.101	0.504
	N				209	162
uTT-G	$\rho$					0.437*
	p-Wert					0.000
	N					179
salTT-G	$\rho$					1.0
	p-Wert					
	N					

TT-E: Gesamttestosteron im Blut mittels ELISA; FT-E, freies Testosteron im Blut mittels ELISA; salTT-E/G, Speicheltestosteron mittel ELISA/GCMS; SHBG, Steroid-Hormon bindendes Protein; uTT-G, urinäre Testosteronkonzentration mittel GCMS

## 5.6 Testosteron/Epitestosteron-Quotient im Urin

In Bezug auf den T/E-Quotienten im Urin konnte festgestellt werden, dass die transdermale Testosteron-Applikation bei allen Probanden einen Anstieg im T/E-Quotienten verursacht (Abb. 10). Hierbei ist aber eine hohe Streubreite zwischen den Individuen erkennbar. Zudem ist auffällig, dass sechs von 11 Probanden trotz Testosteronapplikation zu keiner Zeit einen T/E-Quotienten über 4 aufwiesen. Die statistische Auswertung zeigte auf, dass nach 6 h und nach 9 h alle T/E-Quotienten in den Urinproben eine signifikante Erhöhung erfuhren, gleichwohl mehr als die Hälfte der Probanden T/E-Werte unterhalb von 4 aufwiesen. Wie auch schon für die Hormonkonzentrationen gezeigt wurde, kehrte auch der T/E-Quotient 24 h nach Entfernung des Pflasters zu Basalwerten zurück.

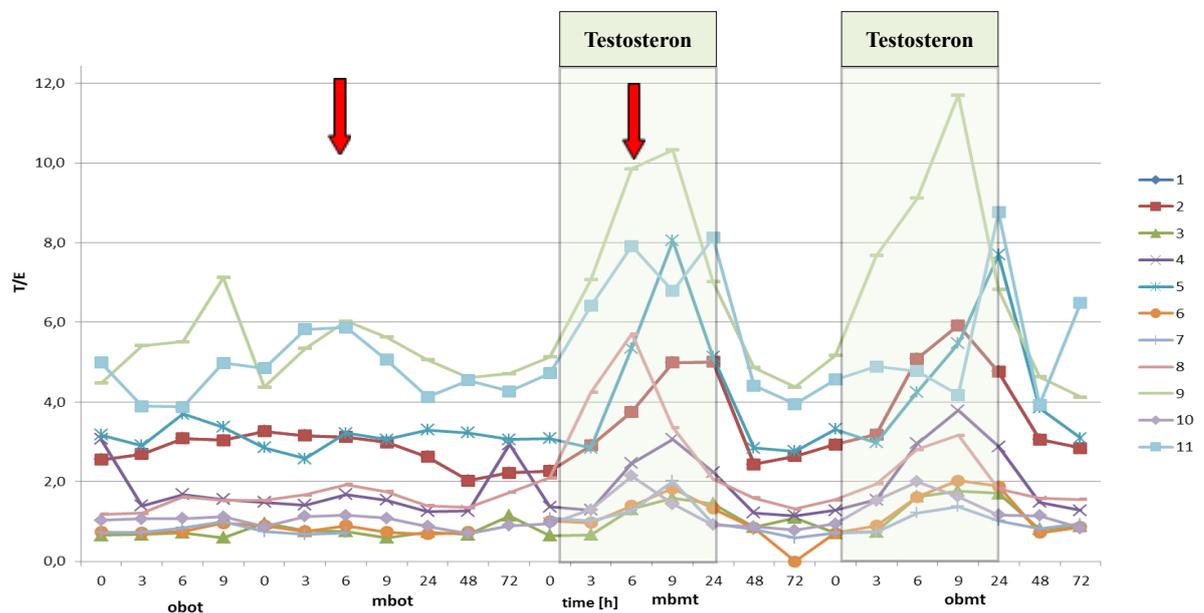


Abb. 10: T/E-Quotient zu allen Messzeiten (time): obot = ohne Belastung/ohne Testosteron; mbot = mit Belastung/ohne Testosteron; mbmt = mit Belastung/mit Testosteron; obmt = ohne Belastung/mit Testosteron. Roter Pfeil: Belastung, Testosteronapplikation = grüne Bereiche.

### 5.7 Stabilitätstest im Speichel

Nachdem der Hersteller für die Salivetten lediglich Hormon-Stabilitätstest für die Temperaturen von 4° C und -20° C liefern konnte, wurden zusätzliche Speichelproben von 12 Probanden gewonnen und in vier Aliquots aufgeteilt. Jeweils zu Beginn, nach 24 h, nach 72 h und nach sieben Tagen bei Raumtemperatur wurde je ein Aliquot bei -80° C eingefroren. Die anschließende Analyse ergab sieben vollständige Zeitreihen. Alle Konzentrationen wurden in prozentualer Relation zu den Ausgangswerten gesetzt. Nach 24 h Lagerung bei Raumtemperatur lag im Mittel die salTT-E-Konzentration bei 101,5 ± 36,1 %, nach 72 h bei 88,7 ± 18,9 % und nach 7 Tagen bei 77,2 ± 33,1 %. Somit kann man davon ausgehen, dass die die salTT über mehrere Stunden hinweg auch bei Raumtemperatur stabil ist und keine größeren Schwankungen durch Standzeiten der Proben zu erwarten sind.

## 6 Diskussion und Zusammenfassung

Das Ziel des Projektes war es, die diagnostische Relevanz speichelbasierter Testosteronkonzentrationen nach einer niedrig dosierten transdermalen Hormongabe aufzuzeigen. Hierfür konnten von 11 gut trainierten männlichen Probanden zeitlich korrespondierende Speichel-, Blut- (ein Dropout; N =10) und Urinproben im zirkadianen Verlauf mit und ohne den Einfluss einer körperlichen Ausbelastung erhoben werden. Zusammenfassend konnte nachgewiesen werden, dass auch niedrig dosierte transdermale Testosteron-Applikationen durch ein Hormon-Pflaster im Speichel nachzuweisen sind, gleichwohl die Werte im Vergleich zu den Gesamttestosteron-Konzentrationen im Blut und Urin deutlich niedriger sind. Betrachtet man die Hormonkonzentrationen in temporärer Folge, verlaufen die Konzentrationsanstiege nahezu identisch und gleichen sich nach dem Entfernen des Hormonpflasters innerhalb von 24 h wieder den Basalwerten an. Hierbei ist anzumerken, dass die prozentualen Veränderungen gegenüber den zeitgemachten Kontrollproben mit einem ca. 250%-igen

Anstieg im Speichel – gemessen per ELISA – am deutlichsten ausfallen. Beide Messmethoden ELISA und GCMS zeigen im direkten Vergleich der Absolutkonzentrationen hochsignifikante Korrelationen auf einem mittleren Niveau. Diese Korrelationen lassen sich auch bei den Relativwerten bezogen auf die tageszeitlichen Kontrollen reproduzieren. Die körperliche Belastung zeigt zwar einen leichten modulatorischen Effekt auf die Hormonkonzentrationen, ändert aber nichts daran, dass die Testosteronkonzentrationen zwischen 6-9 h nach Beginn der Hormon-Applikation signifikant ansteigen.

Des Weiteren konnte die Untersuchung belegen, dass im interindividuellen Vergleich große Streubreiten existieren, die auch schon in der Literatur beschrieben wurden (Piper, Emery & Saugy, 2011). Am deutlichsten fällt dies bei der Betrachtung des T/E-Quotienten auf. Hierbei lassen sich zwar ebenfalls signifikante Anstiege erkennen, wobei aber nur rund die Hälfte der Probanden T/E-Quotienten > 4 aufweisen. Dieser Umstand – gepaart mit einer hohen interindividuellen Varianz – erschwert es, konkrete Aussagen über einen Testosteron-Missbrauch zu treffen, wenn nur eine einmalige Probe von einer Person zu Verfügung steht und nur absolute Hormonkonzentrationen betrachtet werden. Aus diesem Grund ist es für die Praxis der Dopinganalytik erforderlich weitere Methoden wie IRMS einzusetzen (Thieme, Rautenberg, Grosse & Schoenfelder, 2013). Nachdem es in der aktuellen Literatur keine vergleichbaren Daten der IRMS-Analyse im Speichel gibt, sollen ausgesuchte Proben der vorliegenden Untersuchung noch daraufhin analysiert werden.

Somit konnte im Rahmen der Untersuchung gezeigt werden, dass die Speichelanalytik neben anderen molekularen Untersuchungen/Biomarkern (Leuenberger, Robinson & Saugy, 2013) als weitere Untersuchungsmethodik in der Dopinganalytik in Betracht gezogen werden sollte.

## 7 Literatur

- Broadbent, J.L. (2002). Salivary testosterone: is it an indicator of free testosterone concentration in plasma? *New Zealand journal of medical laboratory science*, 56 (3), 85-89.
- Gröschl, M. (2008). Current status of salivary hormone analysis. *Clinical chemistry*, 54 (11), 1759-1769.
- Große, J., Anielski, P., Sachs, H. & Thieme, D. (2009). Ethylglucuronide as a potential marker for alcohol-induced elevation of urinary testosterone/epitestosterone ratios. *Drug testing and analysis*, 1 (11-12), 526-530.
- Leuenberger, N., Robinson, N. & Saugy, M. (2013). Circulating miRNAs: a new generation of anti-doping biomarkers. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 405 (30), 9617-9623.
- Piper, T., Emery, C. & Saugy, M. (2011). Recent developments in the use of isotope ratio mass spectrometry in sports drug testing. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 401 (2), 433-447.
- Schönfelder, M., Hofmann, H., Anielski, P., Thieme, D., Oberhoffer, R. & Michna, H. (2011). Gene expression profiling in human whole blood samples after controlled testosterone application and exercise. *Drug testing and analysis*, 3 (10), 652-660.
- Thieme, D., Rautenberg, C., Grosse, J. & Schoenfelder, M. (2013). Significant increase of salivary testosterone levels after single therapeutic transdermal administration of testosterone: suitability as a potential screening parameter in doping control. *Drug testing and analysis*, 5 (11-12), 819-825.

# Leistungsdiagnostik Goalball

(AZ 070406/14)

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. Drei Spieler bzw. Spielerinnen 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 Spieler bzw. Spielerinnen über das Klingelgeräusch der Glöckchen, die sich in seinem Inneren befinden.

In der internationalen Goalballszene lässt sich eine zunehmende Professionalisierung beobachten. Fast alle Nationen setzen hierbei auf Verfahren der Spielbeobachtung, wobei Videoanalysen vom Wettkampfgeschehen zum Standard geworden sind. Ziel der vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) von 2012-13 bzw. 2014 geförderten Projekte war es, die Spielbeobachtung der deutschen Nationalmannschaften auf Basis der Erfahrungen im Beachvolleyball (vgl. Link & Ahmann, 2013) auf einen international führenden Stand zu bringen. Inhaltlich wurde das Projekt in die Bereiche der *Technologieentwicklung* und *Leistungsdiagnostik* unterteilt.

## 2 Technologieentwicklung

In dem ersten Projektteil 2012/13 wurden für Goalball spezialisierte Spielanalysetools entwickelt. *Goalscout* erlaubt eine effiziente, manuelle Datenerfassung unter Berücksichtigung des sportartspezifischen Spielrhythmus, während *Goalview* eine spezifische Datenanalyse ermöglicht (vgl. BISp-Projektendbericht IIA1-070405/12-13). Gegenstand des 2014er Projektes war es, beide Analysetools weiter zu entwickeln und durch ein Trackingtool zu ergänzen. Eine wichtige Erweiterung stellt die Integration eines sogenannten Sektor-Reports dar (vgl. Abb. 2). Bislang mussten Wurfprofile von Spielern/Spielerinnen und Mannschaften immer manuell aufbereitet werden. Die Visualisierung der Daten geschieht nun automatisch. Mit Hilfe von *Goaltrack* ist es erstmals möglich, den Spielball automatisiert aus den Videoaufnahmen des Wettkampfes zu identifizieren und die Trajektorie, Abwurf- und Zielsektoren, sowie die Geschwindigkeit des Balles abzuleiten.

*Goaltrack* nutzt zur Bestimmung der Balltrajektorie ein mehrstufiges Bilderkennungsverfahren. Zunächst wird die Position des Balls im Videobild mittel *Background Subtraction*, sowie *Color* und *Shape Matching* ermittelt. Nachfolgend erfolgt eine Lokalisation der Bodenkontaktzeitpunkte des Balls (lokales Minimum der Pixelkoordinaten) sowie die Projektion der Ballposition auf die Spielfeldebene zu diesen Zeitpunkten. Die Trajektorie des Balls auf der Spielfeldebene ergibt sich als Regressionsgerade durch diese Auftreffpunkte (vgl. Abb.1). Durch Schnitt der Balltrajektorie mit den Spielfeldlinien lassen sich die Abwurf und Zielsektoren sowie die Geschwindigkeit ableiten. Die Inter-Rater-Reliabilität nach Cohen ist zwischen automatischer und manueller Annotation der Sektoren hoch ( $k = .807$ ). Die Validierung der Geschwindigkeitsmessung erfolgt durch einem Vergleich mit der Software *Utilius Easy Inspect* der Firma CCC nach dem Bland-Altman-Verfahren. Die *Lines of Agreement* der beiden Messinstrumente liegen bei 1.3 m/s (Konfidenzintervall von 95 %, Bland & Altman, 1986).

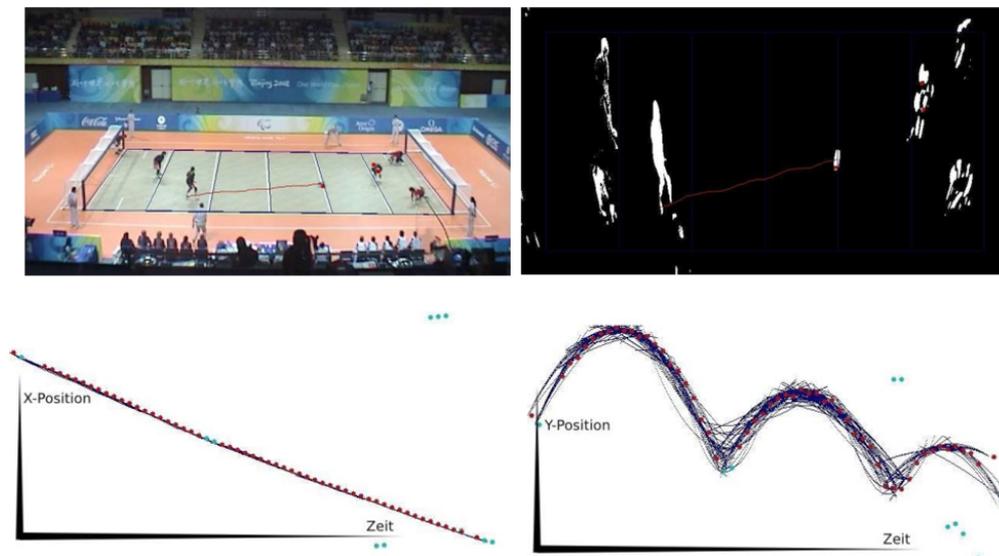


Abb. 1: Mehrstufiges Bilderkennungsverfahren mit Background Subtraction sowie Color und Shape Matching

### 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 die Entwicklung von Wettkampfstrategien im Vordergrund steht.

Im Bereich der *Praktischen Leistungsdiagnostik* wurden die Deutschen Nationalteams auf der Weltmeisterschaft 2014, im finnischen Espoo begleitet. Mit dem Ziel, Tendenzen im Wurfprofil ableiten zu können, wurden im Vorfeld gegnerspezifische Analysen durchgeführt. Mit Hilfe der bereits vorhandenen Spielanalysesoftware konnte erstmals das Konzept der „Qualitativen Spielbeobachtung“ nach Hansen und Lames (2001) erfolgreich im Goalball eingesetzt werden. Der erzielte technologische Vorsprung im Bereich der Spielanalyse stellt einen wichtigen Mosaikstein im Bereich der praktischen Leistungsdiagnostik dar. Die Penalty-Erfolgsquote der Herrenmannschaft (86 % im Turnierverlauf), war bei der Weltmeisterschaft deutlich über der durchschnittlichen Penalty-Erfolgsquote der übrigen Mannschaften (54 %).

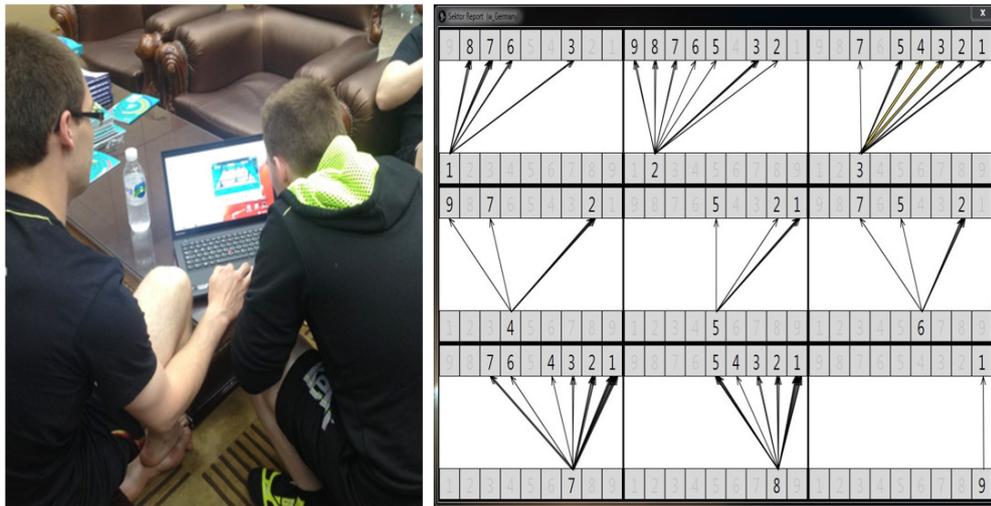


Abb. 2: Links: Goalball-Nationalspieler beim Studium der Penalty-Situation: Rechts: Die Analysesoftware GoalView wurde um einen sogenannten Sektor-Report erweitert. Während Wurfprofile von Spielern bislang händisch visualisiert werden mussten generiert der Sektor-Report nun automatisch und live die zuvor analysierten Wurfdaten.

In der Theoretischen Leistungsdiagnostik wurde bspw. der Zusammenhang zwischen Ballgeschwindigkeit und Torquote untersucht. Hierzu wurden die gemessenen Geschwindigkeitsdaten sowie die Torquote einzelnen Geschwindigkeitsbereichen zugeordnet. Sowohl im Herren Goalball ( $r = .65$ ) als auch im Damen Goalball ( $r = .90$ ; siehe Abb. 3) konnte ein Zusammenhang nachgewiesen werden, der bei den Damen deutlich stärker ausfällt, als bei den Herren. Die Vermutung der Sportpraxis, dass Würfe mit einer höheren Geschwindigkeit besonders zum Beginn einer Begegnung auftreten, konnte nicht bestätigt werden. Die zeitliche Gleichverteilung (gemäß KS-Test,  $D = .884$ ,  $p < .01$ ) der schnellen Würfe über den Spielverlauf lässt sich als Hinweis auf eine Ermüdungsunabhängigkeit der Ballgeschwindigkeit interpretieren. Aus Sicht der Praxis bestehen vor diesem Hintergrund womöglich gute Gründe, Schnellkraftfähigkeiten im Konditionstraining höher zu priorisieren als Ausdauerfähigkeiten.

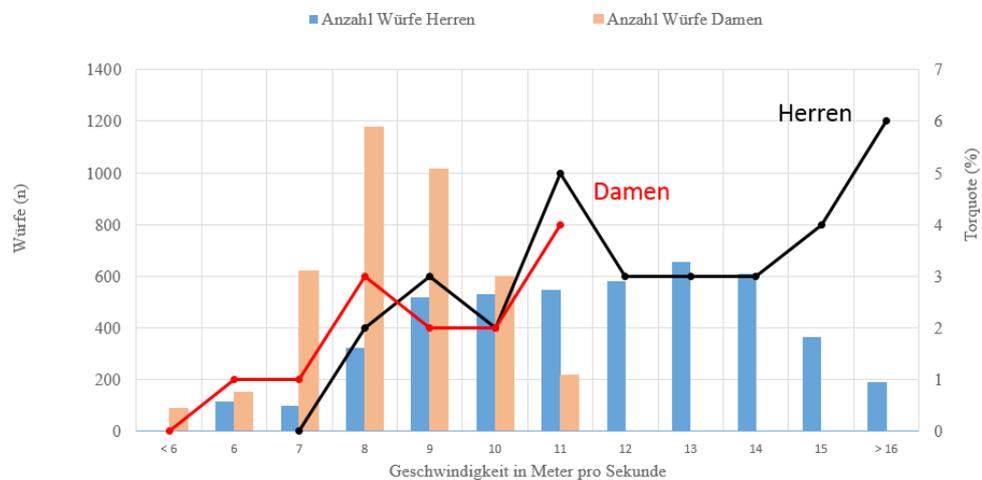


Abb. 3. Herren und Damen ( $N = 8.397$ ) Torquoten in Prozent sowie die Häufigkeitsverteilung der Würfe auf die einzelnen Geschwindigkeitskategorien. Deutlich erkennbar ist der Anstieg der Torquote nach Geschwindigkeitskategorie.

## 4 Fazit

Aus Sicht der Sportinformatik konnte durch die Abbildung von spezifischem Goalballwissen im Softwarepaket nicht nur eine effiziente Datenerfassung erreicht werden, sondern auch dem spezifischen Erkenntnisinteresse der Bundestrainer Rechnung getragen werden. Die automatisierte Erkennung von leistungsrelevanten Parametern entlastet die Dateneingabe zusätzlich und liefert ein Beispiel für eine teilautomatisierte Spielbeobachtung in semiprofessionellen Sportarten.

Aus Sicht der Sportpraxis wurden zwei Ziele erreicht: Erstens steht den Deutschen Nationalteams ein methodisch und technologisch erprobtes Verfahren zur Verfügung, das einen unmittelbaren Wettbewerbsvorteil sichert. Zahlreiche Anfragen anderer Nationen (z. B. Finnland, Japan, Spanien) 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.

## 5 Literatur

- Bland, J.M. & Altman, D.G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *The Lancet*, 327, 307-310.
- Hansen, G. & Lames, M. (2001). Die qualitative Spielbeobachtung. Eine Beobachtungsvariante zur Trainings- und Wettkampfsteuerung im Spitzensport. *Leistungssport*, 31 (1), 63–70.
- Link, D. & Ahmann, J. (2013). Spielanalyse im Beachvolleyball. *Leistungssport*, 43 (1), 58 - 63.
- 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. 161-162 Weingarten. Berlin: Logos Verlag.

# Auswirkungen eines plyometrischen Trainings auf die neuromuskuläre Funktion und den Knochenstoffwechsel

(AZ 070504/13-14)

Martin Behrens<sup>1</sup>, Anett Mau-Möller<sup>2</sup>, Dagmar-Christiane Fischer<sup>3</sup> & Sven Bruhn<sup>1</sup> (Projektleiter)

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

<sup>2</sup>Orthopädische Klinik und Poliklinik, Universitätsmedizin Rostock

<sup>3</sup>Universitäts-Kinder- und Jugendklinik, Universitätsmedizin Rostock

## 1 Problem

Der Begriff plyometrisches Training bezieht sich auf sportliche Übungen, die den Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus (DVZ) involvieren (Markovic & Mikulic, 2010b). Der DVZ ist durch eine exzentrische Muskelaktion, auf die eine konzentrische Muskelaktion folgt, gekennzeichnet und kommt bei alltäglichen und sportlichen Bewegungen, wie dem Gehen, Laufen und Springen, vor. Die dem DVZ zugrunde liegenden Mechanismen tragen zu einer Leistungssteigerung für die jeweilige Bewegungsaufgabe bei (Komi, 2000). Plyometrisches Training kommt bei gesunden Menschen zur Anwendung, es wird aber auch für spezielle Patientenpopulationen, z. B. Menschen mit Osteoporose, empfohlen (Markovic & Mikulic, 2010a). Es konnte gezeigt werden, dass plyometrisches Training muskuloskeletale (Kato et al., 2006; Kubo et al., 2007; Witzke & Snow, 2000; Wu et al., 2010) und neuromuskuläre Adaptationen (Grosset et al., 2009; Kyrolainen et al., 2005; Malisoux, Francaux, Nielens, Renard et al., 2006; Malisoux, Francaux, Nielens, & Theisen, 2006; Saez-Saez de Villarreal, Requena, & Newton, 2010) induzieren kann. Darüber hinaus konnten Studien nachweisen, dass diese Trainingsform zu einer Erhöhung der sportlichen Leistung beiträgt. Der positive Einfluss eines plyometrischen Trainings auf die isometrische maximale willkürliche Kontraktions (MVC)-Kraft konnte in mehreren Studien nachgewiesen werden (Cornu, Almeida Silveira, & Goubel, 1997; Kyrolainen et al., 2005; Spurrs, Murphy, & Watsford, 2003). Es existieren jedoch nur wenige Studien, die die zugrundeliegenden Mechanismen untersucht haben (Behrens, Mau-Moeller, & Bruhn, 2014; Kubo et al., 2007; Kyrolainen et al., 2005). Als Ursache für die Verbesserung der isometrischen MVC-Kraft wurden neuronale und muskuläre Anpassungen identifiziert (Behrens, Mau-Moeller, & Bruhn, 2014; Kubo et al., 2007; Kyrolainen et al., 2005; Malisoux, Francaux, Nielens, & Theisen, 2006). Die Untersuchung neuronaler Anpassungen infolge eines plyometrischen Trainings erfolgte in der Vergangenheit u. a. mit der Interpolated Twitch Technik (ITT). Diese Technik beinhaltet die Applikation supramaximaler elektrischer Stimuli an einem peripheren Nerv während einer isometrischen MVC. Demzufolge werden alle durch den Nerv versorgten Muskelfasern rekrutiert, auch diejenigen, die der Mensch nicht willkürlich aktivieren kann. Bei submaximaler willkürlicher Aktivierung während einer isometrischen MVC provozieren die supramaximalen elektrischen Stimuli einen zusätzlichen Kraftoutput, der quantifiziert werden kann und das Aktivierungsdefizit abbildet. Die Analyse neuronaler Anpassungen an ein plyometrisches Training mittels der ITT erfolgte in der Vergangenheit ausschließlich während isometrischer MVCs, obwohl das Training dynamisch erfolgt und durch einen Wechsel von exzentrischen und konzentrischen Muskelaktionen gekennzeichnet ist.

Deshalb haben wir die Effekte eines sechswöchigen plyometrischen Trainings auf die neuromuskuläre Funktion des M. quadriceps femoris während isometrischer, konzentrischer und exzentrischer MVCs untersucht. Die Muskelaktivierung wurde mittels der ITT und des normalisierten EMGs erhoben. Die Analyse der kontraktiven Eigenschaften des M. quadriceps femoris wurde zur Feststellung

potentieller trainingsbedingter Veränderungen auf Muskelebene herangezogen. Zusätzlich wurde die Sprunghöhe beim Countermovement Jump (CMJ) gemessen.

Wir haben eine trainingsinduzierte Erhöhung der willkürlichen Aktivierung und des maximalen willkürlichen Drehmomentes (MVT) während isometrischer, konzentrischer und exzentrischer MVCs erwartet. Aufgrund der relativ kurzen Trainingsdauer haben wir Modulationen auf Muskelebene ausgeschlossen. Zudem sind wir von einer Verbesserung der Sprunghöhe beim CMJ ausgegangen.

Auf die Darstellung der Parameter des Knochenstoffwechsels wird in diesem Bericht verzichtet.

## 2 Methoden

### 2.1 Studiendesign

Die neuromuskuläre Funktion des M. quadriceps femoris des rechten Beines sowie die Sprunghöhe beim CMJ wurden vor und nach einem sechswöchigen plyometrischen Training erhoben. Während der neuromuskulären Untersuchungen saßen die Testpersonen in einer standardisierten Position auf einem CYBEX NORM Dynamometer (Computer Sports Medicine®, Inc., Stoughton, MA). Die Tests beinhalteten supramaximale elektrische Stimulationen des N. femoralis unter Ruhebedingungen und während isometrischer, konzentrischer sowie exzentrischer MVCs (Abbildung 1). Die Kontraktionsformen wurden randomisiert durchgeführt. Zusätzlich wurde an einem separaten Tag die Sprunghöhe beim CMJ erhoben.

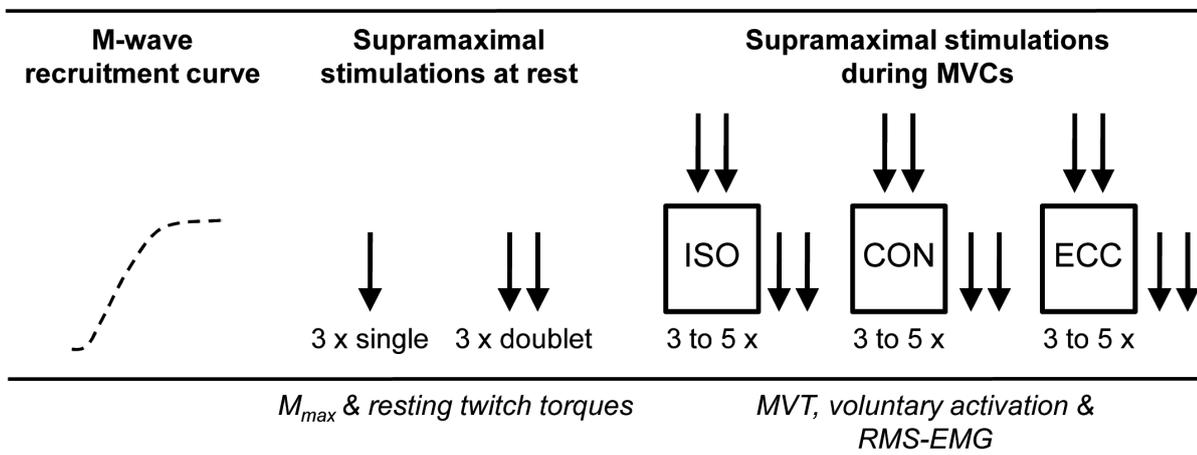


Abb. 1: Schematische Darstellung der durchgeführten neuromuskulären Tests und der extrahierten Parameter. Die Pfeile stehen für die supramaximale elektrische Stimulation des N. femoralis.  $M_{max}$ : maximale M-Welle, MVT: maximales willkürliches Drehmoment, RMS-EMG: root mean square des EMG Signals, ISO: isometrisch, CON: konzentrisch, ECC: exzentrisch.

Die Untersuchung wurde mit zwei moderat sportlich aktiven Probandengruppen durchgeführt ( $\leq 3$  Sporteinheiten pro Woche), die sich aus Studierenden beiderlei Geschlechts zusammensetzten. Die Testpersonen durften keine neurologischen und/oder orthopädischen Befunde sowie Vorerkrankungen aufweisen. Die Teilnehmenden wurden instruiert, 24 h vor den Experimenten keinen Alkohol und kein Koffein zu sich zu nehmen. Darüber hinaus sollten sie innerhalb der vorausgehenden 48 h auf sportliche Aktivität verzichten.

- Interventionsgruppe (INT; N = 14 (10 Männer, 4 Frauen; Alter:  $24,4 \pm 2,4$  Jahre; Größe:  $180,5 \pm 9,5$  cm; Gewicht:  $77,7 \pm 16,4$  kg)
- Kontrollgruppe (CON; N = 13 (10 Männer, 3 Frauen; Alter:  $25,3 \pm 4,6$  Jahre; Größe:  $182,0 \pm 6,6$  cm; Gewicht:  $76,5 \pm 8,0$  kg)

## 2.2 Ablauf des Experiments

Die Drehmomentsignale wurden mit einem CYBEX NORM Dynamometer (Computer Sports Medicine®, Inc., Stoughton, MA) gemessen. Die Messungen erfolgten mit einem standardisierten Hüftgelenkwinkel von  $80^\circ$ . Die Gelenkachse wurde in eine Ebene mit der Drehmomentachse gebracht und der Unterschenkel am Hebelarm fixiert. Außerdem wurde die Testperson an Hüfte und Brust fixiert. Die Probandinnen und Probanden wurden instruiert, innerhalb der verschiedenen Kontraktionsbedingungen (isometrisch, konzentrisch und exzentrisch) MVCs durchzuführen. Dabei wurden sie verbal motiviert und erhielten unmittelbare Rückmeldung über das produzierte Drehmoment mittels eines digitalen Oszilloskops (HM1508, HAMEG Instruments, Mainhausen, Germany). Die Pausenzeit zwischen den Versuchen lag bei 1 min. Vor den Messversuchen wurden Probeversuche durchgeführt. Innerhalb der MVC Messungen führte jede Testperson drei bis fünf MVCs für jede Kontraktionsbedingung durch. Dabei sollten die Drehmomente der besten drei Versuche unter einem Variationskoeffizienten von 5 % liegen (Mau-Moeller et al., 2013).

Für die Messung der Muskelaktivität kamen Oberflächenelektroden zum Einsatz. Die Elektroden wurden nach adäquater Präparation auf die Mm. vastus medialis, rectus femoris und vastus lateralis des rechten Beines aufgebracht.

Der N. femoralis wurde mittels einer Stabelektrode lokalisiert. Der optimale Stimulationspunkt wurde anhand der Höhe der M-Welle bei konstanter Stromstärke ausgemacht und markiert. Die Markierung diente der Fixierung einer Oberflächenelektrode, die die Stimulation während des Experiments gewährleistete. Die Elektrode (45 x 45 mm, Spes Medica, Italien), die als Anode diente, wurde über dem Trochanter major fixiert. Für die elektrische Stimulation wurden rechteckförmige Einzel- und Doppelstimuli (Doublet, Interstimulusintervall: 10 ms) von 1 ms Dauer (400 V) verwendet, die von einem Konstantstromstimulator (Digitimer® DS7A, Hertfordshire, UK) generiert wurden. Die Gewährleistung von randomisierten Interstimulusintervallen wurde durch ein Computerprogramm (Stimuli, Pfitec, Endingen, Germany) gesichert. Die Stimulationsprozedur beinhaltete die Applikation unterschiedlicher Intensitäten, woraus eine Rekrutierungskurve resultierte. Innerhalb dieser Rekrutierungskurve wurde die maximale M-Welle ( $M_{max}$ ) ausgemacht. Die Auslösung von  $M_{max}$  erfolgte mit supramaximaler Intensität (+40% zur Auslösung von  $M_{max}$ ) (Behrens, Mau-Moeller, & Bruhn, 2014; Behrens, Mau-Moeller, Heise et al., 2014). Dadurch wurde sichergestellt, dass alle Muskelfasern rekrutiert werden.  $M_{max}$  wurde drei Mal ausgelöst und aufgezeichnet. Die kontraktiven Eigenschaften des M. quadriceps femoris wurden anhand des generierten Drehmoments, induziert durch eine supramaximale Stimulation in Ruhe mit Einzel- und Doppelstimuli, abgeschätzt.

Die willkürliche Aktivierung während isometrischer, konzentrischer und exzentrischer Kontraktionen wurde mithilfe der ITT analysiert (Allen, Gandevia, & McKenzie, 1995). Die Stimuli wurden für alle Kontraktionsformen bei einem Kniewinkel von  $70^\circ$  (0 = volle Streckung) getriggert. In der isometrischen Kontraktionsbedingung wurden die elektrischen Stimuli (Doublet) 2 s nach dem Beginn der Kontraktion im Plateau der Drehmoment-Zeit-Kurve appliziert. Ein weiteres Doublet wurde 2 s nach der Kontraktion am ruhenden Muskel eingeleitet. Die konzentrischen und exzentrischen Kontraktionen erfolgten mit einer Geschwindigkeit von  $25^\circ/s$  (Klass, Baudry, & Duchateau, 2005; Wilder & Cannon, 2009). Während der dynamischen Kontraktionen wurden die elektrischen Stimuli automatisch

bei einem Kniewinkel von  $70^\circ$  appliziert. Nach den einzelnen Kontraktionen sollten die Testpersonen ihren M. quadriceps femoris relaxieren. Der Hebelarm des Dynamometers bewegte sich anschließend passiv durch das gleiche Bewegungsausmaß wie bei der jeweiligen dynamischen MVC und es wurde ebenfalls ein Doublet bei  $70^\circ$  Kniebeugung appliziert. Die Zeit zwischen den aktiven und passiven Versuchen betrug 6 s. Die elektrischen Stimulationen wurden mit einer LABVIEW® basierten Software (Stimuli, Pfitec, Emdingen, Germany) getriggert.

Die Sprunghöhe wurde mithilfe eines Lichtschrankensystems (OptoGait, Microgate, Bolzano-Bozen, Italy) gemessen. Vor der Messung erwärmten sich die Testpersonen auf einem Fahrradergometer (5 min bei 60 W) und führten submaximale Probesprünge durch. Anschließend wurden die maximalen Sprungversuche mit den Händen an der Hüfte durchgeführt. Es wurde darauf geachtet, dass die Testpersonen Knie- und Hüftgelenke nicht vor der Landung beugten, um so die Sprunghöhe künstlich zu erhöhen. Zwischen den maximalen Sprüngen lag 1 min Pause. Die drei besten Sprünge gingen in die weitere Analyse ein.

### 2.3 Trainingsintervention

Die Testpersonen der Trainingsgruppe trainierten drei Mal pro Woche über einen Zeitraum von sechs Wochen. Die Teilnehmenden führten vor jedem Training eine individuelle Erwärmung durch. Die Trainingsintervention bestand aus verschiedenen CMJ-Varianten, d. h. vertikale und horizontale CMJs, CMJ über verschiedenen Hindernisse, Jump and Reach Sprünge etc. Zwischen den Einzelwiederholungen sollte eine Pause von 10 s eingehalten werden, damit die Probandinnen und Probanden sich auf jeden einzelnen Sprung vorbereiten und konzentrieren konnten. Sie hatten die Aufgabe, jeden Sprung mit maximaler Intensität durchzuführen. Die Belastungsgestaltung im Verlauf des Trainings ist in Tab. 1 aufgelistet. Während des Trainings wurde bei einem der vier bzw. fünf Sätze Rückmeldung über die erreichten Sprunghöhen gegeben. Dafür kamen eine Lichtschranke (OptoGait, Microgate, Bolzano-Bozen, Italy) sowie eine Kraftmessplatte (9290AD, Kistler, Winterthur, Switzerland) zum Einsatz. Die Kontrollgruppe wurde instruiert ihr physisches Aktivitätsniveau beizubehalten.

Tab. 1: Auflistung der Trainingsinhalte

Woche	Wiederholung pro Satz	Sätze	Satzpause
1	10	4	3 min
2	12	4	3 min
3	12	4	3 min
4	12	4	3 min
5	15	5	3 min
6	15	5	3 min

### 2.4 Datenanalyse

Alle Drehmomente wurden einer Gravitationskorrektur unterzogen. Die kontraktiven Eigenschaften wurden anhand der Kraftspitzen der Drehmoment-Zeit-Kurven, induziert durch die Applikation der Einzel- und Doppelstimuli in Ruhe, evaluiert (peak twitch torque Single und Doublet). Die  $M_{\max}$ -Amplituden wurden peak-to-peak gemessen und gemittelt. Die jeweils drei besten Versuche der isometrischen, konzentrischen und exzentrischen MVCs wurden für die weitere Auswertung herangezogen. Bei den isometrischen MVCs wurde das Maximum der Drehmoment-Zeit-Kurve berechnet. Für die dynamischen MVCs wurde das Drehmoment unmittelbar vor der elektrischen Stimulation zur Analyse herangezogen.

Die Muskelaktivierung während der MVCs wurde durch die Berechnung des root mean squares des EMG-Signals (RMS-EMG) bestimmt. Dafür wurde ein Zeitintervall von 200 ms um das isometrische MVT ( $\pm 100$  ms) und von 200 ms vor der elektrischen Stimulation für die dynamischen MVTs betrachtet. Der RMS-EMG der unterschiedlichen Muskeln wurde anschließend zu  $M_{\max}$  des M. vastus medialis, M. rectus femoris und M. vastus lateralis normalisiert (RMS-EMG/ $M_{\max}$ ). Zudem wurde durch die Bildung des Mittelwerts der Muskelaktivierung der Einzelmuskeln die M. quadriceps femoris Muskelaktivität berechnet ( $Q \text{ RMS-EMGMVT}/M_{\max}$ ).

Die Kalkulation der willkürlichen Aktivierung für die isometrische Bedingung erfolgte mit der Formel  $\%VA = (1 - \text{superimposed twitch} \cdot (Tb/MVT) \cdot \text{control twitch} - 1) \cdot 100$  (Behrens, Mau-Moeller, & Bruhn, 2012; Martin, Millet, Lattier, & Perrod, 2004; Strojnik & Komi, 1998). Tb repräsentiert das Drehmomentniveau unmittelbar vor den elektrischen Stimuli, die während einer isometrischen MVC appliziert wurden. Für die konzentrische und exzentrische Bedingung wurde die willkürliche Aktivierung mittels der Standardformel berechnet (Allen et al., 1995).

Die erhobenen Parameter wurden mittels des Shapiro-Wilk-Tests auf Normalverteilung geprüft. Anschließend erfolgte der Test auf Varianzhomogenität (Levene-Test). Die Daten wurden in eine Kovarianzanalyse mit baseline-Adjustierung gegeben (Vickers & Altman, 2001). Das Geschlecht ging als weitere Kovariate in die Analyse ein. Das Signifikanzniveau wurde auf  $P \leq 0,05$  festgelegt. Für die statistische Analyse der Daten wurde SPSS 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) verwendet. Die Ergebnisse nach dem Training sind als adjustierte Mittelwerte  $\pm$  adjustierte Standardabweichungen dargestellt. Zudem werden die Unterschiede zwischen den Gruppen (95 % Konfidenzintervall) angegeben.

### 3 Ergebnisse

An der Studie nahmen 27 Personen teil, von denen zwei aufgrund von Krankheit ausscheiden mussten. Die Trainingsteilnahmequote lag bei 91,1 %.

Nach dem Training konnten signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. Demnach wies die Interventionsgruppe einen höheren Wert für das isometrische MVT von 20,4 N·m (5,1 bis 35,8 N·m,  $P = 0,012$ ,  $\eta^2 = 0,267$ ,  $f = 0,604$ ), für das konzentrische MVT von 24,2 N·m (8,8 bis 39,5 N·m,  $P = 0,004$ ,  $\eta^2 = 0,338$ ,  $f = 0,715$ ) und das exzentrische MVT von 27,4 N·m (6,7 bis 48,2 N·m,  $P = 0,013$ ,  $\eta^2 = 0,299$ ,  $f = 0,653$ ) auf (Abb. 2 A).

Die Erhöhung des MVTs in den einzelnen Kontraktionsformen ging mit einer Verbesserung der willkürlichen Aktivierung um 7,8 % (1,8 bis 13,9 %,  $P = 0,013$ ,  $\eta^2 = 0,257$ ,  $f = 0,588$ ) für die isometrische Bedingung, von 7,0 % (0,4 bis 13,5 %,  $P = 0,039$ ,  $\eta^2 = 0,188$ ,  $f = 0,481$ ) für die konzentrische Bedingung und von 8,6 % (3,0 bis 14,2 %,  $P = 0,005$ ,  $\eta^2 = 0,366$ ,  $f = 0,759$ ) für die exzentrische Bedingung einher (Abb. 2 B). Die normalisierte Muskelaktivität für den M. quadriceps femoris ( $Q \text{ RMS-EMGMVT}/M_{\max}$ ) tendierte zu einem signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen für die isometrische und exzentrische Bedingung [0,012 (-0,002 bis 0,026,  $P = 0,094$ ,  $\eta^2 = 0,128$ ,  $f = 0,383$ ) und 0,011 (-0,002 bis 0,024,  $P = 0,090$ ,  $\eta^2 = 0,152$ ,  $f = 0,423$ )]. Für die konzentrische Kontraktionsform konnte kein Gruppenunterschied für die Muskelaktivität des M. quadriceps femoris festgestellt werden [0,016 (-0,008 bis 0,040,  $P = 0,171$ ,  $\eta^2 = 0,088$ ,  $f = 0,310$ )] (Abb. 2 C).

Die kontraktiven Eigenschaften änderten sich im Verlaufe des Trainings nicht. Die Sprunghöhe war nach dem Training 1,8 cm (0,14 bis 3,53 cm,  $P = 0,035$ ,  $\eta^2 = 0,195$ ,  $f = 0,492$ ) höher für die Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe.

## 4 Diskussion

Innerhalb des geförderten Projektes wurde die neuromuskuläre Funktion des M. quadriceps femoris vor und nach einem sechswöchigen plyometrischen Training untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass ein sechswöchiges plyometrisches Training dazu geeignet ist, die willkürliche Aktivierung und das MVT während isometrischer, konzentrischer und exzentrischer Kontraktionen zu erhöhen ( $f > 0,40$  für jede Kontraktionsform). Die kontraktile Funktion des M. quadriceps femoris, die mittels peripherer elektrischer Nervenstimulation des N. femoralis unter muskulären Ruhebedingungen bestimmt wurde, änderte sich infolge des Trainings nicht. Die Trainingsintervention führte zur Verbesserung der Sprunghöhe beim CMJ.

Laut unseres Wissens ist die vorliegende Studie die erste, die den Einfluss eines plyometrischen Trainings auf das MVT und die willkürliche Aktivierung bei isometrischen, konzentrischen und exzentrischen MVCs untersuchte.

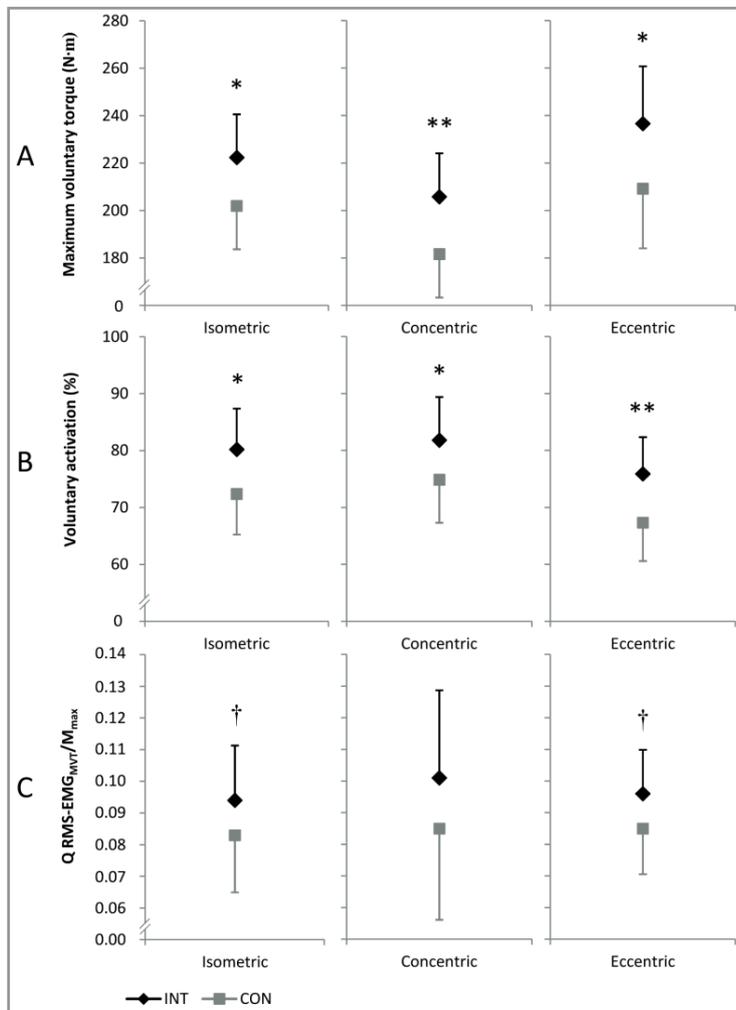


Abb. 2. Effekte des Trainings (INT) auf das maximale willkürliche Drehmoment (A), die willkürliche Aktivierung (B) und die normalisierte Muskelaktivität des M. quadriceps femoris ( $Q \text{ RMS-EMG}_{\text{MVT}}/M_{\text{max}}$ , C) während isometrischer, konzentrischer und exzentrischer MVCs. \* zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen an (\*  $P \leq 0,05$ ; \*\*  $P \leq 0,01$ ) und † zeigt eine Tendenz in Richtung eines signifikanten Unterschieds zwischen den Gruppen an ( $P \leq 0,10$ ). CON: Kontrollgruppe

Das isometrische MVT war infolge der Intervention signifikant erhöht (Gruppendifferenz: 10,1 %). Dieses Resultat ist in Übereinstimmung mit den Ergebnissen publizierter Studien, die ebenfalls eine Erhöhung der isometrischen MVC-Kraft nach einem Sprungtraining festgestellt haben (Behrens, Mau-Moeller, & Bruhn, 2014; Häkkinen et al., 1990; Kubo et al., 2007; Kyrolainen et al., 2005; Spurrs et al., 2003). In der vorliegenden Studie war das konzentrische und exzentrische MVT infolge der Trainingsintervention ebenfalls erhöht (Gruppendifferenz: konzentrisch 13,3 % und exzentrisch 13,1 %). Demnach scheint das plyometrische Training das MVT unabhängig von der Kontraktionsform zu erhöhen. Unsere Daten weisen darauf hin, dass eine verbesserte willkürliche Aktivierung für die Erhöhung des mechanischen Outputs nach dem Training verantwortlich war. Die normalisierte Muskelaktivität zeigte eine Tendenz in Richtung eines signifikanten Unterschieds an und stützt damit die Daten für die willkürliche Aktivierung. Die kontraktiven Eigenschaften des M. quadriceps femoris veränderten sich durch das Training nicht. Demnach scheint die sechswöchige Trainingsintervention primär neuronale Anpassungen provoziert zu haben. Kyrolainen et al. (2005) und Behrens et al. (2014) kamen zu ähnlichen Ergebnissen. Die Autoren konnten zeigen, dass ein 15-wöchiges und achtwöchiges Sprungtraining die isometrische MVC-Kraft der Plantarflexoren (Kyrolainen et al., 2005) und Knieextensoren (Behrens, Mau-Moeller, & Bruhn, 2014) erhöht hat. Diese Veränderungen gingen mit einer verbesserten Muskelaktivierung einher, während keine Veränderungen auf Muskelebene detektiert werden konnten. Es existieren jedoch auch Studien, die neuronale und/oder muskuläre Anpassungen infolge eines plyometrischen Trainings nachweisen konnten (Kubo et al., 2007; Malisoux, Francaux, Niens, & Theisen, 2006). Die partiell inkonsistenten Ergebnisse können zum einen durch die Durchführung unterschiedlicher Trainingsübungen und zum anderen durch die differente Dauer der Trainingsmaßnahmen bedingt sein. Die zitierten Studien untersuchten trainingsbedingte Anpassungen jedoch immer nur unter statischen Bedingungen, d. h. während isometrischer MVCs. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass ein Sprungtraining ebenfalls dazu geeignet ist, die willkürliche Aktivierung und damit das MVT während konzentrischer und exzentrischer Kontraktionen zu erhöhen. Das hauptsächlich neuronale Anpassungen zur Erhöhung der Kraft in den ersten Wochen des Trainings beitragen, konnte mehrfach nachgewiesen werden (Duchateau, Semmler, & Enoka, 2006; Häkkinen et al., 1990; Moritani & deVries, 1979). Aufgrund der Dauer der Trainingsmaßnahme gehen wir von primär neuronalen Anpassungen aus, die für die MVT Erhöhung während isometrischer, konzentrischer und exzentrischer MVCs verantwortlich waren. Interessanterweise konnten ähnliche Verbesserungen infolge des Trainings für die drei Kontraktionsformen nachgewiesen werden. Generell führt ein konzentrisches Training hauptsächlich zur Erhöhung der konzentrischen Kraft, während ein exzentrisches Training primär die exzentrische Kraft erhöht (Higbie, Cureton, Warren, & Prior, 1996; Hortobagyi et al., 1996). In der vorliegenden Studie wurden während des Trainings CMJs durchgeführt, die durch eine exzentrische Muskelaktion gefolgt von einer Konzentrischen charakterisiert sind (DVZ). Interessanterweise führte diese Art von Training zu ähnlichen Anpassungen im Hinblick auf die willkürliche Aktivierung und das MVT während isometrischer, konzentrischer und exzentrischer MVCs. Das Training führte außerdem zur Verbesserung der Sprungperformance beim CMJ. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Resultaten publizierter Studien (Behrens, Mau-Moeller, & Bruhn, 2014; de Villarreal, Kellis, Kraemer, & Izquierdo, 2009; Markovic, 2007).

Zusammenfassend kann konstatiert werden, dass ein plyometrisches Training dazu geeignet ist die willkürliche Aktivierung und das MVT während isometrischer, konzentrischer und exzentrischer Kontraktionen zu erhöhen. Die dafür verantwortlichen Mechanismen beinhalten u. a. eine trainingsbedingte Erhöhung der  $\alpha$ -Motoneuronen Rekrutierung und/oder Feuerfrequenz während isometrischer, konzentrischer und exzentrischer MVCs.

## 5 Literatur

- Allen, G. M., Gandevia, S. C., & McKenzie, D. K. (1995). Reliability of measurements of muscle strength and voluntary activation using twitch interpolation. *Muscle & nerve*, 18 (6), 593-600.
- Behrens, M., Mau-Moeller, A., & Bruhn, S. (2012). Effect of Exercise-induced Muscle Damage on Neuromuscular Function of the Quadriceps Muscle. *International journal of sports medicine*, 33 (8), 600-606.
- Behrens, M., Mau-Moeller, A., & Bruhn, S. (2014). Effect of plyometric training on neural and mechanical properties of the knee extensor muscles. *International journal of sports medicine*, 35 (2), 101-109.
- Behrens, M., Mau-Moeller, A., Heise, S., Skriptitz, R., Bader, R., & Bruhn, S. (2014). Alteration in neuromuscular function of the plantar flexors following caffeine ingestion. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, DOI: 10.1111/sms.12243.
- Cornu, C., Almeida Silveira, M. I., & Goubel, F. (1997). Influence of plyometric training on the mechanical impedance of the human ankle joint. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 76 (3), 282-288.
- de Villarreal, E. S., Kellis, E., Kraemer, W. J., & Izquierdo, M. (2009). Determining variables of plyometric training for improving vertical jump height performance: a meta-analysis. *Journal of strength and conditioning research*, 23 (2), 495-506.
- Duchateau, J., Semmler, J. G., & Enoka, R. M. (2006). Training adaptations in the behavior of human motor units. *Journal of applied physiology*, 101 (6), 1766-1775.
- Grosset, J. F., Piscione, J., Lambertz, D., & Perot, C. (2009). Paired changes in electromechanical delay and musculo-tendinous stiffness after endurance or plyometric training. *European journal of applied physiology*, 105 (1), 131-139.
- Häkkinen, K., Pakarinen, A., Kyrolainen, H., Cheng, S., Kim, D. H., & Komi, P. V. (1990). Neuromuscular adaptations and serum hormones in females during prolonged power training. *International journal of sports medicine*, 11 (2), 91-98.
- Higbie, E. J., Cureton, K. J., Warren, G. L., 3rd, & Prior, B. M. (1996). Effects of concentric and eccentric training on muscle strength, cross-sectional area, and neural activation. *Journal of applied physiology (1985)*, 81 (5), 2173-2181.
- Hortobagyi, T., Hill, J. P., Houmard, J. A., Fraser, D. D., Lambert, N. J., & Israel, R. G. (1996). Adaptive responses to muscle lengthening and shortening in humans. *Journal of applied physiology (1985)*, 80 (3), 765-772.
- Kato, T., Terashima, T., Yamashita, T., Hatanaka, Y., Honda, A., & Umemura, Y. (2006). Effect of low-repetition jump training on bone mineral density in young women. *Journal of applied physiology*, 100 (3), 839-843.
- Klass, M., Baudry, S., & Duchateau, J. (2005). Aging does not affect voluntary activation of the ankle dorsiflexors during isometric, concentric, and eccentric contractions. *Journal of applied physiology*, 99 (1), 31-38.
- Komi, P. V. (2000). Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of biomechanics*, 33 (10), 1197-1206.

- Kubo, K., Morimoto, M., Komuro, T., Yata, H., Tsunoda, N., Kanehisa, H., et al. (2007). Effects of plyometric and weight training on muscle-tendon complex and jump performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 39 (10), 1801-1810.
- Kyrolainen, H., Avela, J., McBride, J. M., Koskinen, S., Andersen, J. L., Sipila, S., et al. (2005). Effects of power training on muscle structure and neuromuscular performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 15 (1), 58-64.
- Malisoux, L., Francaux, M., Nielens, H., Renard, P., Lebacqz, J., & Theisen, D. (2006). Calcium sensitivity of human single muscle fibers following plyometric training. *Medicine and science in sports and exercise*, 38 (11), 1901-1908.
- Malisoux, L., Francaux, M., Nielens, H., & Theisen, D. (2006). Stretch-shortening cycle exercises: an effective training paradigm to enhance power output of human single muscle fibers. *Journal of applied physiology*, 100 (3), 771-779.
- Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British journal of sports medicine*, 41 (6), 349-355.
- Markovic, G., & Mikulic, P. (2010a). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports medicine*, 40 (10), 859-895.
- Markovic, G., & Mikulic, P. (2010b). Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports medicine*, 40 (10), 859-895.
- Martin, V., Millet, G. Y., Lattier, G., & Perrod, L. (2004). Effects of recovery modes after knee extensor muscles eccentric contractions. *Medicine and science in sports and exercise*, 36 (11), 1907-1915.
- Mau-Moeller, A., Behrens, M., Lindner, T., Bader, R., & Bruhn, S. (2013). Age-related changes in neuromuscular function of the quadriceps muscle in physically active adults. *Journal of electromyography and kinesiology*, 23 (3), 640-648.
- Moritani, T., & deVries, H. A. (1979). Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *American journal of physical medicine & rehabilitation*, 58 (3), 115-130.
- Saez-Saez de Villarreal, E., Requena, B., & Newton, R. U. (2010). Does plyometric training improve strength performance? A meta-analysis. *Journal of science and medicine in sport*, 13 (5), 513-522.
- Spurrs, R. W., Murphy, A. J., & Watsford, M. L. (2003). The effect of plyometric training on distance running performance. *European journal of applied physiology*, 89 (1), 1-7.
- Strojnik, V., & Komi, P. V. (1998). Neuromuscular fatigue after maximal stretch-shortening cycle exercise. *Journal of applied physiology*, 84 (1), 344-350.
- Vickers, A. J., & Altman, D. G. (2001). Statistics notes: Analysing controlled trials with baseline and follow up measurements. *Bmj (Clinical research ed.)*, 323 (7321), 1123-1124.
- Wilder, M. R., & Cannon, J. (2009). Effect of age on muscle activation and twitch properties during static and dynamic actions. *Muscle & nerve*, 39 (5), 683-691.
- Witzke, K. A., & Snow, C. M. (2000). Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls. *Medicine and science in sports and exercise*, 32 (6), 1051-1057.
- Wu, Y. K., Lien, Y. H., Lin, K. H., Shih, T. T., Wang, T. G., & Wang, H. K. (2010). Relationships between three potentiation effects of plyometric training and performance. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 20 (1), e80-86.



# High-Intensity Ausdauertraining im Nachwuchsleistungssport – Reaktionen, Adaptationen, Belastungsverträglichkeit

(AZ: 070507/13-14)

Alexander Ferrauti (Projektleiter), Jennifer Kappenstein, Paul Schaffran, Marina Slopianka & Thimo Wiewelhove

Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Sportwissenschaft, Lehr- und Forschungsbereich Trainingswissenschaft

## 1 Problem

Das High Intensity Training (HIT) zur Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit weist aktuellen Studien nach Vorteile im Vergleich zum klassischen, umfangsorientierten Ausdauertraining (HVT) auf, z. B. eine Reduktion des Trainingsumfangs infolge der höheren Belastungsintensität ohne Einbuße trainingsinduzierter Verbesserungen der Ausdauerleistungsfähigkeit ( $VO_{2max}$ ) (Faude et al, 2008; Sperlich, Hoppe & Haegele, 2013). Besonders Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportler in den Sportspielen können über eine verbesserte Aufwand-Nutzen-Relation des Ausdauertraining von einem gezielten HIT profitieren (Engel & Sperlich, 2014). Jedoch ist speziell in dieser Altersgruppe die Datenlage zur gezielten Steuerung des HIT-Ausdauertrainings und seiner (langfristigen) Wirkung im Jahresverlauf defizitär.

Trotz der variablen Gestaltungsmöglichkeiten von HIT-Protokollen stechen einige häufig verwendete Protokolle in der Literatur deutlich hervor (Paton & Hopkins, 2004; Iaia, Rampinini & Bangsbo, 2009; Stone & Kilding, 2009). Plausible Begründungen für die Protokollwahl fehlen jedoch bislang insbesondere im Nachwuchsleistungssport, obwohl die Abstimmung des HIT-Protokolls auf den Trainingszustand, die sportartspezifische Anforderung und jeweilige Trainingsperiode differenzierte Auswirkungen auf die sportliche Leistungsfähigkeit der Athletin bzw. des Athleten hat (Buchheit & Laursen, 2013).

Zusätzlich bedarf es einer differenzierten Betrachtung der Belastungsverträglichkeit im Kindesalter (Engel & Sperlich, 2014), denn physiologische Reaktionen und leistungslimitierende Mechanismen weisen bei Kindern im Vergleich zum Erwachsenen Besonderheiten auf (Ratel, Duché & Williams, 2006; Kappenstein et al., 2013; Kappenstein et al., 2015), die bei der Gestaltung eines kindgerechten HIT zu berücksichtigen sind.

Für die Trainingspraxis des Nachwuchsleistungssports stellt sich ferner die Frage der Implementierung von HIT in den Jahresverlauf. Ein gezieltes Blocktraining scheint gegenüber klassischen Periodisierungsmodellen Vorteile zu bieten (Issurin, 2010). Im Rahmen eines HIT-Mikroschockzyklus konnten bei Athletinnen und Athleten aus dem Nachwuchsbereich in kurzer Zeit signifikante Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit und partiell der Sprint- und Sprungleistung nachgewiesen werden (Breil et al., 2010; Stöggl, Stiegelbauer, Sageder, & Müller, 2010).

Das Ziel des Projekts bestand in der bis dato fehlenden empirisch begründeten Festlegung geeigneter Steuerungsgrößen von HIT für den Nachwuchsleistungssport auf der Basis von innovativen Daten, die sowohl physiologische und neuromuskuläre als auch psychometrische Belastungsreaktion des Nachwuchsathleten bzw. der -athletin infolge von HIT abbilden. Dazu erfolgte die Evaluation der akuten Belastungsreaktionen und Ermüdungs- bzw. Erholungseffekte sowohl während und nach einzelnen Trainingseinheiten, als auch im Rahmen eines Mikroschockzyklus.

## 2 Methode

Zur Bearbeitung der vorliegenden Problemstellung wurde das Forschungsprojekt in zwei inhaltlich und methodisch aufeinander aufbauende Untersuchungsabschnitte (UA) unterteilt. Während UA I die Quantifizierung akuter physiologischer, neuromuskulärer und psychometrischer Reaktionen auf fünf unterschiedliche HIT-Protokolle umfasste, wurden in UA II die Belastungsverträglichkeit sowie potentielle Adaptationen infolge eines elftägigen Mikroschockzyklus für zwei ausgewählte Protokolle untersucht, deren Auswahl auf den Ergebnissen aus UA I basierte.

### 2.1 Untersuchungsabschnitt I

17 Nachwuchsleistungssportler und 16 Erwachsene (Tab. 1) absolvierten innerhalb von fünf Wochen fünf unterschiedlich gestaltete High-Intensity Ausdauertrainingseinheiten (Tab. 2). Die verwendeten HIT-Protokolle repräsentieren die am häufigsten angewandten Varianten und bilden das breite Spektrum von Gestaltungsmöglichkeiten eines HIT ab. Im Rahmen einer Voruntersuchung wurden die anthropometrischen Daten und die intervallspezifische Ausdauerleistungsfähigkeit im 30-15 Intermittent Fitness Test (IFT) erfasst. Der 30-15 IFT ist ein akustisch gesteuerter intermittierender Ausdauer-Feldtest. Er setzt sich aus Phasen der Belastung (30 s) und Erholung (15 s) zusammen und wird dadurch den spezifischen Anforderungen intervallbasierter Sportarten gerecht. Die erreichte Endgeschwindigkeit ( $V_{IFT}$ ) korreliert neben der  $VO_2\max$  auch mit verschiedenen kraft- und schnellkraftbezogenen Parametern (z. B. 10 m Sprintzeit und Sprunghöhe im CMJ) (Buchheit, 2008). Vor, während und nach jeder Trainingseinheit wurden physiologische (Blutlaktat (LA), Blut-pH, Herzfrequenz (HF), Kreatinkinase (CK)), neuromuskuläre (Counter Movement Jump (CMJ)) und psychometrische (Session-RPE, DOMS, TQR) Parameter zur Quantifizierung der akuten Belastungsreaktionen bestimmt. Die individuelle Trainingsintensität wurde für jeden Probanden gemäß der prozentualen Abstufung der im 30-15 IFT erreichten  $V_{IFT}$  errechnet.

### 2.2 Untersuchungsabschnitt II

17 Nachwuchsleistungssportler (U11/12) absolvierten im Rahmen der Saisonvorbereitung einen elftägigen HIT-Mikroschockzyklus (11 HIT-Einheiten à 30 min, 10 Fußballtrainingseinheiten à 60 min) und wurden in zwei Trainingsgruppen ( $TG_{240}$ ,  $TG_{15}$ ) gematcht (Tab. 3). Zehn weitere Nachwuchsleistungssportler der U11/12 dienten als Kontrollgruppe und absolvierten ein klassisches fußballspezifisches Training (Tab. 4).

Vor (Pre) dem Interventionszeitraum sowie nach einer anschließenden zweitägigen Taperphase (Post I) und nach einer 18-tägigen regulären Trainingsphase (Post II) absolvierten alle Probanden anthropometrische Messungen (Körpergröße, Körpergewicht, fettfreie Masse) sowie diagnostische Test der Ausdauer (spiroergometrischer Laufband-Stufentest, 30-15 IFT), Sprungkraft (CMJ) und Schnelligkeit (30 m-Linear sprint ( $t_{30\text{ m}}$ ), Wiederholungssprint 7 x 30 m), um entsprechende Adaptationen infolge der unterschiedlichen Trainingsinterventionen quantifizieren zu können.

Während des Interventionszeitraums wurden in  $TG_{240}$  und  $TG_{15}$  physiologische (LA, HF, CK, Speichelcortisol) und psychologische (DOMS) Parameter zur Quantifizierung der akuten und kumulierten Trainingsbeanspruchung erhoben.

Die individuelle Trainingsintensität wurde für jeden Probanden gemäß der prozentualen Abstufung der im 30-15 IFT erreichten  $V_{IFT}$  berechnet.

Tab. 1. Anthropometrische Daten und Ausdauerleistung der Probanden in Untersuchungsabschnitt I. Mittelwerte und Standardabweichungen (MW  $\pm$  SD). \* signifikant.

Stichprobe	Alter (Jahre)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	V <sub>IFT</sub> (km·h <sup>-1</sup> )	VO <sub>2peak</sub> <sub>30-15 IFT</sub> (ml·min <sup>-1</sup> ·kg <sup>-1</sup> )
Kinder	11,5 $\pm$ 0,5	151,7 $\pm$ 8,9	41,1 $\pm$ 6,0	17,9 $\pm$ 1,0	46,5 $\pm$ 1,7
Erwachsene	25,1 $\pm$ 2,8	183,2 $\pm$ 6,4	80,1 $\pm$ 9,0	19,4 $\pm$ 1,3	53,2 $\pm$ 3,7
ANOVA	p $\leq$ 0,05*	p $\leq$ 0,05*	p $\leq$ 0,05*	p $\leq$ 0,05*	p $\leq$ 0,05*

Tab. 2. HIT-Protokolle. IP = Intraserielle Pause. P = Serienpause.

Protokoll	Protokoll	Intensität (%V <sub>IFT</sub> )	Belastungs-Pausen-Verhältnis
P <sub>240</sub>	4 x 4 min (IP = 3 min)	80 %	2/1
P <sub>120</sub>	7 x 2 min (IP = 2 min)	85 %	1/1
P <sub>30</sub>	2 x 10 x 30 s (IP = 45 s und P = 3 min)	90 %	1/2
P <sub>15</sub>	3 x 9 x 15 s (IP = 30 s und P = 3 min)	95 %	1/4
P <sub>5</sub>	4 x 6 x 5 s (IP = 25 s und P = 5 min)	all out	1/12

Tab. 3. Trainingsintensität der einzelnen HIT Einheiten in Untersuchungsabschnitt II.

Gruppe	Programm	Intensität (% der V <sub>ift</sub> )										
		HIT 1	HIT 2	HIT 3	HIT 4	HIT 5	HIT 6	HIT 7	HIT 8	HIT 9	HIT 10	HIT 11
TG <sub>15</sub>	3 x 9 15 sek	95	90	90	95	90	90	90	95	90	95	90
TG <sub>240</sub>	4 x 4 min	80	70	70	75	75	75	75	75	75	75	75

V<sub>ift</sub> = maximal erreichte Stufe im 30-15 Intermittent Fitness Test; HIT 1-11 steht für die einzelnen HIT-Einheiten im Interventionszeitraum

Tab. 4. Anthropometrische Daten und Ausdauerleistung der Probanden in Untersuchungsabschnitt II. Mittelwerte und Standardabweichungen (MW  $\pm$  SD).

Stichprobe	Alter (Jahre)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	FFM (%)	V <sub>IFT</sub> (km·h <sup>-1</sup> )	VO <sub>2peak</sub> (ml·min <sup>-1</sup> ·kg <sup>-1</sup> )
TG <sub>240</sub>	10,9 $\pm$ 0,6	146,8 $\pm$ 4,3	37,7 $\pm$ 3,2	80,7 $\pm$ 2,6	17,6 $\pm$ 0,7	59,8 $\pm$ 8,5
TG <sub>15</sub>	10,9 $\pm$ 0,6	145,9 $\pm$ 5,8	35,7 $\pm$ 4,3	84,0 $\pm$ 5,8	17,8 $\pm$ 0,6	58,6 $\pm$ 10,4
KG	9,6 $\pm$ 3,6	148,4 $\pm$ 5,6	38,6 $\pm$ 6,1	77,8 $\pm$ 5,9	16,6 $\pm$ 0,7	52,3 $\pm$ 6,9
ANOVA	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Untersuchungsabschnitt I

Für die Gruppe der Kinder und der Erwachsenen wurde ein Haupteffekt sowie eine Interaktion ( $p < 0,05$ ) für die akuten Belastungsreaktionen HF, Session-RPE und La mit ansteigenden Werte nach längeren Intervallen von  $P_{15}$  zu  $P_{120}$  und  $P_{240}$  gefunden, während sich Blut-pH entgegengesetzt verhielt. Im Gegensatz dazu resultierten bei den Erwachsenen aus  $P_5$  die höchsten LA-Konzentrationen und Blut-pH-Abfälle. Bei den Kindern resultierten aus  $P_5$  zu  $P_{120}$  und  $P_{240}$  vergleichbare LA-Konzentrationen und Blut-pH-Abfälle, bei signifikant niedrigeren HF und Session-RPE ( $p \leq 0,05$ ). LA war bei den Erwachsenen durchweg signifikant höher als bei den Kindern, während HF und Blut-pH bei den Erwachsenen signifikant niedriger waren ( $p \leq 0,05$ ) (Tab. 5).

24 h nach den Belastungen waren CK, DOMS und der Abfall der Sprunghöhe im CMJ bei den Erwachsenen nach  $P_5$  signifikant höher im Vergleich zu allen anderen Protokollen ( $p \leq 0,05$ ), bei den Kindern gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Protokollen ( $p > 0,05$ ). Alle drei Parameter waren nach 24 h bei den Erwachsenen signifikant höher als bei den Kindern ( $p \leq 0,05$ ) (Tab. 6).

Tab. 5. Akutreaktionen auf fünf HIT-Protokolle. Mittelwerte und Standardabweichungen (MW  $\pm$  SD).  
Erw = Erwachsene, Kind = Kinder.

Parameter	Alter	$P_{240}$	$P_{120}$	$P_{30}$	$P_{15}$	$P_5$
HF (Schläge/min)	Erw	190 $\pm$ 11	189 $\pm$ 10	185 $\pm$ 9	178 $\pm$ 11	181 $\pm$ 7
	Kind	202 $\pm$ 11	198 $\pm$ 8	197 $\pm$ 7	188 $\pm$ 10	188 $\pm$ 10
LA post (mmol/l)	Erw	10,1 $\pm$ 2,7	10,9 $\pm$ 3,6	7,7 $\pm$ 2,3	4,9 $\pm$ 2,0	12,4 $\pm$ 2,4
	Kind	5,9 $\pm$ 2,3	6,4 $\pm$ 2,2	4,6 $\pm$ 2,4	3,4 $\pm$ 1,3	6,04 $\pm$ 2,99
Blut pH post	Erw	7,32 $\pm$ 0,07	7,30 $\pm$ 0,06	7,36 $\pm$ 0,05	7,40 $\pm$ 0,04	7,26 $\pm$ 0,04
	Kind	7,38 $\pm$ 0,05	7,37 $\pm$ 0,05	7,39 $\pm$ 0,04	7,42 $\pm$ 0,03	7,37 $\pm$ 0,07
Session-RPE	Erw	157,8 $\pm$ 46,3	178,8 $\pm$ 64,3	137,5 $\pm$ 59,0	83,5 $\pm$ 20,0	158,3 $\pm$ 55,9
	Kind	151,4 $\pm$ 49,6	140,7 $\pm$ 52,9	113,8 $\pm$ 64,1	99,0 $\pm$ 61,3	98,3 $\pm$ 40,9

Tab. 6. 24 h-Reaktionen auf fünf HIT-Protokolle. Mittelwerte und Standardabweichungen (MW  $\pm$  SD).  
Erw = Erwachsene, Kind = Kinder.

Parameter	Alter	$P_{240}$	$P_{120}$	$P_{30}$	$P_{15}$	$P_5$
CK post24h (U/l)	Erw	513 $\pm$ 437	434 $\pm$ 173	519 $\pm$ 530	345 $\pm$ 205	735 $\pm$ 517
	Kind	192 $\pm$ 44	220 $\pm$ 65	200 $\pm$ 78	200 $\pm$ 65	220 $\pm$ 84
CMJ post24h (cm)	Erw	37,1 $\pm$ 5,7	37,5 $\pm$ 4,5	37,4 $\pm$ 4,8	37,4 $\pm$ 5,1	35,7 $\pm$ 4,5
	Kind	27,7 $\pm$ 4,6	28,2 $\pm$ 4,4	27,7 $\pm$ 3,9	27,4 $\pm$ 4,2	27,4 $\pm$ 4,8
DOMS post24h	Erw	1,5 $\pm$ 1,9	1,1 $\pm$ 1,3	0,8 $\pm$ 0,7	1,2 $\pm$ 1,1	2,8 $\pm$ 2,2
	Kind	1,0 $\pm$ 1,5	0,3 $\pm$ 0,6	0,5 $\pm$ 1,4	0,1 $\pm$ 0,3	0,5 $\pm$ 1,1

### 3.2 Untersuchungsabschnitt II

Gruppenübergreifend war der Faktor Messzeitpunkt signifikant und resultierte in einer abnehmenden Ausdauer- ( $VO_{2peak}$ ,  $V_{IFT}$ ), Schnelligkeits- (t30 m) und Sprungleistung im CMJ von Pre zu Post I sowie einer Zunahme von Post I zu Post II. Eine tendenziell signifikante Interaktion liegt für  $VO_{2peak}$  vor ( $p = 0,07$ ), mit einer signifikanten Steigerung der  $VO_{2peak}$  lediglich in  $T_{15}$  ( $p \leq 0,05$ ) (Tab. 7). Während des Interventionszeitraums stieg CK in  $TG_{240}$  und  $TG_{15}$  signifikant auf 366 bzw. 567 U/l an und erreichte Post I wieder den Ausgangswert ( $p \leq 0,05$ ), ohne signifikanten Gruppen- und Interaktionseffekt ( $p > 0,05$ ). Speichelcortisol stieg in  $TG_{240}$  und  $TG_{15}$  nach den Trainingseinheit im Mittel signifikant an ( $p \leq 0,05$ ), ohne signifikanten Gruppen- und Interaktionseffekt ( $p > 0,05$ ).

Tab. 7. Ausgangswerte und Adaptationen im Rahmen eines elftägigen HIT-Mikroschockzyklus. Mittelwerte und Standardabweichungen (MW  $\pm$  SD).

Parameter	Gruppe	Pretest	Posttest I	Posttest II
$VO_{2peak}$ (ml/kg/min)	$TG_{240}$	59,8 $\pm$ 8,5	57,1 $\pm$ 7,6	59,2 $\pm$ 10,4
	$TG_{15}$	58,6 $\pm$ 10,4	56,0 $\pm$ 7,0	61,7 $\pm$ 9,4
	KG	53,8 $\pm$ 9,1	51,4 $\pm$ 9,0	51,2 $\pm$ 11,6
t30m (s)	$TG_{240}$	4,96 $\pm$ 0,19	5,21 $\pm$ 0,22	5,04 $\pm$ 0,28
	$TG_{15}$	4,91 $\pm$ 0,16	5,08 $\pm$ 0,17	4,89 $\pm$ 0,19
	KG	5,21 $\pm$ 0,29	5,41 $\pm$ 0,24	5,20 $\pm$ 0,29
CMJ (cm)	$TG_{240}$	25,5 $\pm$ 3,7	25,2 $\pm$ 3,1	27,0 $\pm$ 4,2
	$TG_{15}$	25,9 $\pm$ 3,0	25,2 $\pm$ 3,1	27,8 $\pm$ 3,6
	KG	24,3 $\pm$ 4,5	22,8 $\pm$ 3,3	27,7 $\pm$ 2,4

## 4 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass sich HIT-Protokolle mit kurzer und langer Intervalldauer hinsichtlich der akuten Belastungsreaktionen und Ermüdungserscheinungen im Kindesalter nicht unterscheiden und geringere Belastungsreaktionen verursachen als bei Erwachsenen. Im Vergleich der Protokolle zeigte  $P_{15}$  in beiden Altersgruppen die geringsten Belastungsreaktionen, was jedoch möglicherweise auf eine im Vergleich geringere Trainingsintensität zurückgeführt werden kann und einer methodischen Anpassung bedarf. Während CK bei den Erwachsenen noch nach 24 h nach  $P_5$  signifikant erhöht und die Leistung im CMJ signifikant vermindert war, wiesen die Kinder 24 h nach keinem der Protokolle akute Ermüdungserscheinungen auf, was insgesamt für eine gute Belastungstoleranz spricht.

Da sich die Belastungsreaktionen der Kinder zwischen den Protokollen, mit Ausnahme von  $P_{15}$ , kaum voneinander unterscheiden, sollte die Protokollwahl anhand des sportartspezifischen Anforderungsprofils erfolgen. Protokolle mit kürzeren Belastungsintervallen scheinen jedoch aufgrund des geringeren subjektiven Belastungsempfindens für das Kindesalter besser geeignet.

Im Vergleich der Adaptationsspektren zweier divergierender Protokolle ( $TG_{240}$ ,  $TG_{15}$ ) im Rahmen eines elftägigen Mikroschockzyklus kann aus den Ergebnissen eine Präferenz zu Protokoll  $TG_{15}$  abgeleitet werden, da im Gegensatz zu  $TG_{240}$  und der Kontrollgruppe eine signifikante Steigerung der  $VO_{2peak}$  um 5 % zu verzeichnen war und sich die akuten Belastungsreaktionen zwischen  $TG_{240}$  und  $TG_{15}$  nicht unterschieden. Hinsichtlich der Schnelligkeitsleistung zeigten sich keine Veränderungen in den drei Gruppen. Jedoch sollten hinsichtlich  $TG_{15}$  das Verletzungsrisiko infolge einer einseitigen hohen Belas-

tung bei der wiederholten Integration in das Training berücksichtigt werden, was die Anwendungsempfehlung im Rahmen eines Mikroschockzyklus einschränkt.

Da Speichelcortisol nach beiden HIT-Protokollen signifikant angestiegen ist und sich somit als mögliche Kontraindikation im Kindesalter erweisen könnte, bedarf es an dieser Stelle weiterer Forschung hinsichtlich mittel- und langfristiger Belastungsreaktionen. Ebenso bleibt die Nachhaltigkeit einer derartigen Intervention über einen Zeitraum von zwei Monaten hinaus zu evaluieren.

## 5 Literatur

- Breil, F.A., Weber, S.N., Koller, S., Hoppeler, H. & Vogt, M. (2010). Block training periodization in alpine skiing: effects of 11-day HIT on  $VO_{2max}$  and performance. *European journal of applied physiology*, 109, 1077-1086.
- Buchheit, M. (2008). The 30-15 intermittent fitness test: accuracy for individualizing interval training of young intermittent sport players. *Journal of strength and conditioning research*, 22, 365-374.
- Buchheit, M. & Laursen, P.B. (2013). High-intensity interval training, solutions to the programming puzzle: Part I: cardiopulmonary emphasis. *Sports medicine*, 43, 313-338.
- Engel, F. A. & Sperlich, B. (2014). (Hoch-)intensives Intervalltraining mit Kindern und Jugendlichen im Nachwuchsleistungssport. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, 164, 228-238.
- Faude, O., Meyer, T., Scharhag, J., Weins, F., Urhausen, A. & Kindermann, W. (2008). Volume vs. Intensity in the Training of Competitive Swimmers. *International journal of sports medicine*, 17, 241-248.
- Iaia, F.M., Rampinini, E. & Bangsbo, J. (2009). High-intensity training in football. *International journal of sports physiology and performance*, 4, 291-306.
- Issurin, V.B. (2010). New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports medicine*, 40, 189-206.
- Kappenstein, J., Engel, F., Fernández-Fernández, J. & Ferrauti, A. (2015). Effects of active and passive recovery on blood lactate and blood pH after a repeated sprint protocol in children and adults. *Pediatric exercise science*, 27, 77-84.
- Kappenstein, J., Ferrauti, A., Runkel, B., Fernández-Fernández, J., Müller, K. & Zange, J. (2013). Changes in phosphocreatine concentration of skeletal muscle during high-intensity intermittent exercise in children and adults. *European journal of applied physiology*, 113, 2769-2779.
- Paton, C.D. & Hopkins, W.G. (2004). Effects of High-intensity Training on Performance and Physiology of Endurance Athletes. *Sport science*, 8, 25-40.
- Ratel, S., Duché, P. & Williams, C.A. (2006). Muscle fatigue during high-intensity exercise in children. *Sports medicine*, 36 (12), 1031-1065.
- Sperlich, B., Hoppe, MW. & Haegeler, M. (2013). Ausdauertraining – Dauermetode versus intensive Intervallmethode im Fußball. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 64, 10-17.
- Stöggl, T., Stieglbauer, R., Sageder, T. & Müller, E. (2010): Hochintensives Intervall- (HIT) und Schnelligkeitstraining im Fußball. *Leistungssport*, 40, 43-49.
- Stone, N.M. & Kilding, A.E. (2009). Aerobic Conditioning for Team Sport Athletes. *Sports medicine*, 39, 615-642.

## 5.1 Projektbezogene Veröffentlichungen

- Kappenstein, J., Slopianka, M., Wiewelhove, T. & Ferrauti, A. (2014). Adaptationen und Belastungsverträglichkeit eines elftägigen HIT-Mikrozyklus im Nachwuchsleistungssport. In L.K. Maurer, F. Döring, K. Ferger, H. Maurer, M. Reiser & H. Müller (Hrsg.), *Trainingsbedingte Veränderungen – Messung, Modellierung und Evidenzsicherung* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 237, S. 33). Hamburg: Feldhaus.
- Slopianka, M., Kappenstein, J., Wiewelhove, T. & Ferrauti, A. (2014). Akutreaktionen des Nachwuchssathleten auf variierende HIT-Protokolle. In L.K. Maurer, F. Döring, K. Ferger, H. Maurer, M. Reiser & H. Müller (Hrsg.), *Trainingsbedingte Veränderungen – Messung, Modellierung und Evidenzsicherung* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 237, S. 34). Hamburg: Feldhaus.
- Wiewelhove, T., Fernandez-Fernandez, J., Raeder, C., Kappenstein, J., Meyer, T., Kellmann, M., Pfeiffer, M., & Ferrauti, A. (2015). Acute Responses and Muscle Damage in Different High-Intensity Interval Running Protocols. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, Feb 10. [Epub ahead of print].



# Außenarmzug zur Steigerung der tangentialen Krafteinleitung am Innenhebel und der Vortriebswirksamkeit im Riemenrudern

(AZ 070510/14)

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

Universität Hamburg - Arbeitsbereich Bewegungs- und Trainingswissenschaft

## 1 Problemstellung

Theoretische Grundlage für die Untersuchung bildete die Annahme, dass bei getauchtem Blatt (einarmiger Hebel mit Drehpunkt am Blatt) das Boot durch die Normalkraft am Riemen in Vortriebsrichtung gehebelt wird. Die Längskraft am Innenhebel drückt dabei statisch gegen die Dolle und erzeugt somit keine Vortriebskomponente, erhöht aber die Reaktionskraft am Stemmbrett. Dieser Zusammenhang wurde bereits durch Schwanitz (1975) theoretisch begründet und durch andere Autoren (Kühnhardt & Mattes, 1994; Kleshnev, 2012) gezeigt. Seitdem wird das tangential Ziehen als wesentliches Merkmal einer zweckmäßigen Riementechnik angesehen (Mattes et al., 2014a), jedoch fehlte eine messtechnische Begründung. Ein direkter Einfluss auf das Drehmoment und die Zugrichtung am Innenhebel im Vorderzug wird über den Einsatz des Außenarmes ausgeübt. Die Außenhand greift am längeren Hebelarm weiter weg von der Dolle als die Innenhand an. Außerdem verfügt die Außenhand über den günstigeren Zugrichtungswinkel als die Innenhand (Mattes et al., 2014b). Durch diese Vorteile müssten bei dominantem Außenarmzug eine höhere Normal-, eine geringere Längs- und Stemmbrettkraft im Vergleich zum Innenarmzug resultieren.

Für das Riemenrudern bisher unbekannt waren

(1) die Dimension der Außenarmkraft, deren Relationen zur Normal- und Längskraft sowie die Wirkung auf den Zugrichtungswinkel und die Reaktionskräfte am Stemmbrett.

Ferner fehlten Informationen über

(2) den Einfluss von Leistungsklasse, Schlagfrequenz und Bewegungsvarianten (Außenarm- und Innenarmzug) auf die Kräfte und den Zugrichtungswinkel am Innenhebel sowie die Stemmbrettkraft. Die Studie sollte die wissenschaftlichen und trainingspraktischen Grundlagen für eine wirksamere Krafteinleitung am Innenhebel erweitern, um einen Beitrag zur Steigerung der Vortriebswirksamkeit im Riemenrudern zu leisten.

## 2 Methode

An der Untersuchung nahmen 26 männliche Kaderathleten des Deutschen Ruderverbandes aus drei Leistungsklassen (LKL) (Junioren, JM,  $N = 12$ , Senioren Leichtgewicht, LM,  $N = 8$  und Schwergewicht, M,  $N = 6$ ) teil (Tab. 1).

Tab. 1: Übersicht über die Probandenstichproben

LKL	Anzahl	KH [m]	KM [kg]	Kaderstatus	Sportliche Erfolge 2014
JM	12	1,93 ± 0,04	84,8 ± 8,7	D/C und JA	1. Platz JWM, 4-; 1. Platz DJM 2-, 8+
LM	8	1,86 ± 0,05	74,3 ± 2,8	B, C, D	4. Platz U23 WM, 4-, 2-
M	6	1,93 ± 0,02	91,5 ± 6,1	A, ohne	2. Platz WM, 8+; 4. Platz U23 WM, 8+

Im Feldtest wurden die abhängigen Variablen Normal-, Längs-, Außenhandkraft sowie die Stemm-  
brettkraft von Innen- und Außenbein mittels des Mobilten Messungssystem (FES MMS 2012,  
Messgenauigkeit der Kraft 1,5 %; Böhmert, 2009) im Riemen ohne Steuermann (4-) in vier Schlagfre-  
quenzstufen (20, 24, 28, 32 Schläge/min) und den Bewegungsvarianten einarmiger Innenarm- und  
Außenarmzug sowie dominanter Außenarmzug im Vorderzug über jeweils 10 Schläge bei Schlagfre-  
quenz 20 Schläge/min gemessen und mit der Baseline (gewohntes normales Rudern) verglichen. Die  
Normal-, Längs-, Außenhandkraft und der Zugrichtungswinkel am Innenhebel sowie die Stemm-  
brettkraft von Innen- und Außenbein wurden varianzanalytisch verglichen.

### 3 Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigten

(1) für die Kräfte am Innenhebel und Stemm Brett sowie Zugrichtungswinkel im Trainingsschlag, dass  
die Außenarmkraft im Durchzug  $55,6 \pm 9,0 \%$  und die Längskraft  $37,4 \pm 8,0 \%$  der Normalkraft am  
Innenhebel ( $387 \pm 57 \text{ N}$ ) erreichten. Der Zugrichtungswinkel im Vorderzug betrug  $57,1 \pm 2,9^\circ$ , wobei  
 $94 \pm 2 \%$  die resultierende Innenhebelkraft (aus Längs- und Normalkraft) als Normalkraft wirkte.  
Die Stemm Brettkraft des Außenbeines war mit  $54,9 \pm 5,3 \%$  der Summenstembrettkraft größer  
als die des Innenbeines. Die Normal-, Längs- und Außenarmkraft korrelierten im Trainingsschlag  
positiv signifikant miteinander. Je größer die Normalkraft, desto größer waren die Längs- und  
Außenarmkraft am Innenhebel. Stieg die Normalkraft am Innenhebel um ein Newton, dann ver-  
größerte sich im Durchschnitt die Außenarmkraft um ca.  $0,52 \text{ N}$  und die Längskraft um ca.  $0,55 \text{ N}$ .  
Zwischen den Sportlern traten bei vergleichbarer Normalkraft individuelle Unterschiede bei der  
Längs- und Außenarmkraft auf. Beispielweise realisierten drei Sportler eine vergleichbare Normal-  
kraft ( $340\text{-}344 \text{ N}$ ) mit unterschiedlicher Längs- ( $194\text{-}226 \text{ N}$ ) und Außenarmkraft ( $218\text{-}236 \text{ N}$ ), wobei  
die Außenarmkraft im Einzelfall um  $42 \text{ N}$  größer oder um  $8 \text{ N}$  kleiner als die Längskraft war.

Die partielle Korrelation mit der Kontrollvariable Normalkraft am Innenhebel ergab für den Vor-  
derzug die folgenden Ergebnisse:

- Je größer die Längskraft am Innenhebel, desto größer waren die resultierende Innen-  
hebelkraft, aber desto kleiner der Zugrichtungswinkel und der prozentuale Anteil der  
Normalkraft an der Innenhebelkraft.
- Je größer die Außenarmkraft, desto größer waren die prozentuale Stembrettkraft des  
Außenbeins und desto kleiner die Summenstembrettkraft.
- Je größer die Körperhöhe, desto größer waren die Körpermasse, der Zugrichtungswinkel  
und der prozentuale Anteil der Normalkraft an der resultierenden Innenhebelkraft, aber  
desto kleiner die Längskraft und die resultierende Kraft am Innenhebel.
- Je größer die Ruderwinkelvorlage, desto größer waren die Stembrettkraft des Innen-  
beins und die Summenstembrettkraft.

(2) Die Athleten aus den drei LKL (jeweils mit Erfolgen bei nationalen und internationalen Regatten)  
unterschieden sich in der Körperhöhe und -masse, wobei die Junioren die gleiche Körperhöhe,  
aber eine geringere Körpermasse als die Senioren der offenen Klassen aufwiesen. Bei der Normal-,  
Längs- und Außenarmkraft und den Stembrettkräften des Innen- und Außenbeins differierten  
die LKL mit höheren Werten der schweren Senioren, gefolgt von den Junioren und den Leicht-  
gewichtssenioren. Der Zugrichtungswinkel sowie der prozentuale Anteil der Normalkraft an der  
resultierenden Kraft am Innenhebel unterschieden sich dabei nicht (Tab. 2).

Im Schlagfrequenzstufentest zeigte sich, dass die vier Schlagfrequenzstufen durch signifikant höhere Schlagfrequenzen, höhere Innenhebelleistungen aufgrund höherer Normalkraft, Zuggeschwindigkeit am Innenhebel bei vergleichbarem Innenhebelweg im Durchzug trennscharf realisiert wurden. Die Normal- und Längskraft am Innenhebel stiegen, jedoch nur bis Schlagfrequenzstufe 28 Schl./min an und blieben in der Stufe 32 Schl./min auf vergleichbarem Niveau. Das Kraftprofil veränderte sich, wobei mit steigender Schlagfrequenz der prozentuale Anteil des Vorderzuges erhöhte sich und der prozentuale Anteil des Endzuges systematisch abnahm. Im Vorderzug stiegen mit Erhöhung der Schlagfrequenz die Normal-, Längs- und Außenarmkraft sowie der Zugrichtungswinkel am Innenhebel und die Stemmblettkraft hoch signifikant an. Der prozentuale Anteil der Normalkraft an der resultierenden Kraft am Innenhebel differierte mit höheren Werten in der Schlagfrequenzstufe 32 im Vergleich zu den anderen Stufen.

Tab. 2: Normalkraft (FIHD), Längskraft (FIHLD), Außenarmkraft (FAuD), Zugrichtungswinkel ( $\varphi_{rFIHV}$ ), prozentualer Anteil der Normalkraft an der resultierenden Innenhebelkraft (FIHD %), Summenstemmblettkraft (FSD), Stemmblettkraft des Innenbeins (FSIBD), Stemmblettkraft des Außenbeins (FSABD) und prozentualer Anteil der Stemmblettkraft des Außenbeins (FSABD %) im Durchzug, N = 26.

SF-Stufe	LKL	FIHD [N]	FIHLD [N]	FAuD [N]	$\varphi_{rFIHV}$ [°]	FIHD % [%]	FSD [N]	FSIBD [N]	FSABD [N]	FSABD % [%]
20	JM	384 ± 47	135 ± 37	215 ± 31	57 ± 3,4	95 ± 2	540 ± 66	250 ± 34	290 ± 51	53,6 ± 5,2
	LM	345 ± 28	135 ± 13	203 ± 45	56,5 ± 2,5	94 ± 2	498 ± 41	216 ± 26	282 ± 41	56,5 ± 5,4
	M	457 ± 54	169 ± 8	239 ± 23	57,3 ± 2,3	94 ± 1	649 ± 62	298 ± 59	352 ± 17	54,5 ± 5,5
24	JM	392 ± 47	138 ± 36	221 ± 37	57,3 ± 2,9	95 ± 2	546 ± 68	252 ± 40	294 ± 51	53,8 ± 5,6
	LM	353 ± 33	140 ± 18	206 ± 38	56,9 ± 2,9	93 ± 2	501 ± 42	221 ± 31	280 ± 42	55,9 ± 5,7
	M	475 ± 53	174 ± 9	249 ± 14	58,2 ± 1,7	95 ± 1	665 ± 64	308 ± 65	357 ± 20	54,1 ± 6,3
28	JM	395 ± 34	140 ± 29	221 ± 34	58,2 ± 2,1	95 ± 2	542 ± 55	253 ± 40	290 ± 40	53,4 ± 5,2
	LM	360 ± 34	143 ± 21	207 ± 35	56,5 ± 2,9	93 ± 2	499 ± 42	221 ± 35	278 ± 41	55,6 ± 5,8
	M	476 ± 49	176 ± 12	250 ± 17	58,2 ± 1,3	95 ± 1	657 ± 58	308 ± 58	349 ± 20	53,5 ± 5,7
32	JM	396 ± 26	145 ± 26	216 ± 35	58,2 ± 2,4	95 ± 1	534 ± 50	259 ± 32	275 ± 33	51,5 ± 3,8
	LM	369 ± 39	146 ± 26	208 ± 31	57,6 ± 2,8	95 ± 2	500 ± 40	227 ± 39	273 ± 35	54,7 ± 5,8
	M	462 ± 65	170 ± 20	245 ± 33	58,5 ± 1,5	95 ± 1	629 ± 59	293 ± 49	335 ± 29	53,6 ± 5
ZSE	p	0,00	0,03	0,01	0,63	0,32	0,63	0,00	0,01	0,00
	$\eta_p^2$	0,47	0,26	0,31	0,04	0,09	0,04	0,47	0,40	0,20
p1		0,45	0,83	0,34	0,43	0,44	0,43	0,60	0,53	0,34
p2		0,00	0,02	0,02	0,83	0,35	0,83	0,00	0,01	0,77
p3		0,00	0,02	0,01	0,39	0,14	0,39	0,00	0,00	0,55

ZSE = Zwischensubjekteffekt der Leistungsklasse,  $\eta_p^2$  = Effektstärke, partielles Eta-Quadrat, p = Signifikanzniveau, p<sub>1</sub> = JM vs. LM, p<sub>2</sub> = JM vs. M, p<sub>3</sub> = LM vs. M

Die Bewegungsvarianten zeigten hoch signifikante Unterschiede in der Schlagstruktur, dabei reduzierten sich von der Baseline über den Außenarm- zum Innenarmzug die Schlagfrequenz, die Innenhebelleistung, die Normal- und Längskraft am Innenhebel sowie die Stemmblettkraft. Die größte Schlagweite wurde beim Innenarmzug gefolgt von der Baseline und dem Außenarmzug gemessen und war auf Unterschiede im Vorlagewinkel zurückzuführen. Die Differenzen im Rücklagewinkel waren insgesamt kleiner, mit signifikant größerer Rücklage in der Baseline als beim Innen- und Außenarmzug.

Im Vorderzug wurde ein hoch signifikanter Haupteffekt der Bewegungsvariante (einarmiger Innen- und Außenarmzug) auf die Kräfte, den Zugrichtungswinkel am Innenhebel sowie die Stembrettkräfte mit hoher Effektstärke festgestellt. Bei den paarweisen Vergleichen der Bewegungsvarianten bestanden im Vorderzug folgende signifikante Unterschiede in der Gegenüberstellung:

- › Baseline vs. Außenarmzug bei der Normal- und Längskraft am Innenhebel sowie den Stembrettkräften mit geringeren Werten beim Außenarmzug, aber größerem Zugrichtungswinkel sowie höherem prozentualen Anteil der Normalkraft an der resultierenden Innenhebelkraft und höherem prozentualen Anteil der Stembrettkraft des Außenbeins an der Summenstembrettkraft beim Außenarmzug.
- › Außenarm- vs. Innenarmzug bei der Normalkraft und dem Zugrichtungswinkel sowie der Stembrettkraft mit höheren Werten der Normalkraft, des Zugrichtungswinkel am Innenhebel sowie der Stembrettkraft des Außenbeins beim Außenarmzug und höherem prozentualen Anteil der Stembrettkraft des Außenbeins an der Summenstembrettkraft. Dagegen wurden eine kleinere Stembrettkraft des Innenbeins und der Summenstembrettkraft registriert.

Die Bewegungsaufgabe dominanter Außenarmzug wurde von den Athleten erfüllt, da ein signifikanter Haupteffekt auf die Außenarmkraft mit höheren Werten beim dominanten Außenarmzug mit mittlerer Effektstärke bestand. Die Bewegungsvarianten Baseline und dominanter Außenarmzug zeigten keine signifikanten Unterschiede in der Schlagfrequenz, der Zuggeschwindigkeit und der Schlagweite. Dagegen wurde beim Außenarmzug eine höhere Leistung, Normal-, Längs- und Außenarmkraft, aber eine geringere Stembrettkraft des Innenbeins bei vergleichbarer Summenstembrettkraft im Durchzug realisiert.

Im Vorderzug vergrößerte der dominante Außenarmzug die Normal-, Längs- und Außenarmkraft bei nicht signifikant größerem Zugrichtungswinkel, aber zugleich höherem prozentualen Anteil der Normalkraft an der resultierenden Innenhebelkraft. Außerdem steigerte der dominante Außenarmzug die Stembrettkraft des unilateralen Außenbeins und reduzierte die Stembrettkraft des kontralateralen Innenbeins, wodurch trotz höherer Normalkraft am Innenhebel keine erhöhte Summenstembrettkraft resultierte.

## 4 Diskussion und Fazit

In der Studie wurden die Längskraft und erstmals separat die Außenarmkraft am Riemen gemessen, das war technisch nur möglich, weil dafür vier Messriemen mit Sensoren bestückt wurden. Dieselben vier Riemen wurden für alle Messfahrten verwendet. Riemen gleicher Bauart werden aktuell auch im Training und bei Regatten genutzt. Da bisher die Außenarmkraft in keiner weiteren Studie gemessen wurde, existieren keine Vergleichswerte aus der Literatur. Die gefundenen Dimension der Außenarmkraft und die interindividuellen Unterschiede zwischen den Athleten unterstreichen jedoch deren leistungsdiagnostische Relevanz, weil die Daten deutlich über der Messunsicherheit (ca. 1,5 %) lagen. Die Wahl der Stichproben (Junioren, Leicht- und Schwergewichtssenioren) kann als repräsentativ für die drei Leistungsklassen angesehen werden. Ein Vorteil bestand darin, dass die Gruppen trennscharf hinsichtlich der Körperhöhe und/oder der -masse und dem rudertechnischem Leistungsniveau differierten. Dadurch konnte ein gelungener Kompromiss zwischen Leistungsheterogenität und Validität erreicht werden.

Es konnte gezeigt werden, dass

- (1) im Vorderzug der Zug mit dem Außenarm eine vortriebs-wirksamere Kraft als der Zug mit dem Innenarm erzeugt, weil das Drehmoment am Riemen steigt und gleichzeitig die Stembrettkraft des Innenbeins und die Summenstembrettkraft sinken,
- (2) der Zug mit dem Außenarm ein notwendige, jedoch keine hinreichende Bedingung für eine vortriebswirksame Krafteinleitung darstellt, weil auch die Außenarmkraft mehr oder weniger tangential am Innenhebel ziehen kann,
- (3) der Zugrichtungswinkel die Qualität der Krafteinleitung unabhängig von der Größe der eingeleiteten Kraft am Innenhebel abbildet und
- (4) die Stembrettkraft eine charakteristische Asymmetrie mit höheren Werten des Innenbeins im Vorderzug aber geringeren Werten in Mittel-, End- und gesamten Durchzug aufweist (Mattes et al., in Vorbereitung).

Für das Wassertraining leiten sich aus der Studie einige grundlegende Positionen ab:

- Die gemessenen Werte der Längs- und Außenarmkraft von  $37 \pm 8 \%$  bzw.  $55 \pm 9 \%$ , der Normalkraft ( $387 \pm 57 \text{ N}$ ) sowie deren beträchtliche interindividuelle Streubreite unterstreichen deren Bedeutung im Riemenrudern und kennzeichnen damit eine weitere Leistungsreserve, die es zukünftig auszuschöpfen gilt.
- Der dominante Einsatz des Außenarmes im Vorderzug ist rudertechnisch zweckmäßiger als der Innenarmzug, denn durch den längeren Hebel wird bei gleicher Kraft ein größeres Drehmoment erzeugt und dabei die Stembrettkraft des Innenbeins und die Summenstembrettkraft reduziert (erhöhte Vortriebswirksamkeit).
- Für das Wassertraining leitet sich der Grundsatz ab: Im Vorderzug durch dominanten Einsatz des Außenarmes und eine tangentiale Krafteinleitung das Drehmoment am Innenhebel zu steigern sowie die Längs- und Stembrettkraft des Innenbeins zu minimieren.
- Der Zugrichtungswinkel ist ein geeignetes Maß, um die Qualität der Krafteinleitung unabhängig von der Größe der eingeleiteten Kräfte zu bestimmen, wobei zwischen den Sportlern gut differenziert werden kann, weil der Winkel zwischen  $52^\circ$  schwankte. Beträgt der Zugrichtungswinkel  $52^\circ$ , dann werden ca. 79 % als Normalkraft wirksam. Bei einem Zugrichtungswinkel von  $64^\circ$  sind es dagegen bereits ca. 90 %. Mit tangentialer Krafteinleitung am Innenhebel kann die Zugrichtung gesteigert werden.
- Die tangentiale Krafteinleitung am Innenhebel ist von besonderer Relevanz für Athleten, die vorderzugbetont rudern bzw. unter Bedingungen einer erhöhten Kraftabgabe im Vorderzug, d. h., mit steigender Schlagfrequenz bzw. Bootsklasse. Daraus folgt, dass die Bedeutung der tangentialen Krafteinleitung mit der Bootsgeschwindigkeit, d.h., mit den Leistungsklassen sowie vom Klein- über das Mittel- zum Großboot (2-, 4-, 4x und 8+) zunimmt.
- Mit den Athleten der Nationalmannschaften sollten nach Möglichkeit rechtzeitig im Trainingsjahr Messungen zur Bestimmung der individuellen Daten zur Längs-, Außenarmkraft und zum Zugrichtungswinkel am Innenhebel erfolgen, um mögliche individuelle Leistungsreserven zu erkennen. Die messtechnischen Voraussetzungen mit dem Satz Messriemen sowie das trainingspraktische Know-how liegen dafür vor.

- › Zur Verbesserung des Außenarmzuges sollten das Rudern nur mit der Außenhand am Riemen sowie beim beidarmigen Rudern der dominante Außenarmzug als Trainingsübungen eingesetzt werden. Aufgrund der Unterschiede in der Schlagstruktur empfiehlt sich eine methodische Reihung einarmiges Rudern nur mit der Außenhand gefolgt vom beidarmigen Rudern mit dominantem Außenarmzug.

## 5 Literatur

- Böhmert, W. (2009). *Projektbeschreibung Rudermesssystem des Instituts FES*. Projektbeschreibung für das BISp. Berlin: FES.
- Kleshnev, V. (2012). *Rowing Biomechanics Newsletter*, 12 (137).
- Mattes, K., Manzer, S., Reischmann, M., Schaffert, N. & Böhmert, W. (in Vorbereitung). Zur Wirkung des Außenarmzuges auf die Kräfte am Innenhebel und Stemmblech im Riemenrudern. *Leistungssport*.
- Kühnhardt, J. & Mattes, K. (1994). Ein Modell der Kraftwechselwirkung zwischen Dolle und Stemmblech und die Anwendung in der Ruderleistungsdiagnostik. In D. Schmidtbleicher & A. F. Müller (Hrsg.), *Leistungsdiagnostische und präventive Aspekte der Biomechanik* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 59, S. 36-43). Sankt Augustin: Academia Verlag.
- Mattes, K., Schaffert, N., Manzer, S. & Böhmert, W. (2014a). Tangentiale Krafteinleitung am Innenhebel zur Steigerung der Vortriebswirksamkeit im Riemenrudern. *Leistungssport*, 5, 33-39.
- Mattes, K., Schaffert, N., Manzer, S. & Böhmert, W. (2014b). Außenarmzug zur Steigerung der Vortriebswirksamkeit im Riemenrudern. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 65 (6), 166-170.
- Schwanitz, P. (1975). *Ruderspezifische Systembetrachtung und Analyse der Veränderungen rudertechnischer Parameter von männlichen Riemenrudern in drei Geschwindigkeitsbereichen*. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin.

# Vollautomatische zeitkontinuierliche Bestimmung intrazyklischer Phasengeschwindigkeiten von Schwimmerinnen bzw. Schwimmern im Schwimmkanal einschließlich Zugfrequenz und Zuglänge

(AZ 070602/13-14)

Rainer Lienhart (Projektleiter)<sup>1</sup>, Jürgen Kuchler<sup>2</sup>, Dan Zecha<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universität Augsburg, Institut für angewandte Informatik, Lehrstuhl für Multimedia und maschinelles Sehen

<sup>2</sup>Institut für Angewandte Trainingswissenschaft, Leipzig, Fachgruppe Schwimmen

## 1 Problemstellung

Videoaufzeichnungen von Schwimmerinnen und Schwimmern bilden eine wesentliche Grundlage für Einschätzungen des Bewegungsablaufes in der zyklischen Bewegung der Schwimmarten. Im Routinebetrieb der leistungsdiagnostischen Untersuchungen an den Diagnosezentren des Deutschen Schwimmverbandes (DSV) werden in der Regel nur qualitative Bewertungen der Bewegungsabläufe (Expertenurteile) durchgeführt, weil quantitative Analysen aktuell immer noch mit einem großen personellen Aufwand verbunden sind. Dieser Aufwand kann nur in Einzelfällen durchgeführt werden. Eine vollautomatische Videoanalyse, die zyklische Strukturen erfasst und daraus kinematische Parameter für eine biomechanische Analyse bestimmt, eröffnet neue Möglichkeiten auf dem Gebiet der Leistungsdiagnostik.

Ziel des hier vorgestellten Projekts war es, vollautomatisch – d. h. ohne mühsame und arbeitsintensive manuelle Auswertung – von einem Schwimmer bzw. einer Schwimmerin im Schwimmkanal des Instituts für angewandte Trainingswissenschaft (IAT) mittels softwarebasierter Auswertung der Videoaufnahmen zeitkontinuierlich Informationen über die intrazyklischen Phasengeschwindigkeiten während des Schwimmens in allen vier zulässigen Schwimmstilen (Brust, Kraul, Schmetterling und Rücken) zu ermitteln. Der Fokus lag zum einen auf „vollautomatisch“, d. h. Verfahren des maschinellen Sehens sollten ausschließlich zum Einsatz kommen, und zum anderen auf „zeitkontinuierlich“, d. h. intrazyklische Phasengeschwindigkeiten sollten fortlaufend über die Zeit bestimmt werden.

Die Entwicklung eines Systems zur vollautomatischen Bestimmung intrazyklischer Phasengeschwindigkeiten wurde dabei am Lehrstuhl für Multimedia und maschinelles Sehen (engl. Chair of Multimedia Computing and Computer Vision) umgesetzt, der auf langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der Lokalisierung, Erkennung und Schätzung der Pose von Objekten und Menschen aus Bild- und Videoaufnahmen zurückblicken kann. Diese wurde durch die Fachexpertise des IATs in der Leistungsdiagnostik und des Messplatztrainings im Allgemeinen und insbesondere im Schwimmsport unterstützt.

## 2 Methode

Alle gefragten Parameter werden aus Videodaten bestimmt, die in einem Schwimmkanal aufgenommen werden. Ein Schwimmkanal ist ein kleines Becken, in dem eine konstant fließende Strömung erzeugt werden kann. Durch eine gläserne Seitenwand sowie von außerhalb des Beckens von Videokameras gefilmt, führt eine Testperson nun regelmäßige Schwimmbewegungen in einer der vier Schwimmlagen aus. Abb. 1 zeigt die Perspektive einer Seitenkamera sowie beispielhaft die annotierte Pose der Schwimmerin.

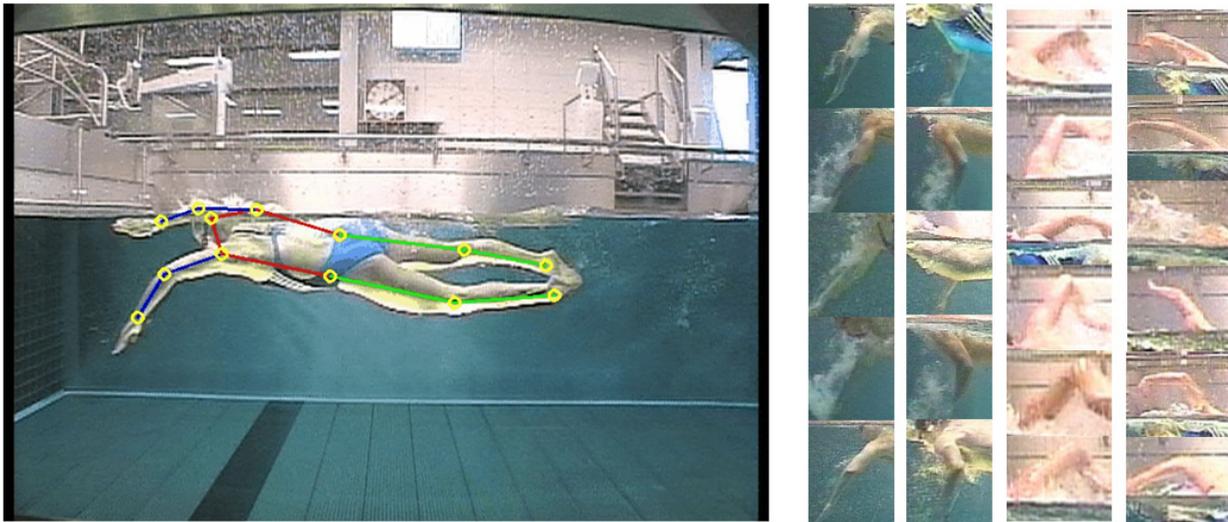


Abb. 1: Links: Kamerabild einer Schwimmerin im Schwimmkanal. Gelbe Kreise markieren die Positionen der Gelenke und damit die Gesamtpose  
Rechts: Ausschnitte aus verschiedenen Gruppen von Trainingsbildern für charakteristische Armstellungen

Bis dato werden diese Videoaufnahmen von Fachleuten (z. B. dem Trainer oder der Trainerin) ausgewertet. Dabei werden die Zeitpunkte des Auftretens zuvor festgelegter Schlüsselposen händisch markiert. Anhand der Annotationen können die gewünschten Parameter im Anschluss bestimmt werden. Diese Art der quantitativen Auswertung ist sehr zeitintensiv, da der Großteil der Einzelbilder eines Videos bewertet werden muss.

Die im Folgenden vorgeschlagene Alternative zur vollautomatischen Bestimmung von Schlüsselposen löst das Problem mittels Algorithmen aus dem Gebiet des maschinellen Sehens und ist an die Methodik von Zecha (2012) angelehnt. Dazu wird die Problemstellung auf folgende Betrachtungen reduziert:

Aus einem konstanten Strom von Einzelbildern sollen diejenigen Bilder detektiert werden, die eine vom Experten bzw. von der Expertin definierte Pose zeigen. Diese Posen werden als *Schlüsselposen* bezeichnet. Eine Schlüsselpose ist generell anhand von einzelnen Merkmalen der kompletten Pose definiert. Ein solches Merkmal ist zum Beispiel die Position oder der Winkel des Oberarms beim Freistilschwimmen. Die direkte Detektion eines solchen Merkmals mittels eines speziellen Detektors erweist sich in der Regel als schwierig, da es im Kamerabild z. B. zu (Eigen-)Verdeckung des Merkmals durch den Körper des Schwimmers oder der Schwimmerin kommt. Zusätzlich erschweren Luftblasen im Wasser, die vom Schwimmer oder von der Schwimmerin und den Abschlussgittern im Schwimmkanal erzeugt werden, die direkte Detektion. Es kann somit nicht garantiert werden, dass Schlüsselposen direkt bestimmt werden können. Da eine zyklische Bewegung aber eine vorhersehbare Struktur hat, kann das Auftreten von Schlüsselposen mittels Stützposen innerhalb eines Zyklus vorhergesagt werden. Eine *Stützpose*<sup>1</sup> beschreibt hierbei eine Körperhaltung, die im Gegensatz zu Schlüsselpose einwandfrei innerhalb einer wiederkehrenden Bewegung erkannt werden kann.

1 Während Schlüsselposen ausschließlich nach Gesichtspunkten der Leistungsdiagnostik und unabhängig von ihrer automatischen Bestimmbarkeit ausgewählt werden, werden Stützposen ausschließlich nach der Leichtigkeit und Güte ihrer automatischen Erkennbarkeit ausgewählt.

**Allgemeines Vorgehen.** Angelehnt an Felzenszwalb (2010) wird zunächst ein Modell zur Detektion eines Schwimmers oder einer Schwimmerin im Schwimmkanal trainiert. Die Anwendung eines solchen Modells auf jedes Bild eines Schwimmervideos gibt eine erste Schätzung für die Position der Testperson.

Das Modell wird mit weiteren Detektoren für die Arme des Schwimmers bzw. der Schwimmerin erweitert (Bourdev 2009). Hierzu wird zuerst eine Datenbank von Armhaltungen angelegt (Abb. 1), wobei sowohl die reinen Bilddaten der Arme wie auch ihre von einem Experten oder einer Expertin manuell erstellte Annotation der Gelenkpositionen gespeichert werden. Anhand der Annotationen werden alle möglichen Armhaltungen mittels Clusteranalyse in Gruppen eingeteilt. Eine speziell dafür entworfene Zielfunktion garantiert dabei, dass nur äußerlich und (im Zyklus eines Schwimmzugs) zeitlich ähnliche Armkonfigurationen in einer Gruppe zusammengefasst werden. Aus jeder Gruppe wird nun mittels einem maschinellen Lernalgorithmus jeweils ein Armdetektor trainiert. Jeder Armdetektor wird dann relativ zum Körperdetektor ausgewertet und funktioniert damit wie ein Sensor für die An- oder Abwesenheit eines Arms. Der Detektor erzeugt einen hohen Ausgabewert, wenn der Schwimmer oder die Schwimmerin sich in der zu dieser Armhaltung entsprechenden Körperhaltung befindet. Fährt er oder sie mit der Bewegung fort, so verändert sich auch die Armhaltung und der Ausgabewert des Armdetektors sinkt. Durch die Beobachtung der Ausgabewerte für jeden Armdetektor kann über die Zeit bestimmt werden, wann eine Stützpose am wahrscheinlichsten auftritt. Hierzu werden pro Armdetektor alle maximalen Korrelationswerte (einer pro Bild und detektierter Person) in einer Zeitreihe – auch Posensignal genannt – aggregiert. Um hochfrequentes Rauschen aus jedem Posensignal zu entfernen, werden diese mittels eines Gaußfilters geglättet. Der Zeitpunkt des Auftretens einer Stützpose ist dann durch jedes lokale Maximum im Posensignal gegeben, also den Zeitpunkten, an dem der Korrelationswert am größten ist.

Abb. 2 veranschaulicht diesen Prozess der Stützposengenerierung für einen Detektor. Es ist wichtig zu bemerken, dass nicht alle Armdetektoren gleich gut funktionieren. Da schlechte Schätzungen für Stützposen zu einer schlechten Schätzung der Schlüsselpose und damit zu falschen kinematischen Parametern führen würden, werden Posensignale anhand eines Selbstähnlichkeitsmerkmals sortiert und Signale mit schlechter Stützposenschätzung aussortiert.

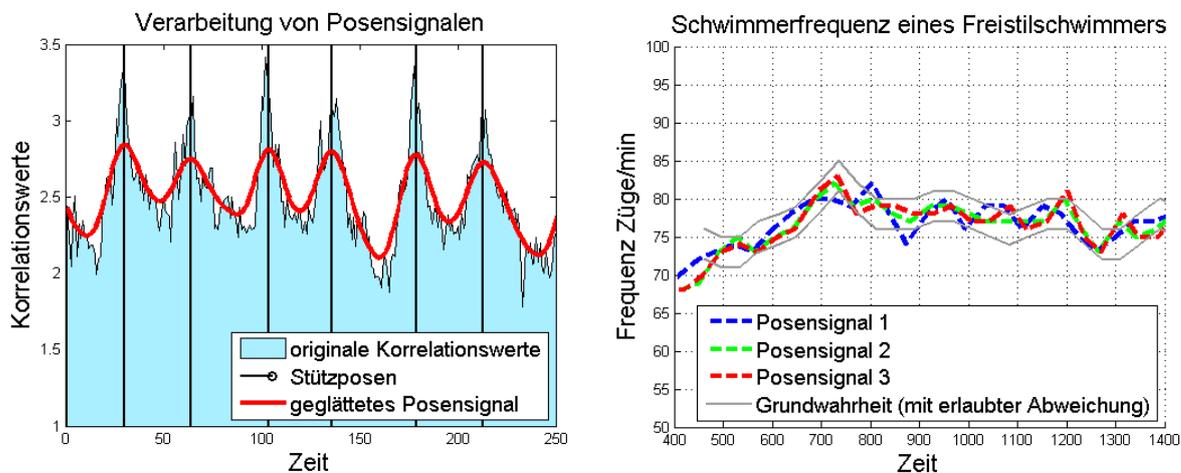


Abb. 2: Links: Generierung von Stützposen (schwarz) aus geglätteten (rot) Korrelationswerten eines Armdetektors mit einem Testvideo (blau).

Rechts: Berechnung der Schwimmerfrequenz aus den besten 3 Posensignalen. Der von grauen Graphen eingefasste Korridor stellt die erlaubte Abweichung von der Grundwahrheit dar.

In einem letzten Schritt wird mittels eines statistischen Schätzverfahrens der Zeitpunkt des Auftretens einer Schlüsselpose aus detektierten Stützposen gefolgert. Hierzu annotiert ein Experte oder eine Expertin auf einer Datenbank von Trainingsvideos das Auftreten aller für ihn interessanten Schlüsselposen. Anschließend werden sämtliche Stützposen mit dem Modell automatisch bestimmt und auf ihrer Grundlage ein Schätzer gelernt, der die markierten Schlüsselposen relativ zu den Stützposen möglichst optimal vorhersagt.

Im Anwendungsfall wird in einem unbekanntem Video nun zuerst der Schwimmer oder die Schwimmerin detektiert und dann mittels der Armdetektoren die Stützposen bestimmt. Der Schlüsselposenschätzer bestimmt schlussendlich die Bilder im Video, auf denen mit hoher Wahrscheinlichkeit eine Schlüsselpose abgebildet ist. Die kinematischen Parameter können dann durch die Intervalle zwischen regelmäßig auftretenden Schlüsselposen (Zugfrequenz wie in Abb. 2 rechts, sowie Zuglänge) sowie durch die zeitlichen Abstände zwischen dem Auftreten von zwei aufeinanderfolgenden Schlüsselposen (intrazyklische Phasenintervalle) bestimmt werden.

### 3 Ergebnisse

Das vorgeschlagene Modell zur automatischen Detektion von Schlüsselposen wurde jeweils für alle Schwimmlagen trainiert. Die Performanz der Modelle lässt sich wie folgt zusammenfassen:

Da auch menschliche Experten sich nicht immer einig sind, welches Bild exakt eine Schlüsselpose zeigt, wurde jede Schlüsselposenschätzung der Modelle dann als richtig gewertet, wenn sie innerhalb von  $\pm 2$  Halbbildern relativ zur menschlichen Annotation detektiert wurde. Somit konnten mit der besten Parameter- und Algorithmenwahl für das Gesamtsystem beispielhaft für Freistilschwimmer eine korrekte Detektion von 90 % der Schlüsselposen erreicht werden, wobei 70 % der Schätzungen nur eine Abweichung von  $\pm 1$  Halbbild von der Grundwahrheit hatten.

Für die Lagen Brust und Schmetterling wurden zudem Beindedektoren trainiert. Sie funktionieren genau wie Armdetektoren und sind notwendig, weil speziell in diesen Lagen die Beine zum einen Schlüsselposen definieren und die Beinsetzung zum anderen genauso wie die Armstellung ein wichtiger Indikator für die Gesamtpose ist.

Untereinander verglichen zeigt sich, dass die Modelle bei Brust- und Schmetterlingsschwimmen etwas schlechter funktionieren als Kraul- und Rückenmodelle. Dies liegt daran, dass Unterschiede in intrazyklische Phasenlängen zwischen verschiedenen Testpersonen wesentlich ausgeprägter sind und generalisierende Modelle daher Schwierigkeiten haben, Schlüsselposen immer zuverlässig zu detektieren.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die entwickelten Modelle mit der Leistung menschlicher Fachleute vergleichbar sind. Das iterativ am Lehrstuhl entwickelte Softwaresystem zur vollautomatischen Bestimmung der kinematischen Parameter braucht je nach Länge der Videoaufnahmen nur wenige Minuten, um alle Schlüsselposen zu bestimmen und kinematische Parameter abzuleiten. Es ist daher vollständig in der Lage, die aufwendige und zeitraubende Auswertungsarbeit von Trainerinnen bzw. Trainern und Trainingswissenschaftlern bzw. -wissenschaftlerinnen zu automatisieren. Für nähere Informationen zur Funktionsweise des Systems sowie eine detaillierten Beschreibung verwendeter Algorithmen und Auswertungen sei auf Zecha (2014a, 2014b, 2015) verwiesen.

## 4 Literatur

- Zecha, D., Greif, T. & Lienhart, R. (2012). Swimmer detection and pose estimation for continuous stroke-rate determination. In: *Proc. SPIE. Volume 8304*, 830410-830410-13.
- Felzenszwalb, P.F., Girshick, R.B., McAllester, D. & Ramanan, D. (2010). Object detection with discriminatively trained part based models. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 32, 1627-1645.
- Bourdev, L. & Malik, J.: Poselets (2009). Body part detectors trained using 3d human pose annotations. In: *International Conference on Computer Vision (ICCV)*.
- Zecha, D. & Lienhart, R. (2014a): [http://www.multimedia-computing.de/wiki/Swimmer\\_pose\\_estimation](http://www.multimedia-computing.de/wiki/Swimmer_pose_estimation).
- Zecha, D. & Lienhart, R. (2014b): Bestimmung intrazyklischer Phasengeschwindigkeiten von Schwimmem im Schwimmkanal mittels vollautomatischer Videoanalyse. *Technical Report 2014-04*, University of Augsburg, Institute of Computer Science.
- Zecha, D. & Lienhart, R. (2015): Key-Pose Prediction in Cyclic Human Motion. *IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision 2015 (WACV15)*, Waikoloa Beach, HI.



# Trainingswirkungsanalyse im Rudern mit dem Performance Potential Double Model

(AZ: 070701/14)

Mark Pfeiffer (Projektleitung), Christian Winter & Susanne Holzinger

Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Institut für Sportwissenschaft,  
Abteilung Theorie und Praxis der Sportarten

## 1 Problem

Fasst man beide Geschlechter zusammen, dann zählt der Rudersport mit 14 olympischen Wettbewerben zu einer medaillenreichen Sportart. Mit Fahrzeiten zwischen sechs und über sieben Minuten bei den Frauen und fünf bis sechseinhalb Minuten bei den Männern wird Rudern in die Gruppe der Kraft-Ausdauersportarten eingeordnet (Altenburg, Mattes, & Steinacker, 2008). Das Abschneiden Deutscher Olympioniken des Deutschen Ruderverbandes (DRV) zeigt seit 2000 in Sydney mit insgesamt sechs Medaillen, 2004 in Athen mit vier, 2008 in Peking mit zwei und 2012 in London mit drei Medaillen einen eher negativen Trend. Gleichzeitig besteht für die traditionsreiche und mit hohem Prestige versehene Sportart Rudern seit Jahrzehnten ein reges internationales Forschungsinteresse.

Dabei dokumentiert die Literatur einen deutlichen Untersuchungsschwerpunkt auf dem Gebiet der sportmedizinischen, biomechanischen und trainingswissenschaftlichen Leistungsdiagnostik, wogegen Publikationen zu Fragestellungen des Trainings unterrepräsentiert sind. Letzteres betrifft vor allem den Bereich der Trainingssteuerung d. h. der kurz-, mittel- und langfristigen Abstimmung und Ausführung aller Interventionsmaßnahmen des Trainingsprozesses zur Trainingszielerreichung (Hohmann, Lames, & Letzelter, 2010; Schnabel, Harre, Krug, & Borde, 2003). Gerade die Diskrepanz zwischen dem mit hohem Untersuchungsaufwand generierten und in hohem Grad differenzierten leistungsphysiologischen, biomechanischen und leistungsstrukturellen Wissen und dem defizitären Erkenntnisstand hinsichtlich der Relation von Trainingsinput und Leistungsoutput lässt auf Leistungsreserven im Bereich der Trainingssteuerung schließen.

Speziell im Rudersport, welcher von hohen Trainingsumfängen, Belastungsspitzen und einem saisonalen Wettkampfsystem geprägt ist (Altenburg et al., 2008), spielt mit zunehmendem Leistungsniveau die gezielte, auf den einzelnen Athleten bzw. die einzelne Athletin individuell abgestimmte Trainingssteuerung eine entscheidende Rolle. Zur optimalen Trainingssteuerung bei mehreren aufeinander folgenden Belastungsreizen stellt sich die Frage nach den resultierenden Trainingseffekten. Für die Trainingsplanung stellen detaillierte Kenntnisse über die Wechselwirkung zwischen dem absolvierten Training und der sportlichen Leistung bzw. einzelner Komponenten der Leistungsfähigkeit einen wichtigen Baustein dar. Die *simulative Trainingswirkungsanalyse* kann in der Trainingspraxis unterstützend bei der Optimierung des Trainingsprozesses eingesetzt werden.

Aufgrund der individuellen Prägung von Trainingsbelastungen – vor allem der daraus folgenden körperlichen Beanspruchungen – in Verbindung mit der interindividuellen Variabilität der nachfolgenden Anpassungsprozesse, können lediglich einzelfallbezogene Methoden zur Trainingswirkungsanalyse als gegenstandsadäquat angesehen werden (Mester & Perl, 2000; Hohmann et al., 2010). Berücksichtigt man darüber hinaus die *intraindividuelle Variabilität* der Leistungskenngrößen und vor allem der trainingsinduzierten Adaptationschronologie (vorwiegend bei langfristigen Trainingsprozessen), dann stoßen auch hier statistisch lineare zeitreihenanalytische Verfahren (z. B. Kreuzkorrelationen) mit ihren restriktiven Annahmen und Voraussetzungen (zeitkonstante Zusammenhänge, Stationarität) an ihre Grenzen.

Ausgehend von einer *systemdynamischen Betrachtung* des sportlichen Trainings und damit der Auffassung des Trainierenden als System, wurden zur Lösung der skizzierten Probleme auf dem Gebiet der Trainingswirkungsanalyse antagonistische Modelle zur Untersuchung von Adaptationsprozessen, d. h. der Input-Output-Relation (vgl. Abb. 1) entwickelt. Die bisher am besten erforschten Modelle sind das bereits Mitte der 1970er Jahre von der Arbeitsgruppe um Banister entwickelte mathematische *Fitness-Fatigue-Modell* (FF-Modell) (Banister, Calvert, Savage, & Bach, 1975; Busso, 2003; Chalencon et al., 2015) und das informatische *Performance-Potential-Modell* (PerPot) von Perl (Perl, 2002)<sup>1</sup>. Allerdings ist die modellseitige Begrenzung des Trainingsinputs auf lediglich *eine Variable* kritisch zu bewerten, da hierdurch wichtige Informationen des Trainings, genauer der Trainingsbelastung verloren gehen (vgl. Taha & Thomas, 2003).

Mit dem Performance Potential Double Model (PerPot DoMo) wurde jüngst ein antagonistischer Modellansatz zur Trainingswirkungsanalyse vorgestellt, der es ermöglicht, die Trainingseffekte auch in Abhängigkeit der Gestaltung von Trainingsumfang und -intensität zu untersuchen (Perl & Pfeiffer, 2011)

Die zentrale Zielstellung des Projekts bestand darin zu prüfen, inwieweit das PerPot DoMo zur simulativen Trainingswirkungsanalyse im Rudersport eingesetzt werden kann. Dabei sollte in einem ersten Schritt untersucht werden, ob sich die realen Leistungswerte basierend auf den Trainingsdaten mittels PerPot DoMo simulieren lassen (Modellanpassung). In einem zweiten Schritt sollte geprüft werden, ob sich ausgehend von einer individuellen Modellanpassung (Kalibrierung) zukünftige Leistungswerte anhand von realen Trainingsdaten vorhersagen lassen (Prognose).

## 2 Methode

Im Rahmen des beantragten Forschungsprojekts wurden prozessbegleitend die Trainings- und Leistungsdaten von vier Bundeskaderathleten des Deutschen Ruderverbandes (DRV) erhoben. Der Erhebungszeitraum erstreckte sich über fünf Monate und wurde am saisonalen Trainingsaufbau der untersuchten Kader ausgerichtet.

Zur Überprüfung der Modellgüte, vor allem hinsichtlich der trainingspraktischen Nutzungsmöglichkeiten, sind Datenreihen über längere Trainingszeiträume enorm wichtig. Das Modell muss in der Lage sein sowohl kurz-, mittel- als auch langfristige Trainingseffekte hinreichend exakt abzubilden, damit es später als Routineverfahren im sportpraktischen Handlungsfeld auch eingesetzt werden kann.

### 2.1 Untersuchte Athletinnen und Athleten

Während des einjährig konzipierten Projekts wurden prozessbegleitend die Trainings- und Leistungsdaten von zwei Ruderinnen und zwei Ruderern des Bundesstützpunkts Nachwuchs des DRV und des Landesleitstützpunkts für Rheinland-Pfalz im Zeitraum von November 2013 bis März 2014 erhoben. Alle waren leichte Skuller (SM LG Skull) verschiedener Altersklassen. Sie hatten dadurch alle unterschiedliche Saisonhöhepunkte (JWM, U23-WM, WM), die auf die olympische Bootsklasse Doppelzweier (SM 2x, Leichtgewicht) ausgerichtet waren.

---

1 Aufbauend auf dem PerPot existiert mit dem SimBea-Modell (Brückner, 2006; Brückner & Wilhelm, 2008) zwar ein weiteres informatisches Modell mit einer antagonistischen Grundstruktur. Da es sich jedoch in seinen wesentlichen Merkmalen und mathematischen Algorithmen nicht vom PerPot unterscheidet, wird im Weiteren auf die Darstellung verzichtet.

## 2.2 Modellierung mit dem PerPot DoMo

Das PerPot DoMo baut auf der Grundstruktur des PerPot auf, ermöglicht jedoch die Analyse der Wechselbeziehung von Training und Leistung unter Berücksichtigung zweier Trainingskenngrößen. Das PerPot DoMo beinhaltet zwei PerPot-Modelle, deren Basis-Struktur aus dem zentralen Strukturelement „Performance-Potential“ (PP) besteht, welches über Flüsse in Abhängigkeit von einer Trainingsbelastung (Training) veränderbar ist und den Zustand der sportlichen Leistung bzw. Leistungsfähigkeit repräsentiert. Die Wirkungen auf die beiden PPs sind dabei grundsätzlich von der Zeit (t) abhängig (Abb. 1).

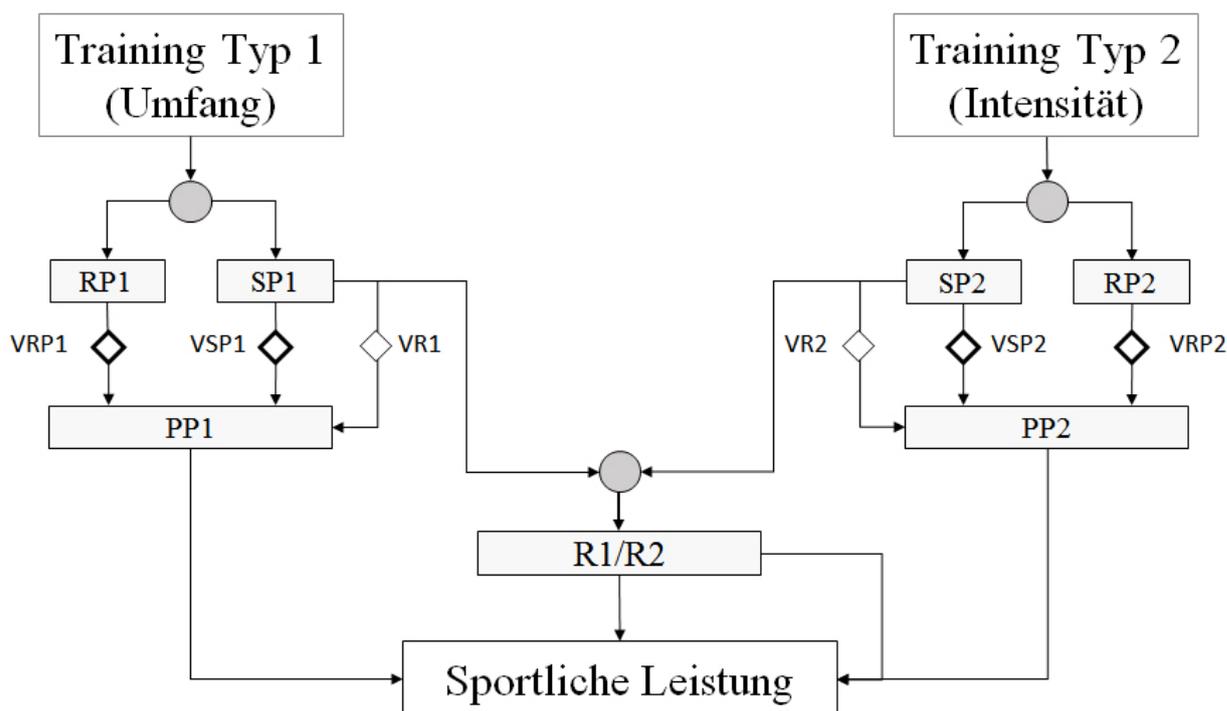


Abb. 1: Modellstruktur des Performance Potential Double Model (PerPot DoMo) (Erläuterungen im Text)

Bei der eingehenden Trainingsbelastung können die beiden Typen „Trainingsumfang“ und „Trainingsintensität“ unterschieden werden. Sie werden über die Zeit in gleicher Weise in einem Strain-Potential (SP) und einem Response-Potential (RP) zwischengespeichert, wobei SP abbauend (negativ) und RP(t) aufbauend (positiv) auf PP wirkt. Da diese Wirkungen üblicherweise zeitverzögert eintreten, wurden Verzögerungsparameter für SP und RP implementiert (VSP, VRP), die entsprechend der gewählten Zeitskala Hinweise über die Dauer des positiven und negativen Einflusses liefern. Um das Phänomen des Übertrainings (Kollaps-Effekt) modellseitig nachzubilden, wurde ein Überlauf (Overflow) implementiert (R). Der Überlauf wird aktiviert, wenn die vorher im Rahmen der Kalibrierung festgelegten Kapazitätsgrenzen von SP1 und SP2 überschritten werden. Die Verzögerung von VR1 bzw. VR2 sind deutlich geringer als die von VSP1 bzw. VSP2, so dass bei Aktivierung des Überlaufs die Leistungsminderung zeitlich verkürzt erfolgt.

## 2.3 Trainingsdaten

Jede ruderspezifische Trainingseinheit wurde anhand einer mit dem Trainer abgesprochenen kategorialen Trainingsdokumentation erfasst, so dass pro Trainingseinheit (TE) Umfangskennwerte (Gesamttrainingszeit) und Intensitätsgrößen bestimmt werden konnten. Die Trainingsdaten wurden anschließend tageweise aggregiert.

## 2.4 Leistungsdaten

Ausgehend von der Anforderungsstruktur im olympischen Rudersport, dem aktuellen Forschungsstand und den einschränkenden Rahmenbedingungen einer trainingsbegleitenden Diagnostik (einmaliges Testen pro Woche) wurde zur Bestimmung der ruderspezifischen Leistungsfähigkeit ein 1000m-All-Out-Test auf einem Concept II-Ergometer mit FES Messtechnik absolviert. Als Leistungswert wurde die mittlere Geschwindigkeit definiert. Die Testdurchführung erfolgte unter Berücksichtigung des circadianen Zyklus jeweils zur gleichen Tageszeit nach einer standardisierten Einruderphase.

# 3 Ergebnisse

Vor dem Hintergrund des zentralen Projektanliegens soll nachfolgend anhand ausgewählter Beispiele von zwei Athletinnen (R1, R2) und einem Athlet (R3) aufgezeigt werden,

- › in welchem Maße eine Abbildung der realen Leistungswerte durch individuelle Anpassung der PerPot DoMo Parameter gelingt (Modellanpassung)
- › und mit welcher Güte die individuellen Leistungswerte hiermit vorhergesagt werden können (Prognose; wurde bisher nur für R2 und R3 erstellt).

## 3.1 Modellanpassung

Als Maß für die Modellanpassung wurde die mittlere relative Abweichung zwischen den realen und den mittels PerPot DoMo simulierten Leistungswerten herangezogen. Für den gesamten Untersuchungszeitraum (105 Tage) lag die mittl. rel. Abw. bei den drei Beteiligten zwischen 0,23 % und 0,53 % (Abb. 2).

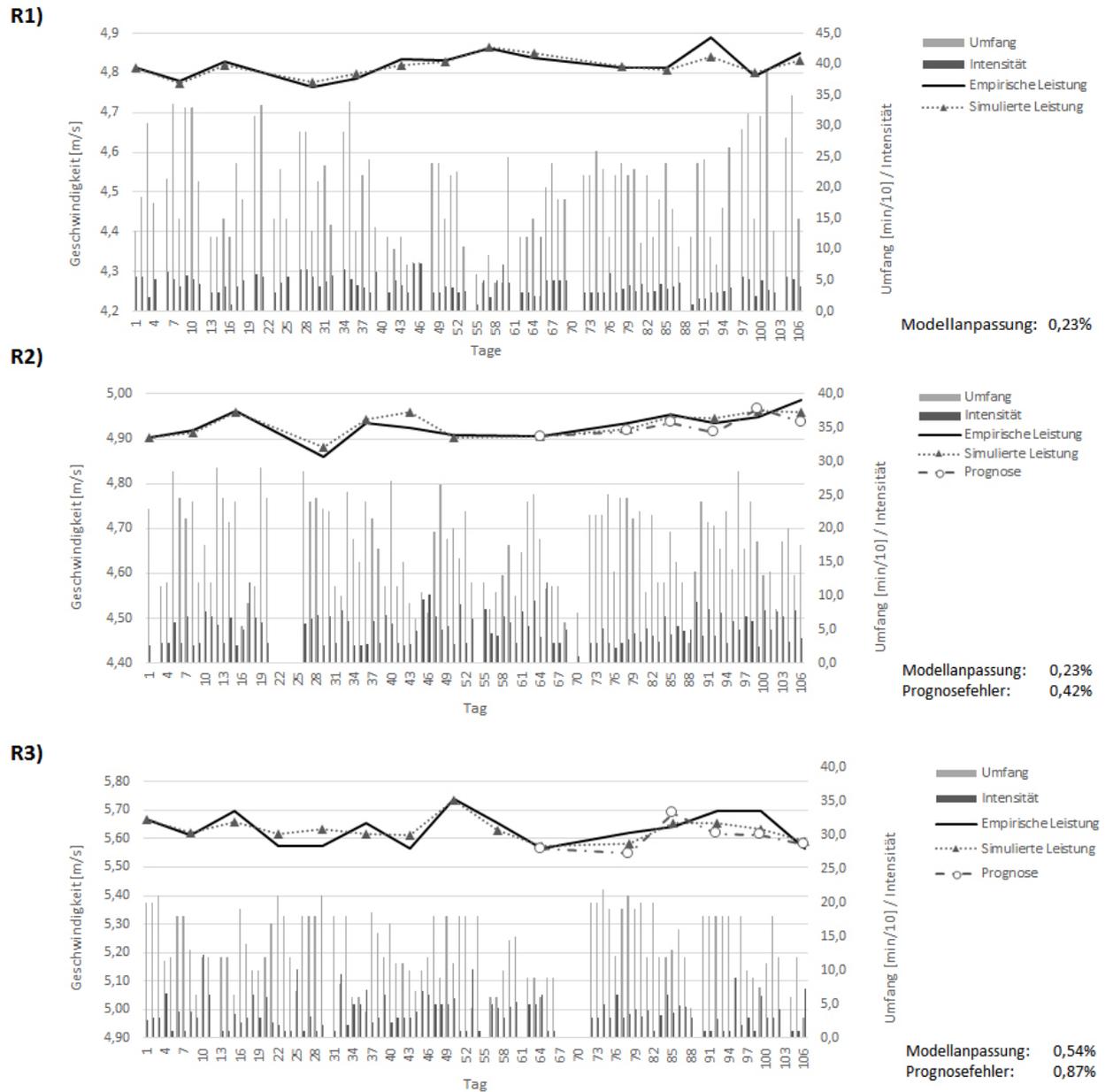


Abb. 2: Modellanpassung und Prognose für die beiden Ruderinnen (R1, R2) und den Ruderer (R3) (Erläuterungen im Text)

### 3.2 Prognose

Für die Prognose wurden die PerPot DoMo-Modellparameter (Verzögerungsparameter und Normierungsfaktoren) unter Verwendung der Trainings- und Leistungsdaten der Tage 1 bis 63 individuell angepasst (Kalibrierungsphase). Anschließend wurden diese individuell angepassten Parametereinstellungen verwendet, um die Leistungswerte für den verbleibenden Zeitraum zu simulieren. Die Beurteilung der Prognosegenauigkeit erfolgt anhand der mittleren relativen Abweichung zwischen den realen und den mittels PerPot DoMo basierend auf den realen Trainingsdaten simulierten Leistungswerten (Tag 64 bis 105). Der Prognosefehler beträgt für R2 0,42 %, für R3 0,87 % (Abb. 2).

## 4 Diskussion

Mit dem PerPotDoMo wurde ein antagonistischer Modellansatz präsentiert, mit dem es erstmals möglich ist, die Relation zwischen Training und Leistung unter der Berücksichtigung von Trainingsumfang und -intensität abzubilden.

Die Ergebnisse im Rudern zur *Modellanpassung* verdeutlichen, dass – selbst für längere Trainingsperioden – eine zufriedenstellende Abbildung der Wechselbeziehung zwischen Training und Leistung mit dem PerPot DoMo gelingt. Für die *Prognosegenauigkeit* konnte gezeigt werden, dass Leistungsvorhersagen für einen Zeitraum von knapp über 40 Tagen mit aus sportpraktischer Sicht akzeptablen Fehlern (< 1 %) möglich sind.

Insgesamt bleibt zu konstatieren, dass aufgrund der vorliegenden Ergebnisse von Modellanpassung und Prognosegenauigkeit die simulationsbasierte Trainingswirkungsanalyse mittels PerPotDoMo grundsätzlich geeignet erscheint, flankierend mit anderen Maßnahmen den Trainingsprozess im Rudern zu unterstützen und zu optimieren. Beispielsweise könnte im Anschluss an die individuelle Modellkalibrierung die Wirkung geplanter Trainingsmaßnahmen (z. B. ein Meso- oder Makrozyklus) auf die sportliche Leistungsfähigkeit simuliert und das Ergebnis anschließend mit den Erwartungen abgeglichen werden.

## 5 Literatur

- Altenburg, D., Mattes, K., & Steinacker, J.M. (2008). *Handbuch Rudertraining: Technik – Leistung – Planung*. Wiebelsheim: Limper.
- Banister, E.W., Calvert, I.W., Savage, M.V., & Bach, I.M. (1975). A system model of training for athletic performance. *Australian journal of sports medicine*, 7 (3), 57-61.
- Brückner, J.P. (2006). *Training im Leistungssport: Modellierung und Simulation von Adaptationsprozessen*. Dissertation, Christian-Albrecht-Universität, Kiel.
- Brückner, J.P., & Wilhelm, A. (2008). Modellierung von individuellen Anpassungsprozessen. *Leistungssport*, 38 (2), 21-26.
- Busso, T. (2003). Variable dose-response relationship between exercise training and performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 35 (7), 1188-1195.
- Chalencon, S., Pichot, V., Roche, F., Lacour, J. R., Garet, M., Connes, P., & Busso, T. (2015). Modeling of performance and ANS activity for predicting future responses to training. *European journal of applied physiology*, 115 (3), 589-596. doi: 10.1007/s00421-014-3035-2
- Hohmann, A., Lames, M., & Letzelter, M. (2010). *Einführung in die Trainingswissenschaft*. Wiebelsheim: Limpert.
- Mester, J., & Perl, J. (2000). Grenzen der Anpassungs- und Leistungsfähigkeit aus systematischer Sicht - Zeitreihenanalyse und ein informatisches Metamodell zur Untersuchung physiologischer Adaptationsprozesse. *Leistungssport*, 30 (1), 43-51.
- Perl, J. (2002). Adaptation, Antagonism and System Dynamics. In G. Ghent, D. Kluka & D. Jones (Eds.), *Perspectives – The Multidisciplinary Series of Physical Education and Sport Science*, 4 (pp. 105-125). Oxford: Meyer & Meyer Sport.
- Perl, J., & Pfeiffer, M. (2011). PerPot DoMo: Antagonistic Meta-Model Processing two Concurrent Load Flows. *International journal of computer science in sport*, 10 (2), 85-92.
- Schnabel, G., Harre, D., Krug, J., & Borde, A. (2003). *Trainingswissenschaft*. Berlin: Sportverlag.
- Taha, T., & Thomas, S. G. (2003). Systems modelling of the relationship between training and performance. *Sports medicine*, 33 (14), 1061-1073.



# Automatisierte Wettkampfanalyse im Beachvolleyball auf Basis von Bilderkennung

(AZ 070804/12-13)

Daniel Link<sup>1</sup> (Projektleitung) & Björn Eskofier<sup>2</sup> (Kooperationspartner)

<sup>1</sup>Lehrstuhl für Trainingswissenschaft und Sportinformatik, Technische Universität München

<sup>2</sup>Pattern Recognition Lab, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

## 1 Motivation

Videobasierte Eigen- und Gegneranalysen sind wichtige Elemente der Wettkampfvorbereitung in Sportspielen. Sie erlauben es, taktische und technische Charakteristika von Spielerinnen und Spielern sowie Mannschaften aufzudecken und so Strategien für Training und Wettkampf abzuleiten. In der Praxis wird die Erfassung und Auswertung von Spieldaten durch spezielle Softwaretools unterstützt. Eine wesentliche Basisfunktionalität ist die Zerlegung von Videoaufnahmen in einzelne Sequenzen und die Zuordnung von Beobachtungsmerkmalen. Hierdurch können Statistiken erzeugt und Videoszenen gezielt angesteuert werden, um beispielsweise Qualitative Analysen durchzuführen.

Zur Verbesserung des Aufwand-Nutzen-Verhältnis beim Scouting wurde in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Volleyball Verband ein Spielbeobachtungsverfahren entwickelt, bei dem Ballwechsel nach ihren räumlich-zeitlichen Strukturen mittels Positionsdaten klassifiziert werden (Link & Ahmann, 2013). Diese können nicht nur genutzt werden, um Spielzüge besser zu visualisieren, sondern auch, um Beobachtungsmerkmale automatisch zu berechnen, die sonst durch den Scouter qualitativ beurteilt und manuell eingegeben werden müssten. Für die technische Unterstützung des Verfahrens wurden in einer ersten Projektphase zwei Spielbeobachtungstools *BeachScouter* und *BeachViewer* entwickelt, bei denen die Optimierung der Datenerfassung sowie die Erweiterung der Auswertungsmöglichkeiten durch Positionsdaten im Fokus standen. Diese Tools bilden heute die Grundlage für die Spielbeobachtung der deutschen Nationalteams.

Um die volle Analysetiefe für die Auswertung zur Verfügung zu haben, müssen die Positionsdaten manuell über einen Touch-Screen erfasst werden. Die zeitliche Dauer dieses Prozesses umfasst in etwa die Spieldauer, so dass im praktischen Einsatz auch hier Kosten-Nutzen-Überlegungen relevant werden. Idee und Ziel des Projektes bestand in der automatischen Erfassung von Spielerpositionen über Bilderkennungsverfahren und der Integration des Verfahrens in die bestehende Softwarelandschaft. Die folgenden Abschnitte beschreiben das Zusammenspiel der entwickelten Werkzeuge, das Verfahren zur Bilderkennung sowie die erreichte Trackingqualität.

## 2 BeachScouter, BeachViewer und BeachTracker

Der Analyseprozess wird über drei separate Softwaretools realisiert. *BeachScouter* erlaubt eine effiziente manuelle Datenerfassung unter Berücksichtigung des sportartspezifischen Spielrhythmus, während der *BeachViewer* eine spezifische Datenanalyse ermöglicht (Link, 2014). Mit Hilfe des *BeachTrackers* ist es möglich, die Spielerinnen und Spieler automatisiert aus den Videoaufnahmen zu identifizieren. Die Entscheidung für die Entwicklung von getrennten Softwarewerkzeugen erfolgte vor dem Hintergrund, dass Datenerfassung und Datenauswertung inhaltlich und zeitlich unabhängige Prozesse sind, die in der Regel von verschiedenen Personen durchgeführt werden. Die Aufteilung der Funktionen in drei Werkzeuge hat den Vorteil, dass das einzelne schlanker und übersichtlicher gehalten werden kann. Die Arbeitsschritte sowie das Zusammenspiel der verschiedenen Tools ist in Abb. 1 dargestellt.

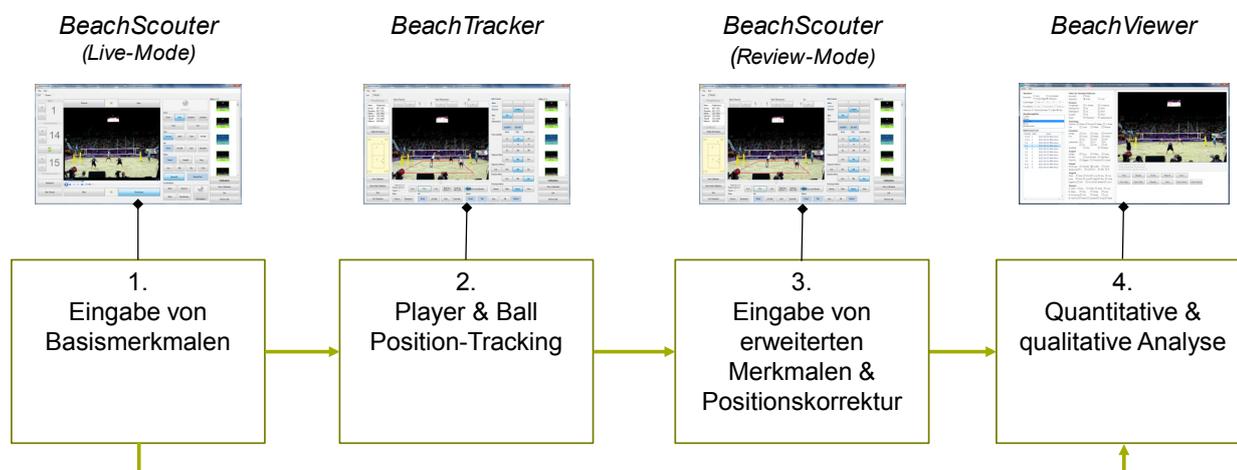


Abb. 1: Darstellung des Zusammenspiels der Beobachtungstools. Mittels BeachScouter wird im Live-Mode eine Basisannotation erzeugt, auf deren Basis die Erkennung der Spielerpositionen im BeachTracker erfolgt. Im BeachScouter können diese Daten bei Bedarf überarbeitet und die Annotation mit weiteren Merkmalen ergänzt werden. Die leistungsdiagnostische Auswertung der Daten erfolgt mit dem BeachViewer.

Der BeachScouter dient der Erfassung der Daten. Eine zentrale Anforderung besteht darin, unmittelbar nach einem Spiel eine erste Basisauswertung verfügbar zu haben, um rechtzeitig Analysen durchführen und die Spielerinnen und Spieler informieren zu können. Gleichzeitig müssen komplexere Auswertungen möglich sein, die einen größeren Zeitaufwand erfordern und möglicherweise erst nach einem Turnier zu leisten sind. Der BeachScouter unterstützt deswegen zwei Betriebsmodi: Im *Live-Modus* erfolgt die Eingabe der Start- und Endzeitpunkt der Ballwechsel, sowie der wichtigsten Beobachtungsmerkmale (z. B. Aufschlag, Annahme, Erfolg, Spielstand). Diese erste Annotation kann im *Review-Mode* um Positionsdaten und detaillierte Merkmale (z. B. Annahmelateralität) ergänzt werden.

Der BeachTracker verwendet die Start- und Endpunkte sowie die Spielerkonfiguration der Ballwechsel und erweitert diese um Positionsinformationen. Hierbei wird auf Verfahren der *computer vision* zurückgegriffen (siehe nachfolgender Abschnitt). Die Korrektur von Tracking-Fehlern erfolgt manuell im Review-Modus des BeachScouter, wobei bei Bedarf auch weitere Beobachtungsmerkmale eingegeben werden können.

Die Datenanalyse erfolgt mittels des BeachViewers. Dieser 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 im Rahmen der quantitativen Voranalyse generiert werden. Die Vorgehensweise bei der Filterung hängt von den individuellen Präferenzen der Trainer bzw. Trainerinnen ab. Beispielweise wird häufig versucht, Zusammenhänge zwischen der räumlich/zeitlichen Konstellation eines Spielzugs (z. B. Anlaufrichtung) und der Folgehandlung erkennen zu können. Dies ermöglicht Spielsituationen zu identifizieren, bei denen ein Spieler bzw. eine Spielerin Tendenzen im Angriffsverhalten zeigt (z. B. Schlagrichtung).

### 3 Trackingverfahren

Das Tracking von Spielerinnen bzw. Spielern in Videos, wie sie im Alltag der Spielbeobachtung herzustellen sind, ist ein anspruchsvolles algorithmisches Problem. Die optische Situation ist gekennzeichnet von veränderlicher Sandstruktur durch Spielerbewegungen, veränderlichen Spielergrößen und -umrissen, wechselnde geometrische Bedingungen durch unterschiedliche Kamerapositionen, veränderlichen Farbbedingungen durch Sonneneinstrahlung, Okklusionen von Spielern, Überlagerung von Spielern und Publikum sowie der Existenz einer Vielzahl sonstiger beweglicher Objekte im Bildbereich (vgl. Abb. 2). Darüber hinaus muss von einem einzigen Kamerabild ohne die Möglichkeit einer Kalibrierung auf dem Spielfeld ausgegangen werden.



Abb. 2: Darstellung drei typischer Wettkampfvideos. Im linken Video umfassen die hinteren Spieler aufgrund der Perspektive nur wenige Bildpunkte. Gleichzeitig ist die Ausleuchtung inhomogen und die Farbinformationen der Spieler damit von ihrer Position auf dem Feld abhängig. Das mittlere Video zeigt eine deutliche bessere Perspektive, wobei allerdings auch hier die Ausleuchtung inhomogen ist. Das rechte Video erlaubt das beste Tracking. Schwierigkeiten können evtl. entstehen, weil die hinteren Spieler optisch in den bewegten Hintergrund hineinragen.

Um diesen Bedingungen gute Ergebnisse zu erzielen, bedarf es eines Verfahrens, das im Vorfeld nur wenige Annahmen über die optische Situation trifft (Abb. 3). Der BeachTracker nimmt in einem ersten Schritt eine Trennung von Hintergrundes von den beweglichen Objekten vor (*background subtraction*). Zunächst wird ein Durchschnittsbild (a) über eine Menge von Videoframes berechnet. Für jedes Videoframe (b) wird in Bezug auf dieses Hintergrundbild ein Differenzbild berechnet. Dieses Differenzbild (c) wird zunächst in Graustufen, dann in ein Binärbild (d) umgewandelt. Nach Anwendung verschiedener Filter wird die resultierende Maske über das Ursprungsframe gelegt. In dem resultierenden Bild (e) erfolgt in einem zweiten Schritt die Spielererkennung (*blob detection*). Hierfür das Bild systematisch durchsucht, wobei insbesondere die Umgebung, der im vorherigen Frame erkannten Position betrachtet wird (f). Die Erkennung erfolgt auf Basis eines Partikel-Filters, wobei für jeden Spieler eine eigene Partikelwolke verwendet wird. Das Partikelgewicht berücksichtigt Objektform (g) sowie Farb- (h) und Bewegungsinformationen. Die Farbinformationen werden insbesondere benötigt, um zwischen verschiedenen Objekten differenzieren zu können (Details zum Verfahren bei Gomez, Herrera-López, Link & Eskofier, 2014).

Die Evaluation des Verfahrens erfolgte durch einen Vergleich der berechneten Koordinaten mit den Koordinaten, die manuell über den Review-Modus des BeachScouters erhoben wurden (*ground truth*). Eine gemessene Spielerposition wurde als korrekt bezeichnet, wenn die Distanz zur *ground truth* unterhalb eines halben Meters lag. Die Erkennungsrate hängt hochgradig von der Charakteristik der Videoaufnahme ab. Sie reicht in den in Abb. 2 dargestellten Beispielsvideos für Spieler/Spielerinnen der Kamera abgewandten Seite von 25 bis 70 % und für Spieler/Spielerinnen der zugewandten Seite von 36 bis 86 % (ansteigende Qualität von links nach rechts).

## 4 Fazit

Das Verfahren erkennt bis zu ca. 75 % der relevanten Positionen. Allerdings ist die Erkennungsquote hochgradig von den Eigenschaften der Videos abhängig. In Konsequenz muss – sofern vollständig valide Daten benötigt werden – eine manuelle Nachbearbeitung der Positionen erfolgen. Dieser Umstand repräsentiert den heutigen Stand der Technik optischer Trackingsysteme für den Einsatz unter variablen Umgebungsbedingungen (vgl. Fußball-Bundesligen). Die Sportpraxis steht vor der grundsätzlichen Entscheidung eine bestimmte Fehlerquote zu tolerieren oder zusätzliche Ressourcen in die Nachbearbeitung zu investieren. Die Abwägung muss sicherlich vor dem Hintergrund des leistungsdiagnostischen Mehrwertes der Positionen im Einzelfall erfolgen.

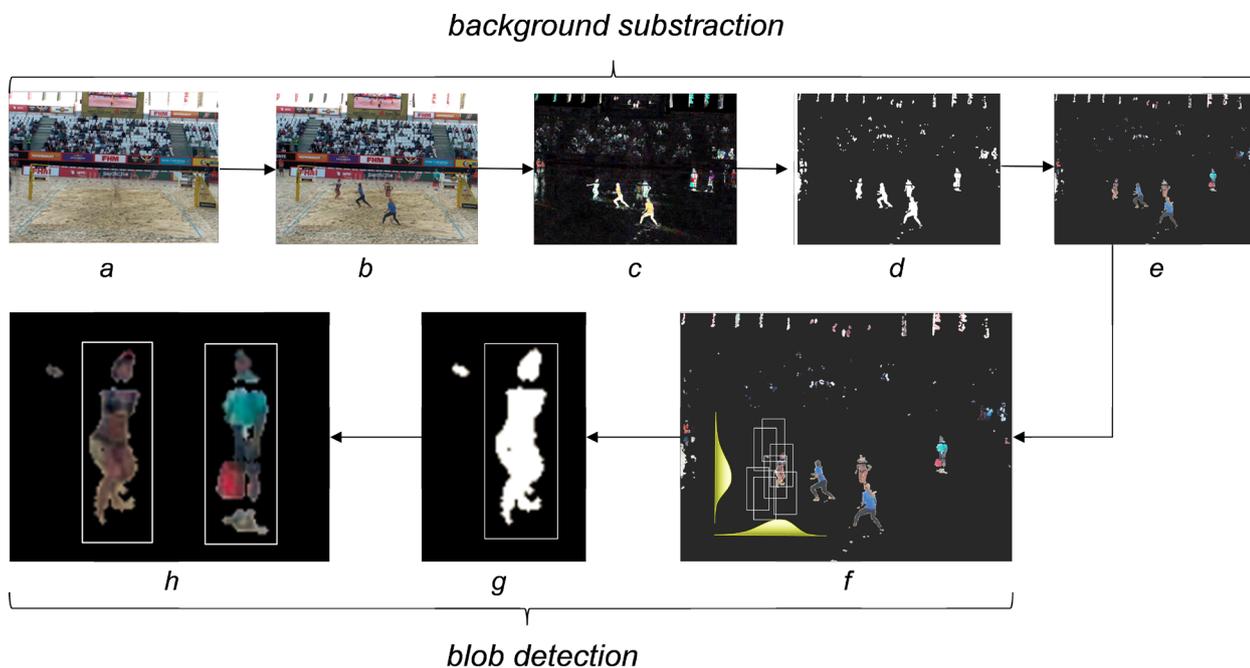


Abb. 3: Verfahren der automatischen Spielererkennung. Die Erkennung erfolgt in einem zweistufigen Verfahren auf Basis der Spielerform und ihrer Farbinformation (Erläuterungen im Text).

Anders stellt sich die Situation unter Umständen in Sportarten mit optisch einfacheren Umgebungen dar (gleiche Farbräume, homogene Hintergründe, keine Okklusion, Laborsituationen) wie bspw. Curling (bei Aufnahme von oben) oder Goalball. Hier können ohne Nachbearbeitungen Ergebnisse erzielt werden, die nahe an einen menschlichen Beobachter heranreichen (ca. 95 % erkannte Abwurfsektoren im Goalball; vgl. Weber & Link, 2014).

## 5 Literatur

- Link, D. (2014). A Toolset for Beach Volleyball Game Analysis Based on Object Tracking. *International journal of computer science in sport*, 13 (1), 24-35.
- Link, D. & Ahmann, J. (2013). Moderne Spielbeobachtung im Beach-Volleyball auf Basis von Positionsdaten. *Sportwissenschaft*, 43 (1), 1-11.
- Gomez, G. Herrera-López, P., Link, D. & Eskofier, B (2014). Tracking of Ball and Players in Beach Volleyball Videos, *PLoS ONE* 9 (11): e111730. doi:10.1371.
- Weber, C. & Link, D. (2014). Goalball – Performance Analysis in a Paralympic Sport. In G. Sporis, Z. Milanovic, M. Huges & D. Skegro (Eds.), *ISPAS World Congress of Performance Analysis of Sport X, Book of Abstracts* (pp. 114-115). Zagreb: University of Zagreb.



# Das Yips-Phänomen als „Leistungskiller“ im Spitzensport – Prävention und Rehabilitation am Beispiel des Putt-Yips in der olympischen Sportart Golf

AZ 070808/13 – 14

Bernd Gerland & Markus Raab (Projektleiter)

Deutsche Sporthochschule Köln, Psychologisches Institut

## 1 Problem

Im Sport, aber auch in anderen Tätigkeiten treten immer wieder motorische Störungen auf. Diese motorischen Störungen werden beispielsweise im Trampolin- und Turmspringen „Lost Move Syndrom“ (LMS) genannt (Day, Thatcher, Greenless & Woods, 2006; Tenn, 1995a) und im Bogenschießen wird von einer „Target Panic“ gesprochen (Kidwell, 2008). Im Cricket und im Golfsport wird das Yips-Phänomen beschrieben, welches sich in unwillkürlichen Bewegungen der Hand und/oder des Unterarmes während der Durchführung einer Wurfbewegung bzw. eines Schlages äußert (Bawden & Maynard, 2001; McDaniel, Cummings & Shain, 1989). Im Cricket berichten betroffene Sportler u.a. von der Sinnesempfindung, beim Wurfversuch („bowlen“) den Ball nicht mehr loslassen zu können (Bawden & Maynard, 2001). Beim Golf wird häufig ein unwillkürliches Zucken der Hände während der Putt-Bewegung beschrieben, welches die Leistungsfähigkeit mindert (McDaniel et al., 1989). Der Name Yips ist ein Eigenbegriff, der im Golfsport geprägt wurde und sich auf eine gestörte Bewegungsausführung vorrangig beim Putten bezieht (Smith et al., 2003). Lobinger, Klämpfl und Altenmüller (2014, S. 3) fassen die genannten Phänomene unter dem Oberbegriff „paradoxical performance“ zusammen.

Das vorliegende Forschungsprojekt untersucht den Putt-Yips im Golf. Im Golfsport können sich durch den chronischen Yips deutliche Leistungseinbußen bis hin zum Karriereabbruch ergeben, da die Motorik der Betroffenen teilweise nachhaltig gestört ist, so dass die Tätigkeit nicht mehr sinnvoll und zielgerichtet ausgeführt werden kann (Haney & Rudy, 2006; Klawans, 1996). Die gegenwärtige Ätiologie erstreckt sich von psychologischen Erklärungsansätzen bis hin zu einer neurologischen Ursachenzuschreibung (Lobinger et al., 2014; Smith et al., 2003). Aufgrund der unklaren Ursachenerklärung existieren keine wissenschaftlich geprüften Interventionsverfahren. In diesem Projekt wird ein spezifisches Interventionstraining bei Betroffenen im Golfsport angewendet, um wieder Kontrolle über die Motorik zu erlangen. Aus der Interpretation der Wirkweise von exploratorisch eingesetzten Übungen werden neue Hypothesen zum Yips generiert und das Verständnis zum bisher wenig erforschten Phänomen wird erweitert. Hierzu werden eine Studie zur Diagnostik und eine Studie zur Intervention vorgestellt.

## 2 Methoden und Ergebnisse

### 2.1 Diagnostikstudie

In der Diagnostik wurden 131 Golfspieler -spielerinnen aus dem Freizeit- und Leistungsbereich (Handicap -54 – +5), im Alter zwischen 13 und 75 Jahren mittels einer ultraschallbasierten kinematischen Bewegungsanalyse auf Yips getestet. Die einhändige Putt-Ausführung mit der dominanten Armseite erwies sich dabei in Verbindung mit einem Grafik-Rating als sensible Methode zur Diagnostik des Yips. Durch die grafische Beurteilung eines spezifischen Rotationsparameters (SDROTRATE) konn-

ten auch latente Formen des Yips aufgedeckt werden. Der Parameter SDROTRATE beschreibt die Standardabweichung der dynamischen Veränderung der Schlägerkopffrotation im Vorwärtsschwung einer Putt-Bewegung. Dieser Wert wurde in früheren Forschungsarbeiten beim einhändigen Putt-Test als abhängige Variable und objektives Yips-Kriterium beschrieben (Klämpfl et al., 2013b; Klämpfl et al., 2015; Strauss, 2013). Anhand des ausdifferenzierten Schwellenwertes (siehe Abb. 1) ergab sich in der Gesamtgruppe eine Yips-Prävalenz von 21,4%.

## Rotation

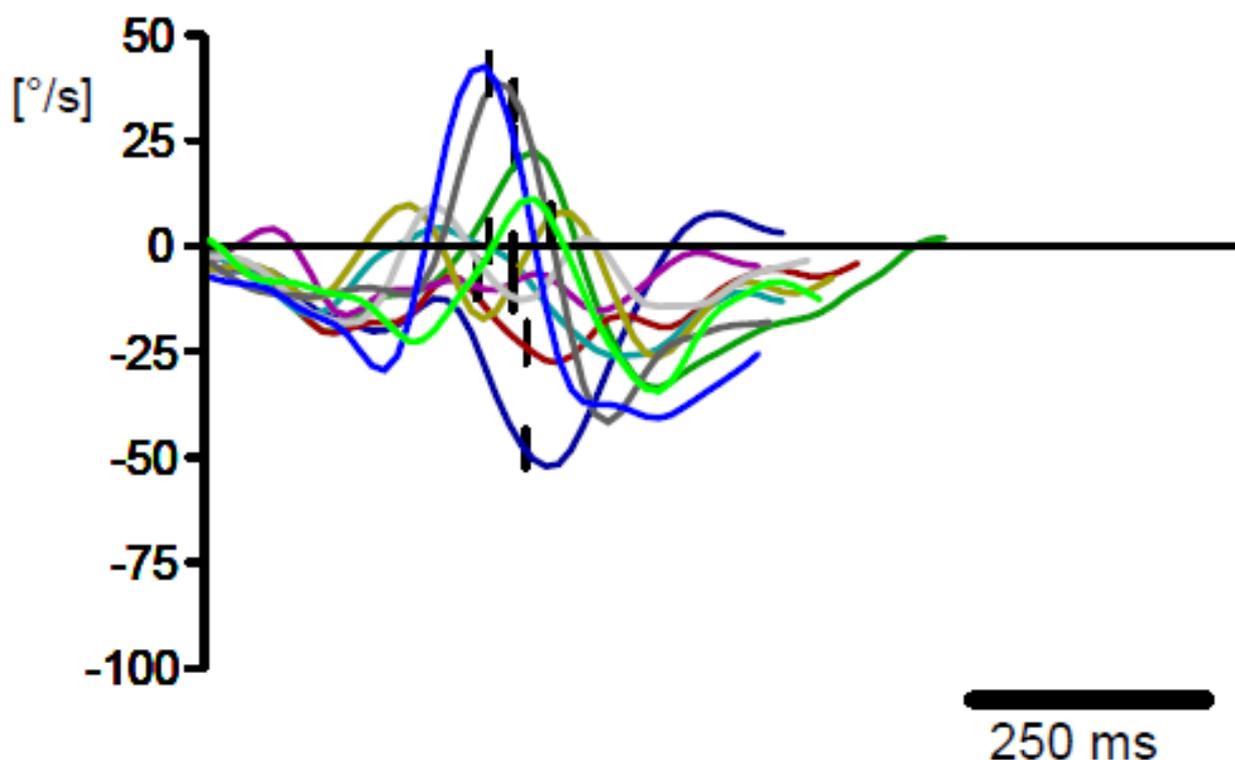


Abb. 1: Grafischer Report bei einer SDROTRATE von  $24,00^\circ/\text{s}$  (kinematischer Yips-Schwellenwert)

In der Gruppe der Yipper befanden sich auch weniger erfahrene Golfer und Golferinnen, die z. T. gerade erst mit dem Golfsport angefangen haben. Es wird vermutet, dass der „Anfängeryips“ sich nicht in der Sportart entwickelt, sondern aus anderen Sportarten oder Tätigkeiten in den Golfsport transferiert wird.

## 2.2 Interventionsstudie

In der Interventionsstudie wurden drei Einzelfälle einem neun- bzw. zehnwöchigen Trainingsprogramm unterzogen. Innerhalb dieses Zeitraumes wurde einmal die Woche eine 30 bis 50-minütige Anti-Yips-Trainingseinheit durchgeführt, die unter Aufsicht eines Golftrainers stattfand (Gesamtdauer: 325 min-355 min). Zusätzlich absolvierten die Testpersonen im Interventionszeitraum eigenständige Trainingseinheiten mit einer Gesamtdauer zwischen 375 min und 958 min. In der Inter-

vention wurden verschiedene kontextmanipulierende Übungen systematisch angewendet. Die ausgewählten Übungen konzentrierten sich auf das Verändern der Aufgabenstruktur einer Putt-Bewegung und sollten zudem die Ergebniserwartung des Golfspielers beeinflussen. Dies wurde durch eine Manipulation des Balles, des Schlägers und/oder des Schwunges erreicht.

#### *Interventionsübungen (ausgewählte Beispiele)*



- (1) „Mauer-Putt“: Putt-Simulation gegen einen fixierten Gegenstand (z. B. Putten gegen eine Wand, gegen den eigenen Fuß)



- (2) „Klebeball-Putt“: Putten gegen einen am Boden festgeklebten/fixierten Ball

- (3) „Micro-Putt“: Der Ball wird erst mal nur einige wenige Zentimeter weit geputtet. Die Putt-Entfernung wird dann kontinuierlich gesteigert (es wird mit dem Ball auf ein Loch zugewandert).



- (4) „Fuß-Putt“: Putten gegen einen unter dem Fuß des Spielers eingeklemmten Ball auf ein Loch, d. h. der Ball wird ab und zu im Treffmoment vom Spieler gelöst.



- (5) „Schwebender-Ball-Putt“: Der Ball wird an einer Schnur befestigt. Der Spieler kann den Ball vor dem eigentlichen Treffpunkt mit der nicht dominanten/der nicht puttenden Hand in die Luft ziehen und dadurch einen „Luftschlag“ verursachen. Ab und zu wird der „Schwebende Ball“ nicht in die Luft gezogen, so dass der „normale“ Treffmoment des Balles entsteht. Allerdings kann der gespielte Ball nicht zum Loch rollen, sondern baumelt nach dem Zusammenstoß in der Luft.

- (6) „Blind-Putt“: Der Spieler hat seine Augen geschlossen und pendelt mit dem Putter hin und her. Während der Pendelbewegung wird ein Golfball vom Versuchsleiter in die Vorwärtsschwungbewegung des Putter gelegt.



- (7) „Klettverschluss-Putt“: Der zu spielende Ball wird mit einem Klettverband präpariert. Der Putterkopf erhält einen Klettverschluss. Der Spieler puttet in Richtung Loch, wobei im Treffmoment der Ball am Schlägerkopf fixiert wird.



- (8) „Medizin-Ball-Putt“: Der Spieler puttet gegen einen Medizinball. Die Bälle werden sukzessive verkleinert und leichter (z. B. Fußball, Handball, Tennisball, Luftbälle).



- (9) „Wackel-Putter“-Putt: Der Spieler puttet zum Loch mit einem Putter („Yippy-Putter“), dessen Schlägerkopf durch eine Spirale mit dem Schlägerschaft verbunden ist und dadurch in der Putt-Bewegung zum Ball unkontrolliert rotiert.



- (10) „Tisch-Putt“: Der Spieler puttet den Ball mit einem „Handputter“ (extrem gekürzter Putter) auf einem hüfthohen Tisch zu einem auf dem Tisch platziertem Loch.



- (11) „Theraband-Putt“: Der Spieler puttet gegen den Zug eines Therabandes im Vorwärtsschwung den Golfball zum Loch.



(12) „Leiter-Putt“: Der Spieler versucht, den Ball auf sieben verschiedene markierte Entfernungen zu putten – von kurz zu lang (10 cm, 20 cm, 40 cm, 70 cm, 90 cm, 1m (Loch) und 120 cm („hintere Lochkante“)).



(13) „Hindernis-Putt“: Der Ball wird von einem Hindernis (z. B. Pylone) auf das Loch geputtet.



(14) „Nikolaus-Putter“: Der Spieler puttet mit einer präparierten Schlagfläche, d. h. die Schlagfläche wurde mit einem Wattebausch beklebt, den Ball auf das Loch.



(15) „Unter-Wasser-Putt“: Der Spieler puttet den Ball in einer Kunststoffwanne, die mit Wasser gefüllt ist.



(16) „Tablett-Putt“: Der Spieler hat ein „Tablett“ mit einem darauf liegenden Ball am oberen Teil des Puttschaftes befestigt. Der Puttschlag auf das Loch soll, ohne dass der Ball herunterfällt ausgeführt werden.

Alle drei Testpersonen waren am Ende der Interventionsphase in der Lage, das chronische Yips-Verhalten außer Kraft zu setzen bzw. zu hemmen. Auch sechs Monate nach Beendigung der Intervention zeigte sich im Follow-Up eine nachhaltige Wirkung der spezifischen Übungen (siehe Abb. 2).

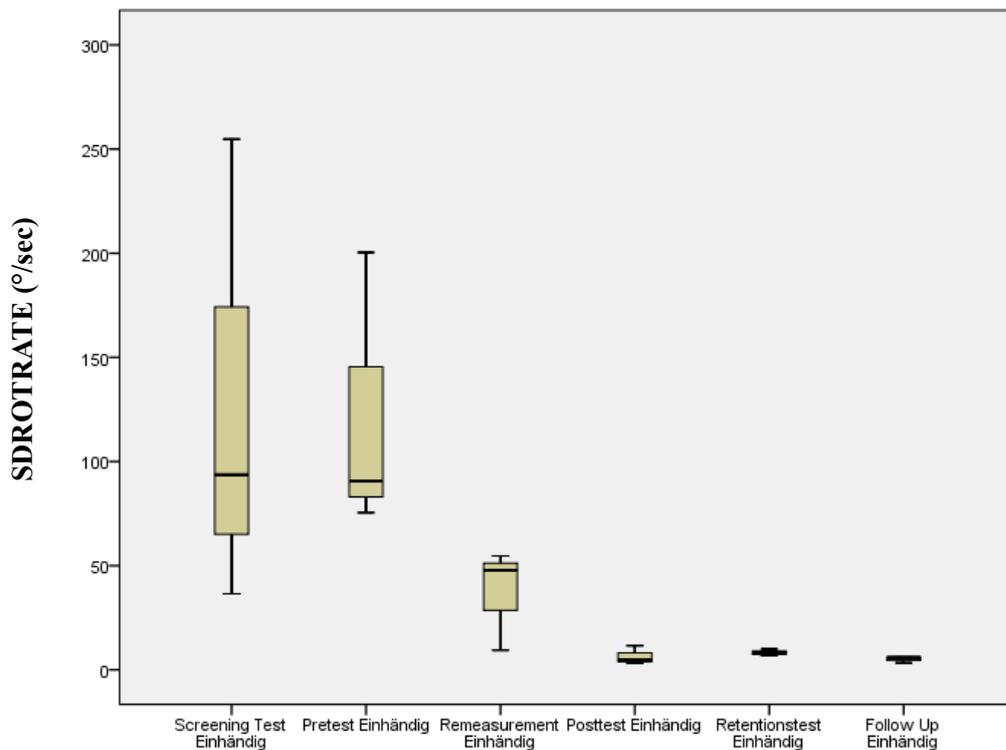


Abb. 2: Boxplot der SDROTRATE im Untersuchungszeitraum

Die Ergebnisse lassen vermuten, dass es sich beim Yips nicht um ein neurophysiologisches Problem handelt. Das relativ schnelle Finden von Yips-freien Bewegungsstrukturen bei allen drei Einzelfällen könnte ein Hinweis darauf sein, dass der Yips ein psychologisches Phänomen ist (Fischer, 2007; Klämpfl, 2014; Lobinger et al., 2014; Marquardt, 2009; Marquardt & Hermsdörfer, 2014). Die direkte Wirkung der kontextmanipulierenden Übungen auf den Yips und die Aussagen der Betroffenen während der Interventionsphase und im Anschluss daran lassen die Annahme zu, dass der Yips möglicherweise eine unbewusst erlernte Störung ist. Hierbei könnten Konditionierungsprozesse beim Auftreffen des Golfschlägers auf den Golfball eine wichtige Rolle spielen. Der Yips spiegelt ein verstärktes natürliches „Grundzucken“ im Treffmoment wider, welches durch konditionierte Antizipationsprozesse auf den Zusammenstoß außer Kontrolle geraten ist. Diese ungünstigen Lernprozesse könnten auch durch das Ausüben von Sportarten mit einem ähnlichem Bewegungs- und Zusammenstoßmuster in den Golfsport transferiert werden („Transferyips“). Damit lässt sich möglicherweise ein konkreter Zusammenhang zum „Anfängeryips“ herstellen. Die spezifischen Trainingsübungen übernehmen die Funktion eines Konfrontationstrainings. Die erzielten Wirkungen sind Ausdruck eines erfolgten Extinktionslernens. Hierbei wird auch die mentale und emotionale Ebene beeinflusst. Dies könnte auf noch zu erforschende spezifische Zusammenhänge von Kognition, Emotion und Verhalten hinweisen.

### 3 Transferwirkungen

Auf dem Jugend Golf-Kongress 2013 des DGV in Paderborn wurden im Rahmen eines Infostandes erste Ergebnisse des BISp-Forschungsprojektes dargestellt. Hierbei fand bereits ein intensiver Austausch zwischen Theorie und Praxis statt. Die Erkenntnisse in der Diagnostik des Yips, die positiven Interventionserfahrungen und die daraus resultierenden Schlussfolgerungen wurden zudem innerhalb der A-Trainer-Ausbildung des Deutschen Golf-Verbandes (DGV) präsentiert und mit den anwesenden Golf-Trainern diskutiert. Des Weiteren war das Projekt Bestandteil des Arbeitskreises „Task-Specific Cramps in Musicians, Golfers, & Writers“ auf der 46. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie (asp) 2014 in München. Vorläufige Ergebnisse wurden in einem Vortrag präsentiert (Gerland & Raab, 2014). Durch die Kooperation mit dem DGV sind weitere Maßnahmen geplant, um die neuen Erkenntnisse und Hypothesen zum Yips in die Praxis zu vermitteln.

Vom Prinzip sind die durchgeführten Übungen auch auf andere Sportarten oder Tätigkeiten außerhalb des Sports anpassbar. Hier könnte der Golfsport eine Vorreiterrolle übernehmen und wissenschaftliche Untersuchungen in anderen Sportarten zum Thema Yips initiieren. Dies gilt auch für den Bereich der aufgabenspezifischen fokalen Dystonien, wie zum Beispiel dem Musikerkrampf oder anderen Bewegungsstörungen. Unter Umständen ergeben sich einige wertvolle Querverbindungen aus den theoretischen Überlegungen zum Yips.

## 4 Literaturverzeichnis

- Altenmüller, E. (2012). Musikerhände spielen nicht mehr mit: Dystonien und ihre Differenzialdiagnosen. *Othopädie & Rheuma*, 15 (6), 2–5.
- Bawden, M. & Maynard, I. (2001). Towards an understanding of the personal experience of the ‘yips’ in cricketers. *Journal of sports sciences*, 19 (12), 937–953.
- Day, M. C., Thatcher, J., Greenless, I. & Woods, B. (2006). The causes of and psychological responses to lost move syndrome in national level trampolinists. *Journal of applied sport psychology*, 18 (2), 151–166.
- Fischer, M. (2007). *Motorische Organisation und dystonische Störungen im kurzen Golfspiel – das “Yips” Phänomen*. Dissertation, LMU München. München.
- Gerland, B. & Raab, M. (2014). Dealing with the Yips: Relearning the Putting Stroke in Golf - a Single Case Research. In F. Raphael, I. Nixdorf, F. Ehrlenspiel, A. Geipel, A. Mornell & J. Beckmann (Hrsg.), *Performing Under Pressure* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, Bd. 234, (S. 78). Hamburg: Feldhaus Verlag.
- Haney, H. & Rudy, M. (2006). *Fix the yips forever. The first and only guide you need to solve the game’s worst curse*. New York: Gotham Books.
- Kidwell, J. (2008). *Einblicke ins instinktive Bogenschiessen. Schnelles Lernen durch angewandte Psychologie; Umgang mit Target Panic* (Überarb. Aufl.). Salzburg: Vorderegger, Bogensportverl.
- Klämpfl, M. K. (2014). *The yips-diagnostics, etiology, and interventions*. Dissertation, German Sport University Cologne. Köln.
- Klämpfl, M. K., Lobinger, B. H. & Raab, M. (2013). How to detect the yips in golf. *Human movement science*, 32 (6), 1270–1287.
- Klämpfl, M. K., Philippen, P. B. & Lobinger, B. H. (2015). Self-report vs. kinematic screening test. Prevalence, demographics, and sports biography of yips-affected golfers. *Journal of sports sciences*, 33 (7), 655–664.
- Klawans, H. L. (1996). *Why Michael couldn’t hit. And other tales of the neurology of sports*. [New York, NY]: W.H. Freeman.
- Lobinger, B. H., Klämpfl, M. K. & Altenmüller, E. (2014). We are able, we intend, we act – but we do not succeed. A theoretical framework for a better understanding of paradoxical performance in sports. *Journal of clinical sport psychology* (in press).
- Marquardt, C. (2009). The vicious circle involved in the development of the yips. *Annual review of golf coaching*, 4 (1), 67–88.
- Marquardt, C. & Hermsdörfer, J. (2014). Training bei aufgabenspezifischen Bewegungsstörungen im Sport. In K. Zentgraf & J. Munzert (Hrsg.), *Kognitives Training im Sport* (Band 8, Bd. 8, S. 235–259). Göttingen: Hogrefe.
- McDaniel, K. D., Cummings, J. L. & Shain, S. (1989). The „yips“: A focal dystonia of golfers. *Neurology*, 39 (2), 192.
- Smith, A. M., Adler, C. H., Crews, D., Wharen, R. E., Laskowski, E. R., Barnes, K. et al. (2003). The ‘yips’ in golf: a continuum between a focal dystonia and choking. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 33 (1), 13–31.
- Strauss, M. (2013). *Untersuchung zur Yips-Symptomatik bei Laien im Golf*. Unveröffentlichte Bachelorarbeit, Technische Universität München. München.
- Tenn, J. (1995a). Don’t read this. *Trampoline news* (1), 38.

# Analyse von Fahrlinien, Geschwindigkeiten und Beschleunigungen mittels GPS- und Inertialsensoren im paralympischen Skirennsport

(AZ 071602/14)

Maren Goll & Peter Spitzenpfeil (Projektleiter)

TU München, Fakultät für Sport und Gesundheitswissenschaften  
Deutsches Paralympic Skiteam Alpin (im DBS)

## 1 Einleitung

„Wer später bremst, ist länger schnell“ – ein Sprichwort, das auf den ersten Blick plausibel klingt. Ob es jedoch für den paralympischen Skirennsport genau so gilt, ist aufgrund der Komplexität des Faktors Geschwindigkeit fraglich und muss differenziert betrachtet werden.

Die Dimensionen des Begriffs Geschwindigkeit erstrecken sich von der Beschleunigung über die vom Athleten bzw. der Athletin innerhalb des Kurses gewählte Linie bis hin zu den geographischen Gegebenheiten des jeweiligen Geländes.

Über die Jahre hat durch die zunehmende Professionalisierung die Leistungsdichte in den verschiedenen Klassen stark zugenommen, so dass über den Gewinn einer Medaille vs. eines ‚leer Ausgehens‘ nur hundertstel Sekunden entscheiden.

Den entscheidenden Faktor für Erfolg in der Sportart Ski alpin stellt demnach die Geschwindigkeit dar. Jedoch wird diese nicht isoliert als Höchstgeschwindigkeit an einer beliebigen Stelle des Kurses betrachtet, sondern muss in Kontext der Einzelkomponenten Beschleunigung, Kurvengeschwindigkeit und Gelände in den verschiedenen Passagen eines Kurses analysiert werden.

Die Tatsache, dass derjenige die schnellste Zeit erzielt, der in der Lage ist, durchgehend mit der höchsten Geschwindigkeit und auf dem kürzesten Radius den jeweiligen zu Kurs bewältigen, verdeutlicht die Bedeutung der Analyse des vielschichtigen Begriffs der Geschwindigkeit im alpinen Skirennsport.

Ohne die genannte Analyse der Komponenten der Geschwindigkeit blieb stets die Frage unbeantwortet, an welchen Stellen im Kurs der Athlet oder die Athletin Geschwindigkeit aufnehmen kann, in welchen Passagen er oder sie Teile von ihr wieder einbüßt und durch welche Strategie hinsichtlich Wahl der Fahrlinie der bestmögliche Geschwindigkeitserhalt erzielt werden kann.

Aussagen darüber können durch Messung der Ortskoordinaten und der Geschwindigkeit getroffen werden.

Die stetige Weiterentwicklung von GPS-Systemen, die bis vor einigen Jahren noch relativ groß und teuer waren und sich an der Athletin bzw. am Athleten nur zu Lasten seiner Bewegungsfreiheit unterbringen ließen, führte dazu, dass mittlerweile sehr handliche und kleine und über längere Zeit auch im mobilen Modus betreibbare Modelle auf dem Markt erhältlich sind.

Durch verbesserte Prozessorleistung kann zudem gleichzeitig die Beschleunigung mittels Inertialsensoren gemessen werden, die zusammen mit den Ortsdaten des GPS-Systems eine komplette Aussage über die Charakteristik der Fahrlinie und die Geschwindigkeit liefern.

Alles in allem ist die Wissenschaft heute in der Lage, Rennläuferinnen und -läufer mit entsprechender Technik auszurüsten und Daten zu erheben, die Antwort auf die oben genannten Fragen nach dem Geschwindigkeitsverlauf geben.

## 2 Ziel

Ziel des Projektes war die wettkampfbegleitende Messung und Analyse von Orts-, Geschwindigkeits- und Beschleunigungsdaten der Mitglieder des Deutschen Paralympic Skiteam alpin bei Weltcup Speed Events und den Paralympischen Winterspielen 2014.

Mit Hilfe spezieller Software und der Synchronisierung mit Videoaufnahmen wurden Schlüsselstellen im jeweiligen Lauf definiert und in individueller Absprache die Linienwahl angepasst. Durch wiederholte Messung im Training (ein Abfahrts-Event bringt zwei verpflichtende Trainingsabfahrten auf dem Wettkampfkurs mit sich) ergab sich so die Chance, durch die Messungen im renntaktischen Bereich gewinnbringende Vorteile zu erzielen.

Antworten und Rückschlüsse auf Kernfragen wie z. B.

- › War die Taktik erfolgreich?
- › War die Linie schneller als die des Vortages?
- › Konnte der Athlet an den Schlüsselstellen mehr Geschwindigkeit mitnehmen?
- › Hat ihn das an anderer Stelle in Schwierigkeiten gebracht und er dort als Folge Zeit eingebüßt?
- › Als Konsequenz: War die Gesamtzeit schneller?
- › Welche Taktik kommt auf Grund dieser Erkenntnisse am Wettkampftag zum Einsatz?

wurden durch die messtechnische Begleitung geliefert.

## 3 Methode

Zum Einsatz kam die mobile Messtechnik der Firma 2D Datarecording. Die Anbringung erfolgte rückwirkungsfrei am Athleten bzw. an der Athletin und gewährleistete die volle Bewegungsfreiheit bzw. volle Funktion des Monoskis.



Abb. 1: Mobile Messtechnik

Zur Verfügung standen 3 Messsysteme, was die gleichzeitige Aufzeichnung der Daten von drei Athletinnen und Athleten ermöglichten. Die einzelnen Messkanäle lieferten Positions-, Beschleunigungs-, und Rotationsdaten, die im Anschluss mit der 2D-Software analysiert wurden. GPS-Signale wurden mit 12 Hz, Beschleunigungs- und Rotationssignale mit 2000 Hz erfasst.

Die Messungen wurden während eines mehrtägigen Trainingslehrgangs in den Speed-Disziplinen (Januar 2014, Garmisch-Partenkirchen), einem Abfahrtsweltcup (Februar 2014, Panorama Mountain, Canada) und den paralympischen Winterspielen von Sotschi 2014, sowie einem Technik-Lehrgang nach der Saison in der Disziplin Riesenslalom (April 2014, Kaunertal) durchgeführt.

Die Analyse und Interpretation erfolgte stets am selben Tag, die Ergebnisse wurden sofort nach Fertigstellung den Athletinnen und Athleten sowie den Trainerinnen und Trainern zur Verfügung gestellt.

## 4 Ergebnisse

Die Auswertung der Fahrlinien erfolgte generell im Hinblick auf zwei verschiedene Aspekte. Zum einen wurde der Geschwindigkeit ( $v$ )-Weg ( $s$ )-Verlauf betrachtet, der über die gesamte Kurslänge die Geschwindigkeit am jeweiligen Punkt darstellt (Abb. 2).

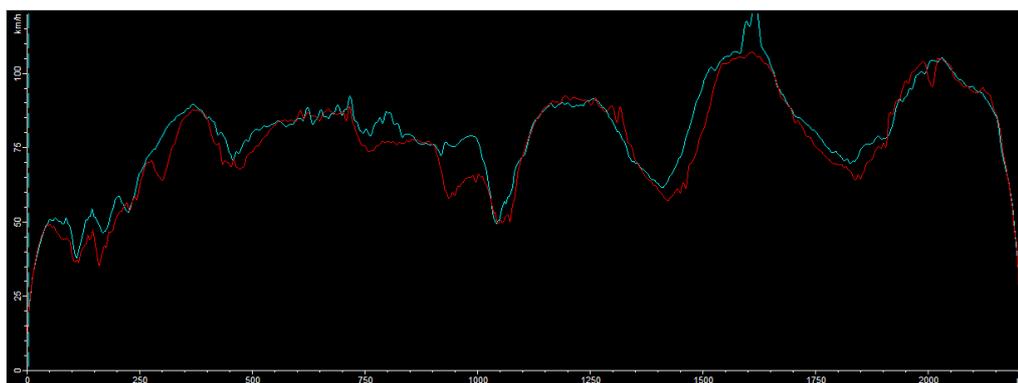


Abb. 2: Vergleichende  $v$  ( $s$ )-Darstellung zweier Trainingsläufe in der Disziplin Abfahrt einer Athletin. An den meisten Punkten der Strecke liegt die blaue Linie über der roten, damit war die Fahrt der blauen Linie die schnellere Variante.

Zum anderen wurde der Geschwindigkeit ( $v$ )-Zeit ( $t$ )-Verlauf über die Höhe der Geschwindigkeit am jeweiligen Zeitpunkt der Fahrzeit (Abb.3) analysiert.

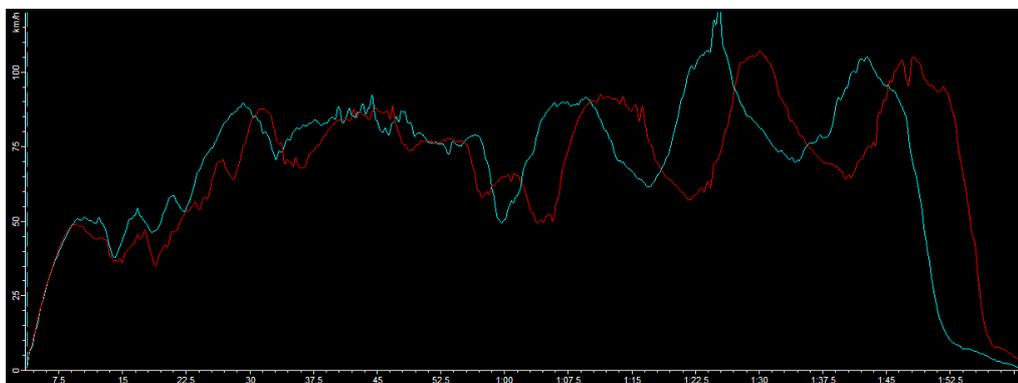


Abb. 3: Vergleichende  $v$  ( $t$ )-Darstellung zweier Trainingsläufe einer Athletin. Die blaue Kurve ist hier die schnellere Variante.

In dem exemplarischen Beispiel der beiden Abbildungen (Vergleich zweier Trainingsabfahrten eines Athleten) wies Abb. 2 einen Verlauf der blauen Linie überwiegend über dem der roten Linie auf. Somit war an diesen Punkten die Geschwindigkeit der blauen Linie am selben Ort höher als die der roten Linie.

Den Umkehrschluss lieferte Abb. 3 in der Geschwindigkeits- Zeit- Darstellung: die blaue Linie beendete den Kurs früher, was gleichbedeutend war mit einer schnelleren Gesamtlaufzeit.

Die Auswahl der Fahrlinie, also die Strategie am Renntag ließ sich mit Hilfe der GPS-basierten Fahrliendarstellung zusätzlich veranschaulichen (Abb. 4).

Investitionen in die Fahrlinie (ein vermeintlich längerer Weg) zahlten sich durch höhere Geschwindigkeit aus. So wurde hier die Taktik, die der blauen Fahrlinie zu Grunde lag, als Renntaktik für den Wettkampftag ausgewählt.

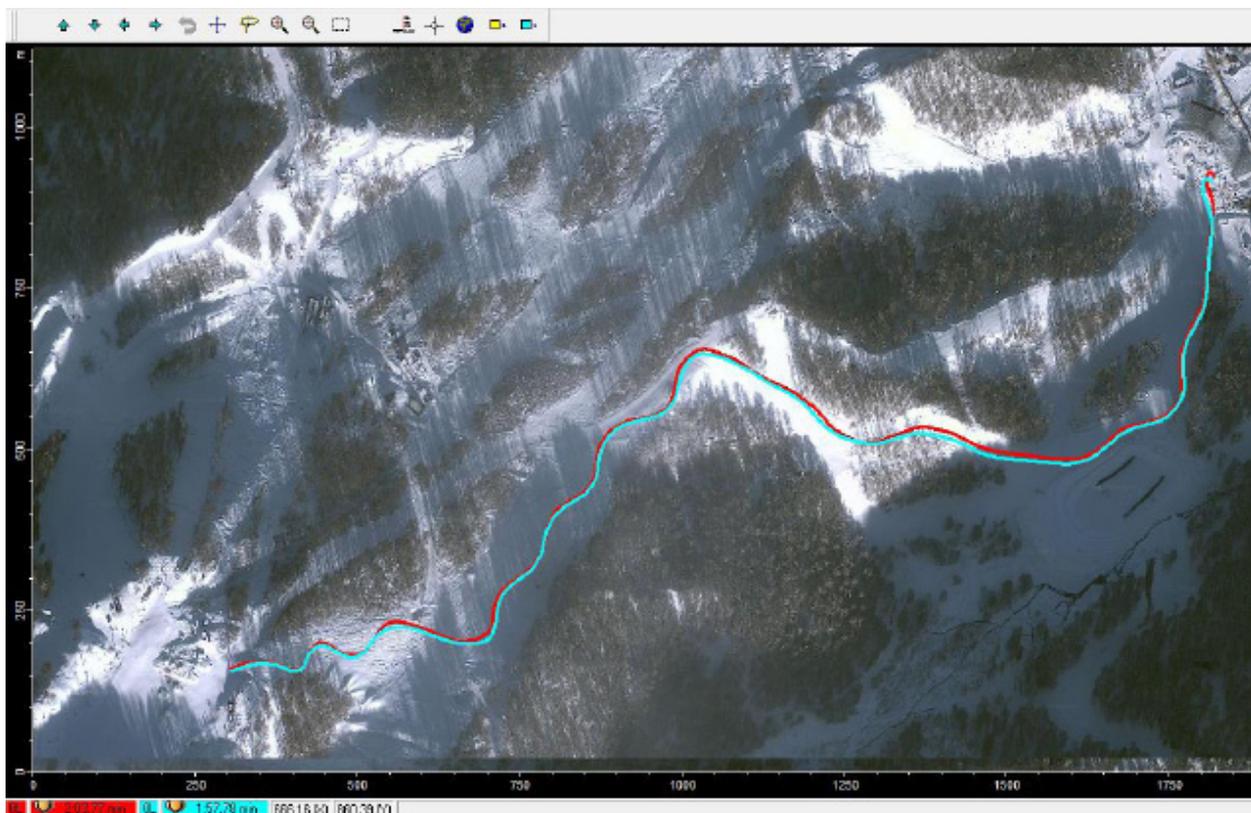


Abb. 4: GPS-basierte Darstellung der Fahrlinien (Vergleich Fahrt 1 und 2), Ort: Paralympics Sochi.

Die Einsetzbarkeit des Systems war überall gegeben, die Auswertungen lieferten in allen Fällen verlässliche, analytisch- und interpretierbare Messwerte.

Das Verfahren wie oben beschrieben wurde im Training und Rennen im Optimalfall für alle Athleten durchgeführt, wenn ein Wechsel der Messtechnik unter den Läuferinnen bzw. Läufern während des Rennens realisierbar war. War dies nicht gegeben, so sollte für jede Startklasse wenigstens ein Athlet bzw. eine Athletin als Orientierung für die übrigen mit Messtechnik fahren.

Anbringung und Starten des Messsystems dauerte im Schnitt weniger als 2 min pro Person. Der Wechsel des Systems von Person zu Person verlief reibungslos und ebenfalls in einem Zeitrahmen von weniger als 3 min.

Im Gegensatz dazu nimmt die Analyse und Auswertung mehr Zeit in Anspruch, teilweise bis zu 4 h, was aber durch die Begleitung eines Wissenschaftlers vor Ort keine größeren Schwierigkeiten verursachte.

## 5 Transfer/Diskussion

Insbesondere in der Möglichkeit der quantifizierbaren Bewertung einer Fahrlinie liegt das größte Potential dieser Messtechnik, was auch in Zukunft ausgeschöpft werden sollte.

Vor allem bei Großveranstaltungen, bei denen die Bedeutung der Medaillen im Nachhinein (Sponsoren, mediales Interesse) stetig zunimmt, ist die Entscheidungssicherheit, die die Analyse der Fahrlinie bietet, ein erfolgsentscheidender Vorteil.

Anwendung fand die Begleitung mit Messtechnik bei verschiedenen Veranstaltungen. Besonders in Sochi, wo sich die Bedingungen als äußerst schwierig präsentierten und der allgemeine Erfolgsdruck besonders hoch lag, lieferte der wettkampfbegleitende Einsatz der Messtechnik wertvolle Unterstützung für Athleten und Trainer. Diese mussten sich somit nicht allein auf ihre Einschätzung und Erfahrung verlassen, sondern konnten konkrete Handlungsanweisungen und renntaktische Überlegungen aus der Analyse der Daten ableiten.

Die Analyse der Beschleunigungen steht noch aus und soll als ein weiteres Bewertungs-Tool im Bereich des Techniktrainings eingesetzt werden. Die Daten sind bereits erhoben, jedoch noch nicht verarbeitet und interpretiert, da das Arbeitsjahr im Rahmen des Betreuungsprojektes noch nicht zu Ende ist.

Zum momentanen Zeitpunkt kann das Projekt aber als durchweg positive und erfolgreiche Betreuung der paralympischen Skirennläufer bezeichnet werden. Ein Teil ihres Erfolgs der Weltcup-Saison und der Paralympics in Sotschi in den Speed-Disziplinen kann dabei sicher auch der Analyse der Fahrlinien zugeschrieben werden.

Bei den Trainerinnen und Trainern sowie den Athletinnen und Athleten fand der Einsatz der Messtechnik vor allem deshalb große Akzeptanz, weil die essentiellen Punkte einer Betreuung aus ihrer Sicht erfüllt waren:

- › Unkompliziert in der Anbringung/im Einsatz
- › Schneller Wechsel/Messmöglichkeit für mehrere Athleten bzw. Athletinnen
- › Keine Beeinflussung oder Störung des Trainings- und Rennbetrieb
- › Aussagekräftige Analyse und sofort umsetzbare Konsequenzen
- › Begleitung durch einen Wissenschaftler oder einer Wissenschaftlerin als verantwortliche Person für Analyse und Transfer.

Die Rennen der Weltcup Serie bieten neben der Rennbegleitung zudem die Möglichkeit, in der Anwendung und Umsetzung der Renntaktik die nötige Routine zu erwerben, um sich dann bei einem Großereignis wie der WM auf die gewählte Taktik verlassen zu können und die optimale Leistung abzurufen.



# Optimierung und systematische Anpassung der Dämpfereinstellungen im paralympischen Monoskisport

(AZ 071603/14)

Maren Goll & Peter Spitzenpfeil (Projektleiter)

TU München, Fakultät für Sport und Gesundheitswissenschaft  
Deutsches Paralympic Skiteam Alpin (im DBS)

## 1 Einleitung

„Assistive equipment is fundamental for a person with a disability to participate and compete in winter sport activities. Although there have been improvements in the mechanical function of some assistive devices, the key issue is matching the residual function of the person with the assistive equipment” (Burkett, 2012).

Dieses Zitat definiert den Grund für die Initiierung des Betreuungsprojekts, da es die Herausforderung zusammenfasst, Mensch und Material optimal auf einander abzustimmen.

In der Klasse der sitzenden Athletinnen und Athleten stellt diese Verbindung zwischen Mensch und Ski der sog. Monoski dar, bestehend aus Sitzschale und Dämpfer, die wiederum mit dem Ski verbunden sind.

Ein Vergleich mit den anderen beiden IPC Wettkampf-Klassen der stehenden und sehbehinderten Athletinnen und Athleten sowie dem FIS-organisierten Skirennlauf lässt sich hier nicht ziehen, denn das vergleichbare Gegenstück zum Monoski wäre der Skischuh.

Bei einem Monoski handelt es sich um ein technisch hochentwickeltes Gerät, dessen Geometrie, Schalenanpassung und Formgestaltung individuell auf den jeweiligen Athleten bzw. die jeweilige Athletin abgestimmt ist.

Darüber hinaus befindet sich in der Geometrie des tragenden Rahmens ein Dämpfersystem. Die Hauptaufgabe dieses Systems ist zunächst, die in einer Natursportart gegebenen Unebenheiten einer Piste auszugleichen, Schläge abzumildern und dem Athleten oder der Athletin ein ruhiges Fahren zu gewährleisten. Damit trägt das Dämpfungssystem zudem zur Sicherheit bei, da die Steuerbarkeit des Monoskis nur bei Bodenkontakt des Skis gegeben ist. Ursprünglich stammen die verwendeten Dämpfersysteme aus dem Motorradsport (Moto-GP, Moto-Cross).

Der sportartfremde Materialeinsatz eines hochtechnischen Motorrad-Elements in der Sportart Ski alpin ist wohl als Hauptgrund anzuführen, warum dem Dämpfer nicht schon seit längerer Zeit mehr Aufmerksamkeit geschenkt wurde.

Weder die Fachleute der Skitechnik noch die Trainerinnen und Trainer lernen diesen technischen Bestandteil des Sportgerätes in ihrer Ausbildung kennen und verfügen somit nicht über das Fachwissen, wie durch Veränderungen in der Einstellung eine Optimierung der Dämpfungsleistung erreicht werden kann.

Während in den stehenden Klassen verschiedene Härten in den Skischuhen für unterschiedliche Disziplinen und sogar Temperaturen gewählt werden, um eine möglichst direkte Kraftübertragung in der Kette Mensch-Skischuh-Bindung-Ski zu erzielen, bleibt das zentrale Element ‚Dämpfer‘ in der sitzenden Klasse unberührt, und das, obwohl Veränderungen am Dämpfungssystem eben solche Veränderungen in der Härte und der Kraftübertragung bewirken könnten.

Nach einmaligen Einstellen der verschiedenen Komponenten am Dämpfer und dem Herstellen einer Funktionsweise, die sich als ausreichend für den Großteil der auftretenden Situationen heraus stellt, nehmen Athleten und Athletinnen sowie Trainer und Trainerinnen keine weiteren Änderungen mehr vor.

In einer sich schnell entwickelnden Sportart wie der des paralympischen Skirennlaufs und der zunehmenden Professionalisierung, liegt im Verstehen und der individuellen und systematischen Anpassung der Dämpfereinstellung großes Potential zur Leistungsoptimierung.

Im Rahmen des Projekts wurde die Funktionsweise des Dämpfers in verschiedenen Situationen und durch verschiedene Arbeitsschritte analysiert.

## 2 Methoden

Die Messungen am Dämpfungssystem wurden bei den sitzenden Athletinnen und Athleten (N = 5) des deutschen paralympischen Skiteams alpin durchgeführt.

Aufzeichnungen erfolgten während des Skifahrens anhand der eines Linearpotentiometers (2D Data-recording), der die Wegänderung und Bewegungsgeschwindigkeit des Federsystems misst.

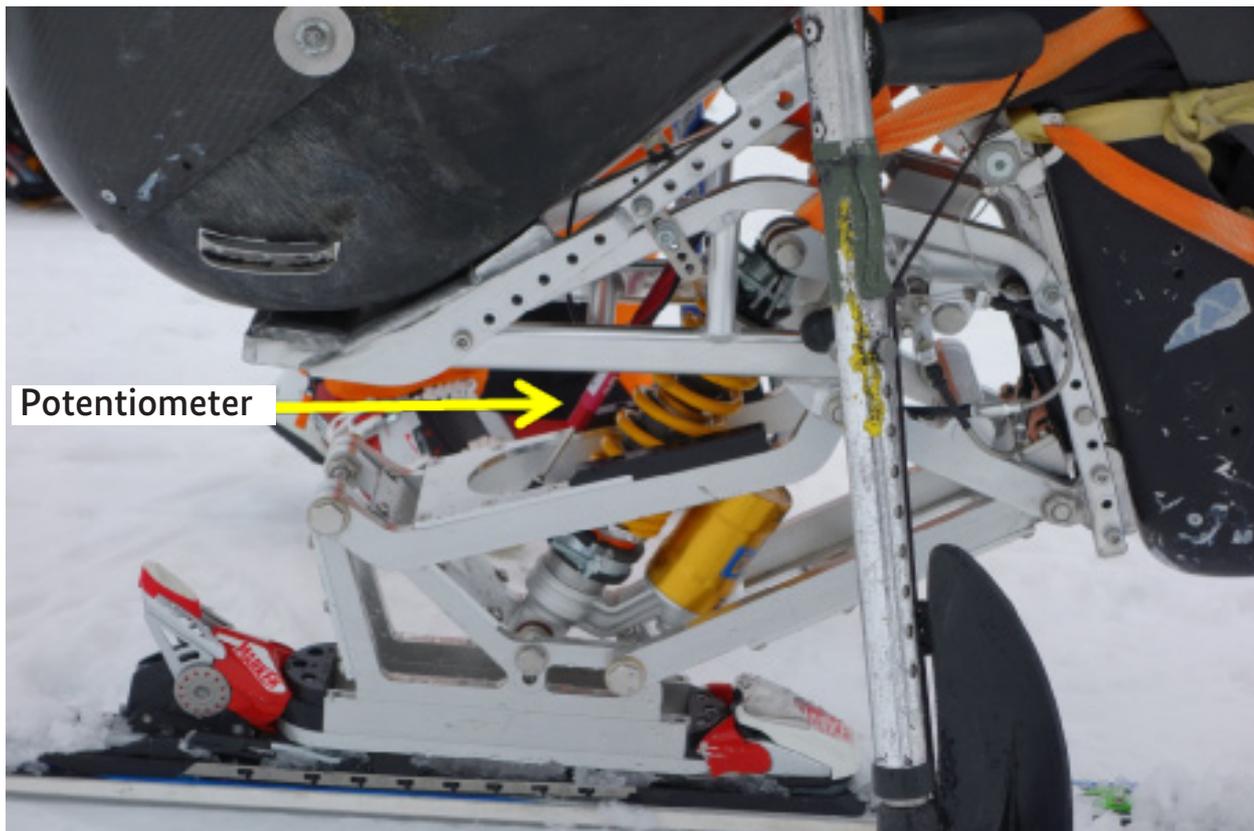


Abb. 1: Linearpotentiometer am Feder-/Dämpfersystems eines Monoski

Die Linearpotentiometer von 75 mm Länge und wurden entsprechend des Arbeitswegs des Federsystems ausgewählt.

Die erhobenen Daten wurden mit der entsprechenden Software von 2D Datarecording ausgewertet. Die benötigten neuen Berechnungskanäle wurden in sog. Cal-files programmiert. Die Federrate [N/mm] (umgangssprachlich: Härte) sowie die Vorspannung [mm] wurden in das individuelle Verzeichnis der Athletinnen bzw. Athleten aufgenommen. Anhand von Federweg, Federrate und Vorspannung wurde die Dämpfungskraft der Feder berechnet.

In einem weiteren Rechenschritt wurde die Funktion des hydraulischen Stoßdämpfers (öl- bzw. gasbasiert) mit der Dämpfungskraft der Feder verknüpft, indem die Wegänderungsgeschwindigkeit mit den individuellen Kennlinien der aktuellen Dämpfereinstellung verrechnet wurden.

Um diese Kennlinien zu definieren, wurden die Stoßdämpfer aller Athleten und Athletinnen auf einem speziellen Dämpfer Prüfstand (Roehrig Engineering, USA) vermessen.

Als gesamt wirkende Kraft wurde die Summe aus den Einzelkomponenten der Dämpfungskraft der Feder und der Dämpfungseinstellung des Stoßdämpfers definiert.

Die Häufigkeitsverteilung zur Nutzung des Dämpfersystems in mm wurde durch ein Histogramm bzw. durch die dazugehörige zugrunde liegende Tabelle dargestellt.

Durch die Kombination mit Videoaufnahmen wurde nach Bild-Daten-Synchronisation eine optische Bewertung der Gesamtdämpfungsleistung in Extremsituationen (Aufschaukeln, Sprünge, Bodenkontaktverlust, Sturz, etc.) vorgenommen, um die Funktion bzw. Beteiligung des Dämpfers zu analysieren.

Messungen fanden in den Disziplinen Riesenslalom, Super-G und Abfahrt statt, um das gesamte Spektrum der Dämpferaktivität abzubilden. Bei der Disziplin Slalom wurde bisher noch keine Messung vorgenommen, da hier der ständige Stangenvollkontakt das Messsystem gefährdet.

### 3 Ergebnisse

Dargestellt werden hier die Ergebnisse eines Athleten, exemplarisch für das Vorgehen bei der Analyse aller Mannschaftsmitglieder.

Abb. 2 zeigt die synchronisierte Darstellung des Dämpfersystems, der Videodatei und der Positionsdaten (GPS). Auffällig ist hier vor allem der Rückgang an Geschwindigkeit (weiße Linie) zeitgleich mit einer Zunahme an Dämpferaktivität (blaue Linie), was auf unruhige Schwungverläufe schließen lässt (gelber Kasten).

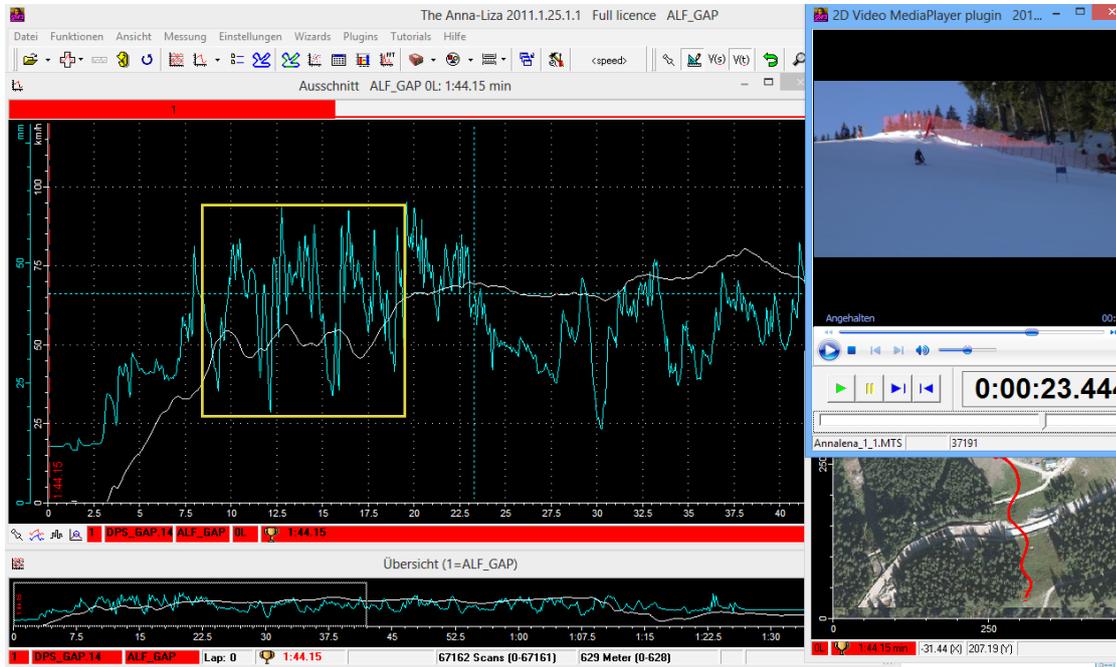


Abb. 2: Darstellung des Verlaufs der Stoßdämpferaktivität in der Disziplin Abfahrt

Deutlich wird diese Tatsache bei Betrachtung von Abb. 3, in der das erste Tor im Steilhang durch den gelben Rahmen und die korrespondierende Stelle im Video markiert sind. Eine hohe Dämpferaktivität wirkt sich hier als Geschwindigkeitsreduktion aus, optisch als seitliches Rutschen mit hoher Schneefontäne zu erkennen. Das Muster wiederholt sich noch dreimal, an allen Toren im steilen Gelände bevor sich ein Flachstück anschließt, in dem der Dämpfer nur Bodenunebenheiten ausgleicht.

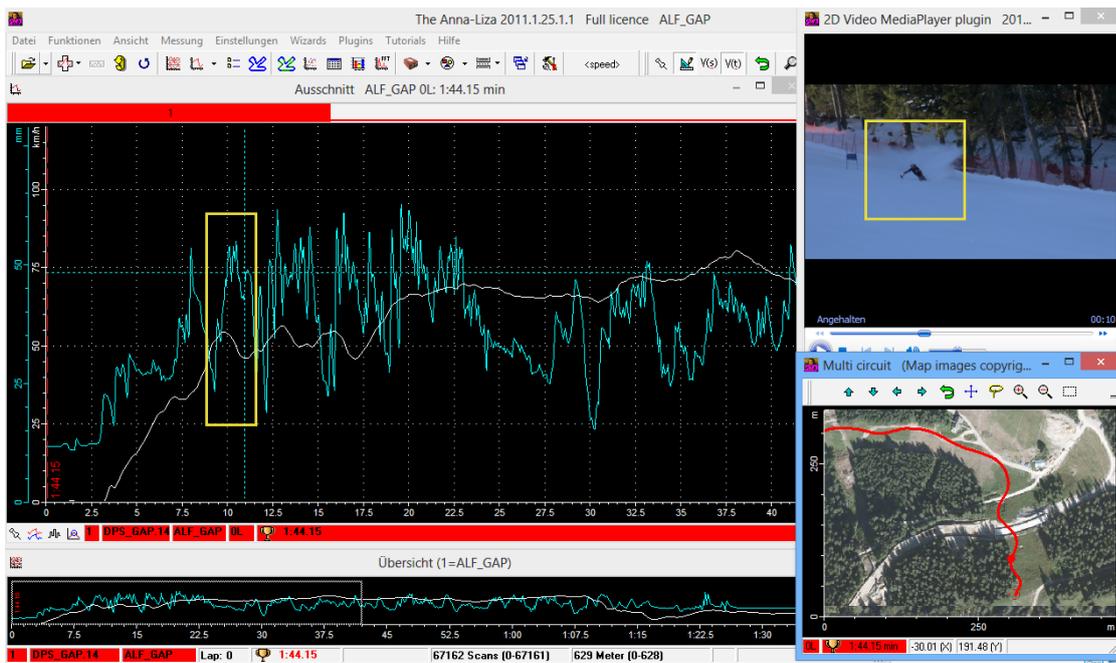


Abb. 3: Darstellung von Geschwindigkeitsverlust bei starker Dämpferaktivität am ersten Tor in der Disziplin Abfahrt im steilen Gelände.

Es stellt sich hier konkret die Frage, ob die Dämpferaktivität von der Fahrweise beeinflusst wurde, oder ob aufgrund der Dämpfereinstellung keine andere Fahrweise möglich war, denn je ruhiger die Fahrweise und je weniger Rutschanteil, desto mehr Geschwindigkeit hätte potentiell in diesem Abschnitt mit in den flachen Abschnitt genommen werden können.

Eine relativ gute Ausnutzung des Dämpfungssystem-Spektrums zeigt Abb. 4. Die Daten stammen aus den gleichen Messungen wie die vorherigen Abbildungen.

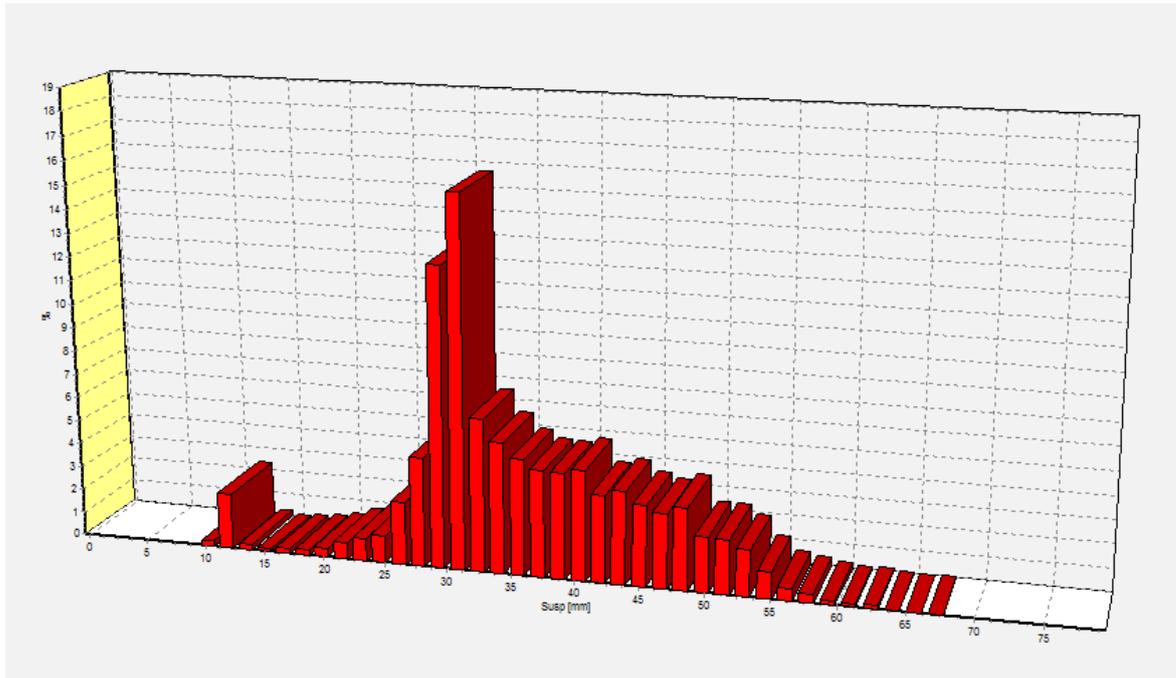


Abb. 4: Histogramm DämpfERNutzung. Disziplin Abfahrt, Garmisch-Partenkirchen, Strecke: Kandahar

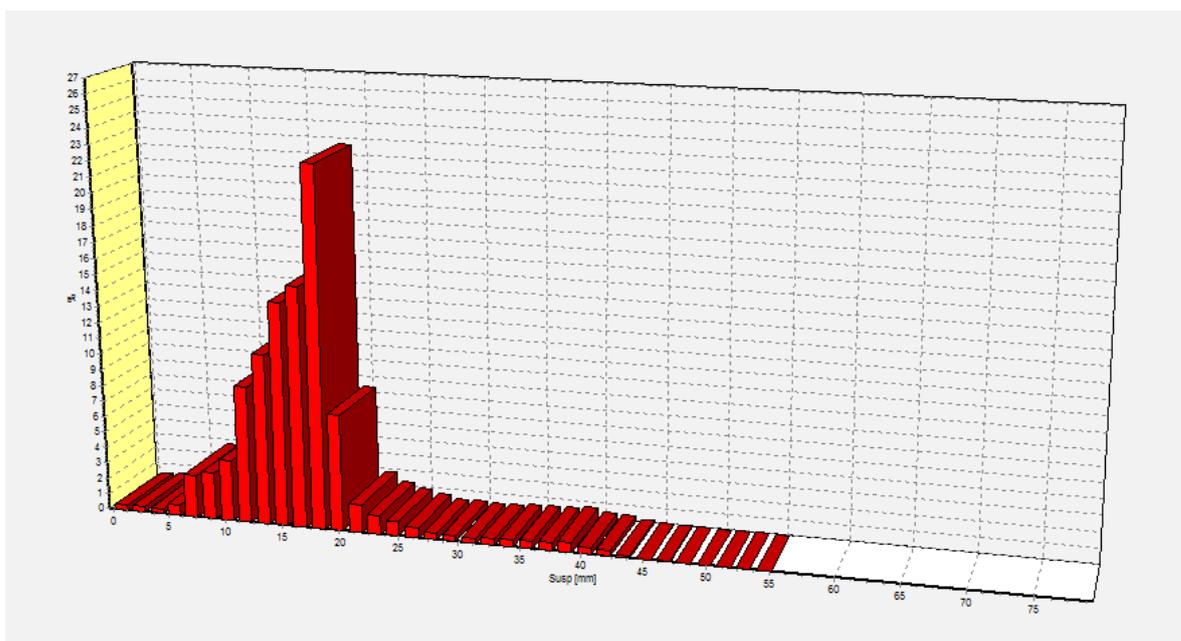


Abb. 5: Histogramm DämpfERNutzung. Disziplin Riesenslalom, Kaunertal, AUT, Strecke: Nörderjoch 1

In der Disziplin Riesenslalom, in einem anderen Skigebiet und bei anderen Schneebedingungen, jedoch mit gleicher Einstellung des Dämpfersystems zeigt Abb. 5 eine andere Verteilung.

Während in der Disziplin Abfahrt bei den zum damaligen Zeitpunkt herrschenden Bedingungen die Dämpfereinstellung zu einer guten Ausnutzung des Gesamtspektrums geführt hat, zeigte sich bei den Messungen im Riesenslalom nur ein sehr kleiner Bereich, der genutzt wurde.

## 4 Transfer/Diskussion

Das Thema Dämpfersystem mit seinen Komponenten Feder und Stoßdämpfer stellte sich als komplexer heraus als erwartet.

Vor allem im Hinblick auf eine geplante Optimierung fehlt es noch an Erfahrung und Expertenwissen, um tatsächlich durch ein gezieltes Eingreifen in die Stoßdämpfereinstellung eine Verbesserung der Gesamtdämpferleistung zu erreichen.

Zum momentanen Zeitpunkt ist jedoch bereits eine genaue Analyse der Dämpfungstätigkeit möglich und auch die Abschätzung aus den Histogrammen zur Ausnutzung des Dämpfungsspektrums ist interpretierbar.

Der nächste Schritt der Optimierung muss jedoch mit Unterstützung von Dämpfungstechnikern erfolgen, um zu gewährleisten, dass die Veränderungen auch zielführend sind und sich nicht am bisher bestehenden ‚Trial-and-Error‘-Prinzip orientieren.

Vor allem auch im Bereich der Erstellung einer Matrix, die verschiedene Gelände- und Schneebeschaffenheiten in den unterschiedlichen Disziplinen miteinbezieht, besteht weiterer Forschungs-, bzw. Betreuungsbedarf, weshalb eine Fortführung der Betreuung sinnvoll und wünschenswert wäre.

## 5 Literatur

Burkett, B. (2012). Paralympic Sports Medicine-Current Evidence in Winter Sport: Considerations in the Development of Equipment Standards for Paralympic Athletes. *Clinical journal of sport medicine*, 22 (1). 46-50doi: 10.1097/JSM.0b013e31824200a4.

# Entwicklung von Methoden zur neuromuskulären Anbahnung grundlegender Koaktivierungsmuster der Auge-Kopf-Körpersteuerung zur Effektivierung sportartspezifischer Bewegungsmuster im Kunstturnen

(AZ 071604/14)

Christoph von Laßberg<sup>1,2</sup> & Jürgen Krug<sup>1</sup> (Projektleiter)

<sup>1</sup>Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät

<sup>2</sup>Universitätsklinikum Tübingen, Abt. Sportmedizin

## 1 Hintergrund und Zielstellung

Im Rahmen mehrerer in den vergangenen Jahren u. a. durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) geförderter Forschungsprojekte konnten am Beispiel von Kader- und Spitzenturnern und -turnerinnen wesentliche Zusammenhänge bzgl. der Auge-Kopf-Körpersteuerung sowie neuromuskulärer Ansteuerungsmuster bei grundlegenden Bewegungsstrukturen bis hin zu sportartspezifischen Höchstschwierigkeiten herausgearbeitet werden, die neue Einblicke in fundamentale Prinzipien sportlicher Bewegungsmuster eröffneten (z. B. von Laßberg, Beykirch, Mohler & Bühlhoff, 2014; von Laßberg & Krug, 2012; von Laßberg & Rapp, 2015; von Laßberg, Rapp & Krug, 2014; von Laßberg, Rapp, Mohler & Krug, 2013). Dies konnte erstmals durch die Entwicklung eines Verfahrens geleistet werden, welches kinematische, neuro-muskuläre, cervicomotorische und okulomotorische Daten gleichzeitig erfasst und in einer virtuellen Darstellung vereinigt (von Laßberg, Reimann & Krug, 2009). Die Auswertung dieser Daten ermöglichte es, grundlegende Zusammenhänge der intersegmentalen Bewegungssteuerung unter sportartspezifischen Bedingungen zu untersuchen und wesentliche Prinzipien dieser Interaktionen zu identifizieren (sog. Punctum fixum – Punctum mobile Modell). Es konnte dabei gezeigt werden, dass die Systematik dieser Ansteuerungsmuster alle wesentlichen Funktionen zur Realisation von Rotationen um verschiedenste Drehachsen repräsentiert.

Aufbauend auf diesen Prinzipien sollten im Rahmen des im Folgenden beschriebenen Betreuungsprojekts spezifische Methoden entwickelt werden, um die nachgewiesenen neuromuskulären Interaktionsmuster direkt auf die Trainingspraxis zu übertragen, und zu versuchen diese bereits im frühen Lerntraining gezielt anzubahnen, um sie schließlich auf die fundamentalen Grundbewegungen des gerätespezifischen Lerntrainings zu übertragen. Sollte dies gelingen, erscheint eine entsprechende Verkürzung von Gesamtlernzeiten im langfristigen Leistungsaufbau realistisch, da der Sportler bzw. die Sportlerin die erlernten Prinzipien schließlich variabel auf sämtliche Elemente an allen Geräten übertragen kann. Lehrmethodische „Umwege“ im Sinne zeitraubender Korrekturen bereits automatisierter technischer Fehler an den Einzelgeräten oder die Entwicklung von (äußerlich meist nicht erkennbaren) Ineffizienzen der neuromuskulären Ansteuerung könnten somit möglicherweise reduziert werden. Mit der frühzeitigen Effektivierung motorischer Grundmuster könnten außerdem vermeidbare Belastungsspitzen durch fehlerhafte Ansteuerungsmuster vermindert werden (von Laßberg et al., 2015).

## 2 Zur Entwicklung der Methode

Die Methodenentwicklung wurde zunächst an 10 männlichen Turnern (überwiegend D- und C-Kader) am Bundesstützpunkt in Stuttgart in enger Kooperation mit dem dort tätigen Trainerteam realisiert. Das Ergebnis ist ein konsistentes und in sich geschlossenes methodisches System, welches darauf aufbaut, dass sämtliche turnerischen Bewegungen den beschriebenen Prinzipien des „Punctum fixum – punctum mobile Modells“ intersegmentaler und cervico-spinaler Ansteuerungsmuster folgen, die in den vorangegangenen Forschungsarbeiten an Spitzenturnern herausgearbeitet werden konnten (siehe oben). Diese Muster der intersegmentalen Auge-Kopf-Körperinteraktion ließen sich bereits bei 10-bis 11-jährigen Turnern sehr gezielt entwickeln – teilweise auch schon bei 8-jährigen, je nach biologischem Entwicklungsstand.

### 2.1 Grundprinzipien der Methode

Aufbauend auf der systematischen Ausbildung, Kombination und Differenzierung der angesprochenen Ansteuerungsmuster in allen Lagen und Körperpositionen („Neuromuskuläres Differenzierungstraining“, siehe unten) besteht die grundlegende Basis der Methode darin, diese Muster auf wesentliche Schwung- und Sprungtechniken (vorwärts, rückwärts, torsional) in diversen Hang-, Stütz- und Absprungpositionen zu übertragen („Sequenzielles neuromuskuläres Ansteuerungstraining“, siehe unten). Einen der wesentlichsten Faktoren zur effizienten Ansteuerung der angestrebten Muster stellt dabei das korrekte Timing der dynamischen Kopfposition dar. Die erarbeiteten Muster münden schließlich in eine methodische Systematik der Erlernung hocheffizienter motorischer Grundfertigkeiten der segmentalen Auge-Kopf-Körper-Interaktion, welche *geräte- und elementunabhängig* Schritt für Schritt aufeinander aufbaut, und aus welcher schließlich *sämtliche Elemente bis hin zu Höchstschwierigkeiten* ableitbar sind.

Wir bezeichnen das Gesamtkonzept der Methode als „Differenzielles Neuromuskuläres Ansteuerungstraining (DNMA)“. Im Folgenden sollen die funktionellen Bestandteile dieses Konzepts skizziert werden.

### 2.2 Komponenten des „Differenziellen Neuromuskulären Ansteuerungstrainings“

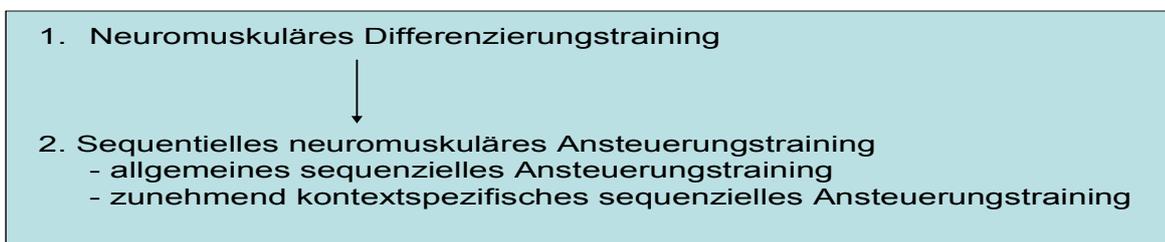


Abb. 1: Gesamtkonzept des „Differenziellen Neuromuskulären Ansteuerungstrainings“ (DNMA)

### 2.2.1 Neuromuskuläres Differenzierungstraining

Als grundlegende Fertigkeit zur Anwendung der Methode wird die einwandfreie Beherrschung statischer und dynamischer „Schiffchenpositionen“<sup>1</sup> in allen Körperlagen bereits vorausgesetzt. Auf diesen Voraussetzungen aufbauend wird zunächst eine gezielte isolierte Ansteuerung der einzelnen Muskelgruppen der vorderen (VMS) und hinteren Muskelschlingen (HMS) entwickelt und darauf aufbauend allmählich die Fertigkeit geschult, diese isolierten Muskelgruppen der VMS und HMS auf Anweisung wahlweise zu kombinieren. Im Rahmen der Erarbeitung dieser Positionen wird Wert darauf gelegt, dass die Teilkörperpositionen bewusst in die eine oder andere Richtung sowohl „leicht“ als auch „stark übertrieben“ ausgeführt werden, um dem Athleten ein kinästhetisches Gefühl für die entsprechenden Grenzpositionen zu vermitteln und ihn in die Lage zu versetzen, diese Grenzpositionen bewusst einzunehmen und wieder aufzulösen, ohne gleichzeitig die übrigen Teilkörperpositionen dadurch zu verändern.

Um für Athlet und Trainer unmissverständliche und einfache Sprachcodes zu definieren, werden die einzelnen Teilkörpersegmente zunächst mit einfachen Nummern bezeichnet (1 = Arm-Rumpf-Winkel; 2 = Beckenkipfung; 3 = Hüftwinkel; 4 = Kniewinkel) und im Laufe der Zeit weiter ausdifferenziert. Während z. B. zu Beginn des Trainings das Teilkörpersegment „Arm-Rumpf-Winkel“ (ARW) pauschal mit „1“ bezeichnet wird, wird dem Athleten zunehmend vermittelt, dass „1“ sich zusammensetzt aus den Teilbewegungen „Schultergelenksbewegung“, „Schulterblattbewegung“ und „Bewegung der Brustwirbelsäule“ (BWS), deren multidirektionale Teilbewegungen er im weiteren Verlauf des Trainings weiter zu differenzieren lernt, und schließlich zunehmend in der Lage ist, diese wahlweise mit Bewegungen anderer Teilkörpersegmente zu kombinieren – zunächst in sagittaler Ebene, später zunehmend auch torsional. Zur Unterstützung der entsprechenden Anweisungen werden vor allem taktile Reize und manuelle Widerstände gesetzt, um die kinästhetische Wahrnehmung für den Athleten zu erleichtern. Die Muster werden zunächst in einfachen Körperpositionen geschult (Bauch- und Rückenlage), dann zunehmend in allen weiteren Körperlagen bis hin zur Handstandposition.

Ziel des „Neuromuskulären Differenzierungstrainings“ ist es zunächst nicht, bestimmte „richtige“ sportartspezifische Positionen zu erarbeiten, sondern ganz bewusst den möglichen Bewegungsspielraum der Teilkörpersegmente erfahrbar zu machen. Es werden daher regelhaft Positionen angesteuert, die vordergündig für die typischen Bewegungsabläufe sogar als „grundfalsch“ einzuordnen wären. Das „Neuromuskuläre Differenzierungstraining“ soll vielmehr dazu dienen, alle möglichen Teilbewegungsoptionen spürbar zu machen und diese schließlich kinästhetisch hochdifferenziert wahrnehmen und ansteuern zu können. Des Weiteren werden hierbei die Grundlagen gelegt, diese Teilkörperpositionen auf einfache Anweisungen hin (z. B. „3 mehr öffnen, 2 unverändert lassen“) sehr gezielt einnehmen und bewusst wieder auflösen zu können. Auf Basis dieser Grundschulung können im Rahmen des „allgemeinen sequenziellen Ansteuerungstrainings“ und schließlich des „kontextspezifischen (elementspezifischen) sequenziellen Ansteuerungstrainings“ sehr viel gezieltere Traineranweisungen erfolgen, die Athleten aus der bisherigen Erfahrung mit der Methode nicht nur in die Lage versetzt, diese in hochdifferenzierter Weise umzusetzen, sondern auf Basis ebendieser Sprachcodes vor allem auch ihrerseits hochspezifische Rückmeldungen zu geben. Man könnte das „Neuromuskuläre Differenzierungstraining“ gewissermaßen als die grundlegende Erlernung des „Alphabets“ der

---

1 Unter „Schiffchenpositionen“ (auch als C-plus bzw. C-minus Position bezeichnet) sind leicht nach vorne bzw. leicht nach hinten gekrümmte Körperpositionen zu verstehen, welche durch eine harmonische, kontrollierte Körperkrümmung mit adäquater Einbindung aller beteiligten Segmente der vorderen bzw. hinteren Muskelschlinge gekennzeichnet sind. In der Ausbildung dieser Positionen ist größter Wert darauf zu legen, dass diese in allen Körperlagen sowohl statisch als auch im schnellen dynamischen Wechsel ausreichend stabilisiert werden können, um ein Ausweichen in einzelnen Segmenten (z. B. in Form einer Hyperlordosierung der Lendenwirbelsäule) zu verhindern

Sprache „Differenzielle neuromuskuläre Ansteuerung“ bezeichnen, aus welchem schließlich sämtliche vorstellbaren „Wörter und Sätze“ (Bewegungsphasen und Elemente) zunächst entwickelt und später auf verschiedene Bedingungen adaptiert und kontextspezifisch modifiziert werden können. Die zunehmend gezielte Anwendung dieses „Alphabets“ erfolgt schrittweise im Rahmen des „Sequenziellen neuromuskulären Ansteuerungstrainings“.

### 2.2.2. Sequenzielles neuromuskuläres Ansteuerungstraining

Die im Rahmen des „Neuromuskulären Differenzierungstrainings“ erarbeiteten Fertigkeiten zur differenzierten Ansteuerung der einzelnen Teilkörpersegmente werden im „allgemeinen sequenziellen Ansteuerungstraining“ (siehe: Abb. 1) allmählich dahingehend weiterentwickelt, diese in bestimmten sequenziellen Abfolgen (z. B. 1-2-3 oder 3-2-1 etc.) anzusteuern, zunächst bei neutraler Kopfposition, später – zu deren Effektivierung – unter Nutzung bestimmter cervico-spinaler Interaktionsprinzipien in gezielter Kombination mit der dynamischen Blick- und Kopfsteuerung. Auch hierbei gilt das Prinzip, dass die Muster zunächst in einfachen Körperpositionen, dann zunehmend mit größerer Bewegungsgeschwindigkeit und in sämtlichen Körperlagen sowohl sagittal als auch torsional und schließlich in dreidimensionaler Kombination erlernt werden, da diese kombinierten Muster zur Einleitung sämtlicher überlagerter Längsachsendrehungen im Hang (Reck, Barren), im Stütz (Barren und Pauschenpferd) und bei Absprüngen (Boden, Sprung) erforderlich sind.

Im Rahmen des „kontextspezifischen sequenziellen Ansteuerungstrainings“ (siehe: Abb. 1) werden die erlernten Muster schließlich auf die entsprechenden sportartspezifischen Basisbewegungen übertragen. Im Vordergrund stehen hierbei die grundlegenden Schwungtechniken im Langhang. Hierzu bietet sich vor allem das „Schlaufenreck“<sup>2</sup> an, für Absprungbewegungen Trampolin oder Boden. Die Rolle der optimalen dynamischen Kopfposition ist einer der zentralen Punkte im Rahmen des „sequenziellen Ansteuerungstrainings“ zur Unterstützung der Ansteuerungsmuster, zu deren kontextspezifischen Modifizierung und vor allem zur Effektivierung der intersegmentalen Koordination. Wenngleich die dynamische Kopfposition die angestrebte *Abfolge* der Bewegungsmuster nicht alleine *steuert*, so wird diese Abfolge jedoch maßgeblich durch die adäquate dynamische Kopfposition *getriggert* und *unterstützt*. Vor allem spielt die Kopfposition eine herausragende Rolle bezüglich der Betonung des Aktivierungsgrades einzelner Teilkörpersegmente (siehe Abb. 2).

- 1: Kopf neutral zur Öffnung des ARW;
- 2: Beginnende Kopfreklination zur Verstärkung der Vorspannung auf die vordere Muskelschlinge;
- 3: Weiter zunehmende Kopfreklination, dadurch verstärkte BWS-Aufrichtung und Optimierung der Voraussetzungen zur Aktivierung von „1“(ARW);
- 4: Weiter zunehmende Kopfreklination zur Aufrechterhaltung der Vorspannung und optimierter Aktivierung zur Verkürzung im ARW;
- 5: Schnelle Rückführung des Kopfes in Neutralposition, dadurch funktionelle Unterstützung von „2“, „3“ und „4“ (vom Punctum fixum zum Punctum mobile);
- 6: Erneute schnelle Kopfreklination zur Unterstützung der Impulsübertragung vom Punctum mobile (Beine) zurück zum Punctum fixum (Beginn des Rückfederns der Stange), sowie zur Unterstützung eines kurzen zusätzlichen Kraftimpulses zur weiteren Schließung des ARW und Verstärkung des Drehimpulses unmittelbar vor Griff lösen zum Abgang.

2 Spezielles Übungsreck bei dem nicht direkt die Stange gegriffen wird, sondern der Turner mit Spezialschlaufen auf Kunststoffhülsen greift. Dies dient der Schonung der Handflächen, der Reduzierung des Reibungswiderstandes und somit der Erleichterung des Lerntrainings

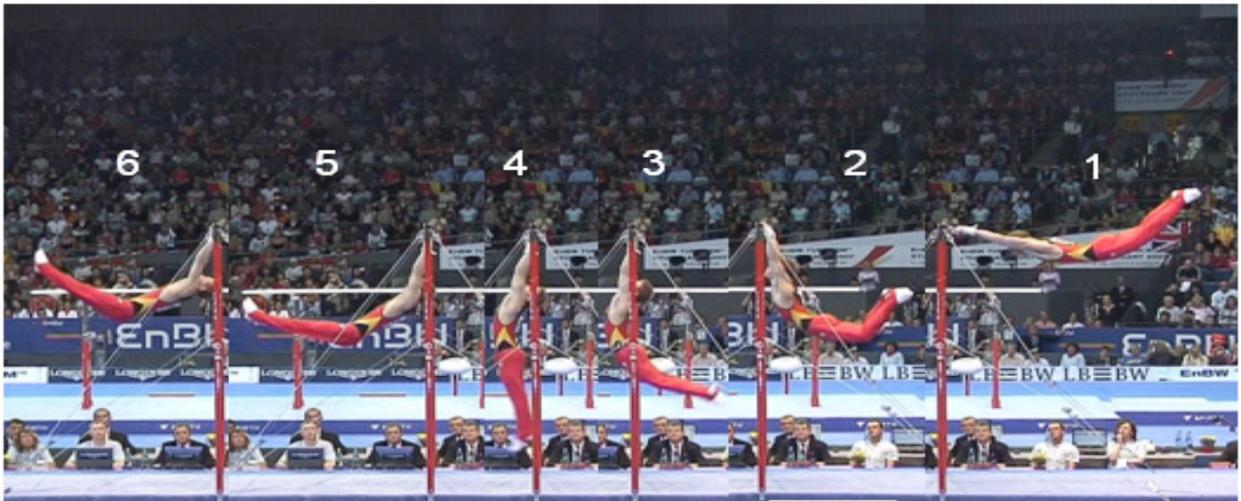


Abb. 2: von rechts nach links: Zeitlich dynamische Abfolge der Kopfposition am Beispiel Beinschlag vor Abgang „Doppelsalto gestreckt mit Doppelschraube“.  
(Videsequenz: Institut für Angewandte Trainingswissenschaft, Leipzig)

Werden schließlich die intersegmentalen Muster und dynamischen Kopfpositionen differenziert, stabil, mit exaktem Timing und in hoher Qualität beherrscht, können sie zunehmend mit höheren Wiederholungszahlen, gegen größere Widerstände und mit zunehmenden Bewegungsgeschwindigkeiten unter variablen Bedingungen gefestigt werden. Die in dieser Weise angebahnten Muster werden schließlich – sukzessive aufeinander aufbauend – für die weitere sportartspezifische Entwicklung diverse Technikansätze bestimmter Grundsprungmuster weiter ausdifferenziert (z. B. normale Riesenfelge („runde Technik“); Riesenfelge mit verstärktem Schulterwinkel („Fulgtechnik“); Riesenfelge mit *bewusster* Impulsübertragung; Riesenfelge mit *verstärkter* Impulsübertragung etc.). Alle Muster werden von Beginn an sowohl in der Sagittalebene vorwärts und rückwärts als auch bereits mit überlagerter Torsion zur Einleitung von Längsachsendrehungen entwickelt. Diese Grundmuster der Differenzierung, welche alle den grundlegenden Prinzipien des „Punctum fixum – Punctum mobile Modells“ folgen, unterscheiden sich lediglich in der *Betonung* der einzelnen Segmentaktivierungen (maßgeblich durch die Kopfposition triggerbar), sowie in deren *Timing*, welches wiederum maßgeblich von der adäquaten Wahrnehmung perzeptiver Qualitäten taktile, kinästhetischer und weiterer Trigger bestimmt wird (z. B. Wahrnehmung der Zugkräfte im Körper und an den Händen im Hang).

Die motorische Stabilisierung und fehlerfreie Differenzierungsfähigkeit dieser Grundbewegungsmuster an Schlaufenreck (Punctum fixum = Hände) und Boden bzw. Trampolin (Punctum fixum = Füße) stellt letztlich die Basis für sämtliche weiteren Bewegungsabläufe auch an allen weiteren Geräten dar, da nahezu all diese Grundtechniken auch an allen anderen Geräten (Reck, Ringe, Barren, Pauschenpferd, Boden, Sprung) mit allenfalls geringfügigen Modifikationen benötigt werden. Der methodische Komplex des „kontextspezifischen sequenziellen Ansteuerungstrainings“ zielt somit darauf ab, der konsistenten Entwicklung fundamentaler Grundbewegungsmuster größte Aufmerksamkeit zu widmen, um später auf Basis dieses breiten und hochpräzise ausdifferenzierten Fundaments diese Muster schneller und gezielter auch auf alle weiteren Bewegungsmuster übertragen und gerätespezifisch anpassen zu können. Damit könnten von vornherein geräteübergreifende Technikfehler in den Mustern (und nicht zuletzt daraus resultierende Überlastungen passiver Strukturen des Bewegungsapparates) minimiert und insbesondere im weiteren Verlauf der sportlichen Entwicklung Lernzeiten effektiv verkürzt werden.

### 3 Fazit und Ausblick

Die Methode umfasst im Wesentlichen drei Anwendungsbereiche:

- › Unterstützung eines konsistenten koordinativen Leistungsaufbaus im Nachwuchsbereich
- › Effizienzsteigerung von Bewegungsphasen im Elementetraining (Nachwuchs- und Spitzensport)
- › Diagnostisches Instrument zur Identifizierung von Defiziten in der kontextspezifischen sequenziellen Ansteuerungsfähigkeit (evtl. EMG-gestützt)

Aufgrund der Tatsache, dass es sich bei den beschriebenen Ansteuerungsmustern nicht etwa um sportartspezifische Aspekte, sondern um *grundlegende Prinzipien effizienten Bewegens* handelt, soll der Ansatz der Methode gezielt weiter entwickelt und auf die Anwendung in weiteren technischen Sportarten (z. B. Leichtathletik u. a. m.) bzw. auch auf trainingstherapeutische Ansätze adaptiert werden.

Wir danken den beteiligten Trainern und Athleten für die konstruktive Zusammenarbeit.

### 4 Literatur

- Laßberg, C. von, Beykirch, K., Mohler, B.J. & Bühlhoff, H.H. (2014). Intersegmental eye-head-body interactions during complex whole body movements. *PLoS ONE*, 9 (4): e95450. doi:10.1371/journal.pone.0095450.
- Laßberg, C. von, Krug, J. (2012). Zentral-periphere und intertonische Aktivierungsmuster der Auge-Kopf-Körpersteuerung bei Schwung- und Sprungbewegungen. Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2011/2012* (S. 37-44). Köln: Sportverlag Strauss.
- Laßberg, C. von & Rapp, W. (2015). The punctum fixum - punctum mobile model. A neuromuscular principle for efficient movement generation? *PloS ONE*, 10 (3): e0120193. doi:10.1371/journal.pone.0120193
- Laßberg, C. von, Rapp, W. & Krug, J. (2014). Patterns of anterior and posterior muscle chain interactions during high performance long-hang elements in gymnastics. *Journal of electromyography and kinesiology*, 24 (3), pp. 359-366. DOI information: 10.1016/j.jelekin.2014.03.003.
- Laßberg, C. von, Rapp, W., Mohler, B. & Krug, J. (2013). Neuromuscular Onset Succession of High Level Gymnasts during dynamic Leg Acceleration Phases on High Bar. *Journal of electromyography and kinesiology* 23, pp. 1124-1130 DOI information: 10.1016/j.jelekin.2013.07.006.
- Laßberg, C. von, Reimann, M. & Krug, J. (2009). Vismo – a prototype software solution for integration of vestibular, oculomotor, spinalmotor and 3D-kinematic data in sports. In: S. Loland, K. Bø, K. Fasting, J. Hallèn, Y. Ommundsen, G. Roberts & E. Tsolakidis (Eds.), *Proceedings of 14th Annual Congress of European College of Sport Science (402)*, Norwegian School of Sport Sciences, Oslo/Norway.

# Biomechanische Diagnostik und Sonifikation im Nachwuchstraining (U23 und Juniorennationalmannschaft 2014)

IIA1-071606/14

Klaus Mattes (Projektleiter), Nina Schaffert & Martin Reischmann

Universität Hamburg - Arbeitsbereich Bewegungs- und Trainingswissenschaft

## 1 Problemstellung

Bei der jährlichen Auswahl der leistungsstärksten deutschen Juniorenrunderinnen und -runderer werden neben den Ergebnissen der leistungsphysiologischen Untersuchungen auch die erzielten Regattaergebnisse berücksichtigt (Mattes, 2012). Besondere Aufmerksamkeit findet dabei die individuelle ruderspezifische Leistungsfähigkeit unter den Bedingungen der Groß- und Mittelboote. Für die Formierung der neuen Bootsbesetzungen und deren rudertechnische Vorbereitung auf den internationalen Wettkampfhöhepunkt (Junioren- und U23 Weltmeisterschaften) ist die Optimierung der Ruderleistung und -technik sowie deren Feinstellung im Mannschaftsgefüge in vergleichsweise kurzer Zeit notwendig, um die international geforderte hohe Bootsgeschwindigkeit im Ruderrennen erreichen zu können. Mit Hilfe der biomechanisch gestützten Diagnostik und dem anschließenden Feedbacktraining kann dieser Prozess schnell und zielgerichtet gesteuert werden und die Arbeit der erfahrenen Trainerinnen und Trainer bei der Vorbereitung der Rudernationalmannschaften unterstützen. Im Trainingsjahr 2014 wurde die Sonifikation systematisch in die bisherige Betreuung integriert, um die Ergebnisse der Erfahrungen aus den Forschungsprojekten zur Sonifikation möglichst schnell in die Trainingspraxis zu überführen.

Die folgenden Aspekte stehen bei den Betreuungsmaßnahmen im Mittelpunkt:

- › das Ranking der Teilnehmenden und Empfehlungen zur Groß- und Mittelbootsformierung (Vorschlag für die Zusammensetzung der Boote einschließlich Sitzplatzverteilung von der Schlag- bis zur Bugposition),
- › Ableitung von Trainingszielen zur Ansteuerung der Rudertechnik für die einzelne Ruderin/den einzelnen Ruderer sowie für die Bootsbesetzung und
- › die wissenschaftliche Anleitung und Begleitung des Feedbacktrainings zur Sicherung von Ansteuerungseffekten bei der Ruderin/beim Ruderer sowie bei der Bootsbesetzung.

## 2 Methode

Die Betreuung wurde mit Mitgliedern der Juniorennationalmannschaft 2014 bzw. Kaderathletinnen und -athleten, die am Selektionslehrgang zur Nominierung für die Nationalmannschaften teilnahmen (CJ-Kader) in den Mittel- und Großbooten (4- und 8+) durchgeführt. Jede Athletin und jeder Athlet wurde ein- bis zweimal getestet. Mit den Ergebnissen des ersten Tests erfolgte die Selektion für die Nationalmannschaften. Der zweite Test, der während der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung stattfand, diente zur Überprüfung der Wirksamkeit der Trainingsmaßnahmen. Zudem absolvierten ausgewählte Boote Feedback-Trainingsfahrten (visuell und akustisch) für die Feinstellung der Rudertechnik und zur Verbesserung der Mannschaftssynchronisation. Die Messungen fanden im Frühjahr und Sommer 2014 auf der Regatta-Strecke in Berlin-Grünau statt.

Je nach Zielstellung der Diagnostik kamen in Absprache mit den Bootstrainerinnen und -trainern unterschiedliche Testmethoden zur Anwendung, die sich in den vergangenen Jahren bewährt haben:

- 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) während der Selektionsuntersuchungen und zur Überprüfung am Ende der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung,
- visuelles Feedbacktraining mit dem PCS-3/Sportler kombiniert mit dem Schlagfrequenz-Stufen-Test sowie
- akustisches Feedbacktraining mit *Sofirow* in definierten Feedbackblöcken (Dauer i. d. R. 15 min, unterteilt in fünf Abschnitte von jeweils 3 min) bei vergleichbarer Schlagfrequenz (max. Schwankung  $\pm 0,5$  Schläge/min.) im EXA-Trainingsbereich.

Bei den Messfahrten herrschten vergleichbare Wasser- und Wetterbedingungen (nahezu glattes Wasser und eine leichte Brise).

Für die komplexe Diagnostik von Ruderleistung und -technik wurde das Mobile Mess- und Trainingssystem 2012 (MMS) (Böhmert & Mattes, 2003; Böhmert, 2009) verwendet. Das parametergestützte Feedbacktraining erfolgt visuell (mit dem Processor Coach System-3/Sportler, PCS-3/S, Mattes & Böhmert, 2002) und akustisch (mit *Sofirow*, Schaffert & Mattes, 2011). Die Beschreibung der eingesetzten Messsysteme erfolgte bereits in den Berichten zu den Vorjahresprojekten. Hervorzuheben ist die hohe trainingspraktische Relevanz der generierten Mess- und Testdaten, um Hinweise zur Steuerung der individuellen Ruderleistung und -technik sowie Empfehlungen für die Formierung von Bootsbesetzungen geben zu können.

## 3 Ergebnisse der Betreuungsmaßnahmen

### 3.1 Komplexe Leistungsdiagnostik

Für die Selektion der Auswahlmannschaften wurden Ranggruppen nach der Ruderleistung und -technik des jeweiligen Untersuchungskollektivs gebildet. Die Empfehlungen zur Sitzposition der einzelnen Ruderin/des einzelnen Ruderers im formierten Boot erfolgte als schriftlicher Vorschlag auf Grundlage der wissenschaftlichen Messergebnisse, wie beispielsweise die Verteilung der Athletinnen und Athleten im Achter von Platz 1 (Bugposition) bis Platz 8 (Schlagposition). Im Anschluss wurden den Trainerinnen und Trainern die individuellen Mess- und Testergebnisse erläutert und die Bildung der Ranggruppen begründet. 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 Ruderin bzw. den einzelnen Ruderer sowie für die Bootsbesetzung abgeleitet.

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

Das biomechanisch gestützte Feedbacktraining erfolgte auf Grundlage der Messergebnisse aus den Selektionsuntersuchungen und den daraus abgeleiteten rudertechnischen Schwerpunkten für das Training der einzelnen Ruderin/des einzelnen Ruderers sowie der Bootsbesetzungen. Vor dem Feedbacktraining wurden konkrete Hinweise zur Veränderung der Bewegungsausführung und zur Feed-

backanzeige gegeben. Im Feedbacktraining wurden die Messinformationen zeitsynchron zur Bewegungsausführung visuell auf Grafikdisplays (PCS-3) bzw. akustisch über Lautsprecher als Klangsequenz (Sofrow) im Rennboot präsentiert. Inhaltlich erfolgte die Rückmeldung der objektiven Synchroninformationen über die Bewegungsausführung und deren Ergebnisse in Form von Kennlinien und -werten (visuell) bzw. des Parameterverlaufs (akustisch) und diente zur Lenkung der Aufmerksamkeit der Athletinnen und Athleten auf den jeweiligen Technikschnittpunkt. Diese Rückmeldungen sollten von den Athletinnen und Athleten in Beziehung zu ihren eigenen intrinsischen Rückinformationen gesetzt und die veränderte Bewegungsausführung wahrgenommen und verinnerlicht werden. Letztlich sollte damit das Gefühl für die Bewegungsausführung und deren Veränderung sowie die Ansteuerung verschiedener Merkmale der Rudertechnik in kurzer Zeit (1-3 Trainingseinheiten) unterstützt werden. 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 und extrinsischen Feedback sowie der richtigen Bewegungsausführung, der erzielte Lernfortschritt und Festlegung der weiteren Trainingsschnittpunkte für die Ruderinnen und Ruderer sowie für die Bootsbesatzung. Die Sonifikation bietet zudem die Möglichkeit, die Mannschaftssynchronisation zu verbessern.

## 4 Diskussion

Die Erfahrungen aus den vergangenen Jahren haben gezeigt, dass sich die biomechanische Betreuung mit den eingesetzten Mess- und Feedbacksystemen im Deutschen Ruderverband bei der Selektion der Bootsbesatzungen und im Feedbacktraining sehr gut bewährt hat und mittlerweile zu einem unverzichtbaren Bestandteil für die Formierung von Großbooten und die Entwicklung leistungsfähiger Bootsklassen in Vorbereitung der Nachwuchsnationalmannschaften auf die internationalen Wettkampfhöhepunkte geworden ist. 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 Mobilien Messsystem 2012 können die Ruderleistung und -technik unmittelbar im Rennboot in allen Bootsklassen und unter allen typischen Wettkampf- und Trainingsbedingungen (auch das Messen von Achterbesatzungen bei internationalen Rennen) erfasst werden. Aus den generierten Mess- und Testdaten können Hinweise zur Steuerung der individuellen Ruderleistung und -technik sowie Empfehlungen für die Formierung von Bootsbesatzungen) mit hoher trainingspraktischer Relevanz abgeleitet werden (Mattes, 2012).

Die Ergebnisse des visuellen Feedbacksystems liefern Hinweise auf die Ansteuerbarkeit verschiedener rudertechnischer Merkmale bei Spitzenrudern und ermöglichen eine z. T. neue Sicht auf die so genannte „Handschrift“ des Ruderers bzw. der Ruderin. Über den kurzfristigen Einsatz während der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung (1-3 Trainingseinheiten), ergibt sich eine zweite Anwendungsrichtung, da es hier nicht um ein Umlernen der Rudertechnik oder ein Ausmerzen rudertechnischer Fehler geht, sondern die Feineinstellung innerhalb der Mannschaft und das gezielte Verstärken von zweckmäßig erkannten, aber noch nicht gefestigtem Bewegungsverhalten im Mittelpunkt stehen. Mit der grafischen Anzeige auf bis zu vier Displays im Boot wird die Arbeit an der Rudertechnik unterstützt. Damit können beispielsweise im Achter gleichzeitig vier Ruderinnen oder Ruderer erfolgreich an der Rudertechnik arbeiten, ohne sich gegenseitig zu stören, während die übrigen Mannschaftsmitglieder für das „Stellen“ des Bootes verantwortlich sind.

Mit der Sonifikation besteht die Möglichkeit zur Verbesserung des Bootsbeschleunigungsverlaufs im Freilauf und in der vorderen Bewegungsumkehr, der Mannschaftssynchronisation sowie der Schlag- und Bewegungsstruktur in Abhängigkeit von der individuellen Rudertechnik (Mattes & Schaffert, 2015). Die Rückmeldungen der Athletinnen und Athleten zeigte, dass die Veränderung der Rudertechnik wahrgenommen und dadurch motorische Lerneffekte stimuliert werden. Die erzielten Ansteuerungseffekte waren für die Trainerinnen und Trainer direkt beobachtbar und im veränderten Beschleunigungsverlauf akustisch wahrnehmbar. Das Bewegungssehen, die Bewegungsbewertung und die Feedbackansprache an die Athletinnen und Athleten wurden verbessert.

## 5 Literatur

- Baudouin, A. & Hawkins, D. (2004). Investigation of biomechanical factors affecting rowing performance. *Journal biomechanics*; 37, (7), 969-76.
- 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 Fritsch, W. (Hrsg.), *Rudern – erfahren, erkunden, erforschen*. Gießen: Wirth-Verlag (Sport Media), S.163-172.
- 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), 403-11.
- 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. Limpert Verlag Wiebelsheim, 53-108.
- 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. (2015). Wirkung der Sonifikation auf die Bootsgeschwindigkeit und Mannschaftssynchronisation im Rennrudern. *Leistungssport*, 45 (3), 46-51.
- Nolte, V. (2011). (Ed.) *Rowing faster. Serious Training for serious rowers*. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics.
- 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 und Sonifikation im Rennboot zur Leistungs- und Technikansteuerung im Hochleistungstraining (HLT) und Handicap

(071607/14)

Klaus Mattes (Projektleiter), Nina Schaffert, Martin Reischmann & Stefanie Manzer  
Universität Hamburg, Arbeitsbereich Bewegungs- und Trainingswissenschaft

## 1 Problem

Die komplexe Diagnostik von individueller Ruderleistung und -technik ist bei der Vorbereitung der Nationalmannschaften auf die internationalen Wettkampfhöhepunkte (Weltmeisterschaften und Olympische Spiele) neben dem regulären Training notwendig, um die ruderspezifische Leistungsfähigkeit feststellen und entsprechende Trainingsmaßnahmen einleiten zu können. Die jährliche Betreuung erfolgt im Deutschen Ruderverband durch den Einsatz von Mess- und Feedbacksystemen (Böhmert & Mattes, 2003; Böhmert, 2009; Schaffert & Mattes, 2011).

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts zur Sonifikation aus dem Jahr 2013 (Mattes & Schaffert, 2014) konnten zeigen, dass mit der Sonifikation der Bootsbeschleunigung, als neuer Trainingsform die Möglichkeit zur spezifischen Ansteuerung des Beschleunigungsverlaufs sowie zur Verbesserung der Mannschaftssynchronisation und individueller Merkmale der Rudertechnik im Durchzug und Freilauf besteht. Die Effekte führen zu einer verbesserten Bewegungstechnik, können die Kraft- und Leistungswerte pro Schlag steigern und dadurch die physiologische Beanspruchung pro Schlag erhöhen, ohne den jeweiligen Intensitätsbereich (Laktatauslenkung/Schlagfrequenz) zu verlassen. Dabei nähert sich die Schlag- und Bewegungsstruktur dem Wettkampf an (Mattes & Schaffert, 2015).

Im Betreuungsprojekt wurde davon ausgegangen, dass sich die Ergebnisse in die Alltagsbedingungen der Trainingspraxis überführen lassen. Dafür sollte die Sonifikation systematisch in die bisherige Betreuung integriert werden, um diesen Prozess schnell und zielgerichtet zu steuern und die Arbeit der erfahrenen Trainerinnen und Trainer zu unterstützen.

## 2 Methode

Die Untersuchungen wurden mit Kaderathletinnen und -athleten des Deutschen Ruderverbandes (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 fanden ein- bis dreimal im Trainingsjahr statt.

Die komplexe Diagnostik der Ruderleistung und -technik wurde mit dem Mobilten Mess- und Trainingssystem 2012 (MMS) (Böhmert & Mattes, 2003; Böhmert, 2009) durchgeführt. Das parametergestützte Feedbacktraining erfolgte visuell (mit dem Prozessor Coach System-3/Sportler, PCS-3/S, Mattes & Böhmert, 2002) und akustisch (mit *Sofirow*, Schaffert & Mattes, 2011) zur Feineinstellung der Rudertechnik. Die genaue Beschreibung der Messgrößen der eingesetzten Mess- und Feedbacksysteme erfolgte bereits in den Berichten zu den Vorjahresprojekten. Hervorzuheben ist die hohe trainingspraktische Relevanz der generierten Mess- und Testdaten, um Hinweise zur Steuerung der individuellen Ruderleistung und -technik sowie Empfehlungen für die Formierung von Bootsbesetzungen geben zu können.

Zudem wurden am Ende der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung die Relationsrennen mit dem Mess- und Analysesystem *Accrow* (Mattes & Schaffert, 2010) bei ausgewählten Mannschaften ausgewertet.

In Absprache mit dem Cheftrainer sowie den verantwortlichen Bootstrainerinnen und -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).

## 3 Ergebnisse der Betreuungsmaßnahmen

### 3.1 Komplexe Leistungsdiagnostik

Die Diagnostikdaten wurden im Anschluss an den Test ausgewertet. Je nach Bootsklasse (1x- bis 8+) lagen die Ergebnisse ein bis zwei Stunden nach Testdurchführung als metrische Daten (proportionales Skalenniveau) vor. Die Einschätzung und Beurteilung des qualitativen Verlaufs rudertechnischer Kennwerte sowie die quantitative Ausprägung von Merkmalen der Ruderleistung und -technik erfolgte über die kombinierte grafische Darstellung mit ausgewählten rudertechnischen Kennwerten in Tabellenform. Zur Erleichterung des Verständnisses der Athletinnen und Athleten wurden die Testergebnisse des Mobilens Messsystems mit einer speziellen Auswerte- und Darstellungssoftware (Videomesswertkopplung) präsentiert und in gemeinsamen Gesprächen mit den verantwortlichen Trainerinnen und Trainern (Bundes- und/oder Heimtrainerin und -trainer) sowie den Athletinnen und Athleten näher erläutert. Dabei wurden insbesondere die Zusammenhänge zwischen dynamischer und kinematischer Struktur der Ruderbewegung, die äußerlich sichtbare Rudertechnik und deren Wirkung auf die Bootsgeschwindigkeit sowie der Bootsdurchlauf thematisiert. Auf Grundlage der Testergebnisse konnten anschließend die Schwerpunkte für das Technik- und Konditionstraining individuell für die einzelne Athletin/den einzelnen Athleten als auch für die Bootsbesatzung abgeleitet werden.

### 3.2 Visuelles und akustisches Feedbacktraining

Das biomechanisch gestützte Feedbacktraining vermittelte die Messinformationen zeitsynchron mit der Bewegungsausführung visuell auf Grafikdisplays (PCS-3) bzw. akustisch über Lautsprecher als Klangsequenz (*Sofirow*) im Rennboot. Dem Feedbacktraining ging die komplexe Leistungsdiagnostik zur Bestimmung der rudertechnischen Fehler und individuellen Besonderheiten voraus. Zunächst wurden die anzusteuernenden Technikmerkmale festgelegt sowie 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 und Athleten in Beziehung zu den eigenen intrinsischen Rückinformationen setzen und die veränderte Bewegungsausführung wahrneh-

men 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 festgelegt. Das Feedbacktraining dient zur Unterstützung der Athletinnen und Athleten bei der 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. Zudem kann Sonifikation die Mannschaftssynchronisation verbessern.

### 3.3 2000-m-Rennanalyse

Die Ergebnisse wurden von Accrow für jedes Boot und Rennen für die Gesamtfahrtzeit über 2000 m, Teilzeiten, mittlere Bootsgeschwindigkeit, Schlagfrequenz, den Vortrieb insgesamt sowie pro Schlag und deren Relationen zueinander ausgegeben. 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). Damit konnten Aussagen zur Ausrichtung der individuellen Rennprofile und zur Zweckmäßigkeit der Relation von Schlagfrequenz zu Bootsgeschwindigkeit sowie zu intrazyklischen Geschwindigkeitsschwankungen gemacht werden. Zudem erfolgt ein Vergleich der ermittelten Endzeiten zur Prognosegeschwindigkeit.

## 4 Diskussion

Der Einsatz von Mess- und Feedbacksystemen sowie die Auswertung und Analyse der Messergebnisse durch die Universität Hamburg bei den Nationalmannschaften haben sich in den vergangenen Jahren aus Sicht des Deutschen Ruderverbandes sehr bewährt. Die Ergebnisse konnten den Trainingsprozess unterstützen und neue Möglichkeiten zur Ansteuerung der Rudertechnik öffnen. 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.

Das Mobile Messsystem als mittlerweile unverzichtbarer Bestandteil in der Vorbereitung der Rudernationalmannschaften auf die internationalen Wettkampfhöhepunkte (Weltmeisterschaften, Olympische Spiele) ermöglicht die Erfassung der individuellen Ruderleistung und -technik der Athletinnen und Athleten unmittelbar im Rennboot, in allen Bootsklassen und unter allen typischen Wettkampf- und Trainingsbedingungen, wie z. B. das Messen von Achterbesatzungen bei internationalen Rennen.

Das PCS-Feedbacksystem liefert unterstützt die Arbeit an der individuellen Rudertechnik über die grafische Anzeige auf bis zu vier Displays im Boot. Damit können beispielsweise im Achter gleichzeitig vier Rudererinnen und/oder Ruderer erfolgreich an ihrer Rudertechnik arbeiten, ohne sich gegenseitig zu stören, während die übrigen Mannschaftsmitglieder für das „Stellen“ des Bootes verantwortlich sind.

Mit der Sonifikation besteht die Möglichkeit zur Verbesserung des Bootsbeschleunigungsverlaufs im Freilauf und in der vorderen Bewegungsumkehr, der Mannschaftssynchronisation sowie der Schlag- und Bewegungsstruktur in Abhängigkeit von der individuellen Rudertechnik. Die Rückmeldungen der Athletinnen und Athleten zeigte, dass die Veränderung der Rudertechnik wahrgenommen und

dadurch motorische Lerneffekte stimuliert werden. Die erzielten Ansteuerungseffekte waren für die Trainerinnen und Trainer direkt beobachtbar und im veränderten Beschleunigungsverlauf akustisch wahrnehmbar. Das Bewegungssehen, die Bewegungsbewertung und die Feedbackansprache an die Athletinnen und Athleten wurden verbessert.

Die 2000-m-Rennanalyse mit *Accrow* lieferte Informationen zur kinematischen Struktur des Ruderrennens und damit notwendige 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 (Mattes & Schaffert, 2010). Damit erweitert die Analyse die bisherige Dokumentation der Gesamtrenndistanz erheblich, da sie auch Daten zu 500-m- und 250-m-Abschnitten beinhaltete.

## 5 Literatur

- Baudouin, A. & Hawkins, D. (2004). Investigation of biomechanical factors affecting rowing performance. *Journal biomechanics*; 37, (7), 969-76.
- 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 Fritsch, W. (Hrsg.), *Rudern – erfahren, erkunden, erforschen*. Gießen: Wirth-Verlag (Sport Media), S.163-172.
- 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), 403-11.

- 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. & Böhmert, W. (2002). *Feineinstellung der sportlichen Technik durch Messplatztraining*. In *Messplatztraining*. 5. Gemeinsames Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft vom 19.-21.9. 2002 in Leipzig.
- 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.
- Mattes, K. & Schaffert, N. (2015). Wirkung der Sonifikation auf die Bootsgeschwindigkeit und Mannschaftssynchronisation im Rennrudern. *Leistungssport*, 45 (3), 46-51.
- Nolte, V. (2011). (Ed.) *Rowing faster. Serious Training for serious rowers*. 2nd ed. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schaffert, N. & Mattes, K. (2011). Designing an acoustic feedback system for on-water rowing training. *International journal of computer science and sport*, 10 (2), 71-76.
- Smith, R.M. & Loschner, C. (2002). Biomechanics feedback for rowing. *Journal of sports sciences*, 20 (10), 783-791.



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

(AZ 071608/14)

Klaus Mattes (Projektleiter), Stefanie Manzer, Martin Reischmann & Nina Schaffert  
Universität Hamburg, Abteilung Bewegungs- und Trainingswissenschaft

Kooperationspartner: Uwe Florczak, DLV-Bundestrainer Weitsprung

## 1 Problemstellung

In diesem Kalenderjahr bildeten Anlaufkontrollen und Absprünge aus unterschiedlichen Anlaufängen, die verschiedenen horizontalen Mehrfachsprünge sowie aufgrund des Disziplinwechsels einer Athletin auch Dreisprünge die Schwerpunkte der Diagnostik und des Messplatztrainings. Aus kinematischen und dynamischen Untersuchungen bei Wettkämpfen und im Training sind die strukturellen Anforderungen an Anlauf und Absprung, deren gesetzmäßige Zusammenhänge und Einfluss auf die Flugweite bekannt (Hay, Miller & Canterna, 1986; Coh, Kugovnik & Dolenc, 1997; Bridgett & Linthorne, 2006; Miladinov, 2006; Huber, 2012). Eine rhythmisierte Anlaufgestaltung, eine zweckmäßige Absprungvorbereitung mit Absenken des Körperschwerpunktes, eine hohe Anlaufgeschwindigkeit ohne bzw. mit nur geringem Geschwindigkeitsverlust vor und während des Absprunghanges, 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) kennzeichnen als kinematische Merkmale die Weitsprungleistung. Die horizontalen und vertikalen Kraft-Zeit-Verläufe (ausgeprägter Doppel-Peak, Doppel-Peak, Ansatz zum Doppel-Peak, einfacher Peak), der horizontale Beschleunigungs- und Bremsanteil, das erste Kraftmaximum, das Zwischenminimum und das zweite Kraftmaximum des vertikalen Kraftstoßes sowie die sagittale und frontale Drehmomente (Miladinov, 2006; Huber, 2012) stellen essentielle dynamische Merkmale dar. In Abgrenzung zum Weitsprung wird beim Dreisprung besonderer Fokus auf das Zeitprogramm sowie die Absprunghohe Koordination zum Hop, Step und Jump gelegt. Dabei gelten ein geringer horizontaler Geschwindigkeitsverlust im Absprung, das optimale Verhältnis von Hop zum Step bezogen auf die Dauer, Flughöhe und Horizontalgeschwindigkeit und die prozentualen Teilsprungweiten von Hop 35-36 %, Step 30-31 % und Jump 33-35 % als charakteristische, dreisprungspezifische Leistungsmerkmale (Niessen et. al, 2004).

Die komplexe Weit- und Dreisprungleistung wird durch den Einsatz verschiedener spezieller Trainingsübungen (Sprints, horizontale Mehrfachsprünge, Weit- und Dreisprünge 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 bzw. Trainer und Aktive bei der Trainingssteuerung entscheidend unterstützen. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Erfassung von Zubringerleistungen im Bereich Sprint/Sprung zu denen z. B. 30-m-fliegender Sprint, 3er-Hop und 5er-Sprunglauf zählen (Killing & Knapp, 2010).

Wie in den Vorjahren (ab 2011) erfolgte regelmäßig ein Messplatztraining mit objektiv ergänzender Rückinformation über die realisierten kinematischen und dynamischen Kennwerte und Kurvencharakteristika kombiniert mit einer 2D-Videoanalyse der Trainingsübungen.

## 2 Methoden

Im Trainingsjahr 2014 fand eine kontinuierliche, wissenschaftliche Betreuung ausgewählter A- und B-Kaderathletinnen bzw. -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 (Italien), die in einer Weitsprunggrube endet sowie eine Kraftmessplatte (Advanced Mechanical Technology, Inc., USA) unter dem Absprungbalken. Erstmals wurden auch 2D-Videoanalysen aus sagittaler Perspektive mit einer Highspeedvideokamera (Typ ergänzen) vorgenommen.

Untersucht wurden Trainingsübungen bzw. Zubringerleistungen, wie z. B. Anlaufkontrollen aus unterschiedlichen Anlaufängen, 3er- und 5er-Sprungläufe in die Grube, 3er-Hop, Take Offs, Dreisprünge sowie Kombinationen dieser Sprungübungen und aufgrund von Umorientierungen der Testpersonen in Richtung Dreisprung dementsprechende Trainingsübungen und -sprünge. Die Kraftmessplatte wurde für die Analyse von Trainingsprüngen vom Brett aus unterschiedlichen Anlaufängen 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.

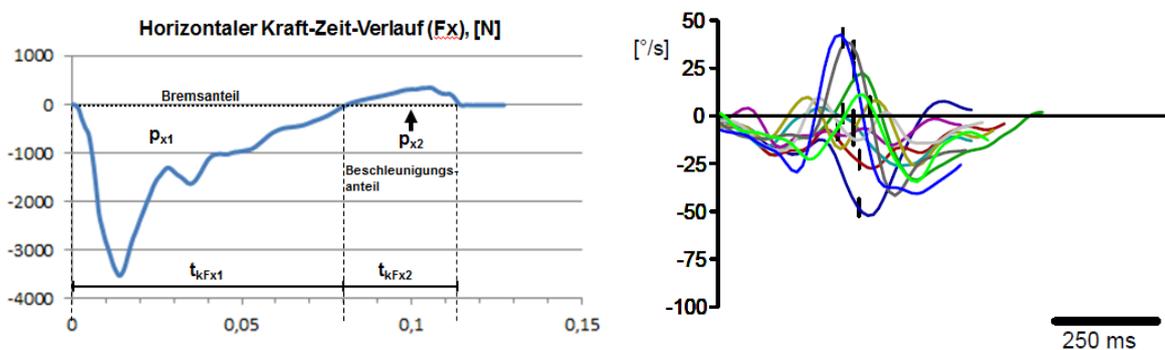


Abb. 1: Kraft-Zeit-Verläufe der horizontalen ( $F_x$ ) und vertikalen Kraft ( $F_z$ )

Die 2D-Kinemetrie erfasste einen Bildausschnitt von 6,50 mal 3,00 Metern mit einer Auflösung 1632 x 448 und einer Bildwechselfrequenz von 200 Hz. Verwendet wurde ein Körpermodell nach Zatsiorski (2002). Die Körperpunkte Kopf, Schulter, Ellenbogen, Handgelenk, Finger, Thorax, Trochan-

ter, Knie, Sprunggelenk, und Zeh wurden mit reflektierenden Markern beklebt. Die Datenaufnahme und Auswertung erfolgte mittels Vicon Motus 10.1. Analysiert wurden die Absprungs- und Stemmpositionsweite, der Abflugwinkel, der Stemm- und Rumpfwinkel beim Auftreffen, der Kniewinkel und der Kniewinkelverlauf in der Amortisationsphase, der Hüftwinkel sowie der Sprunggelenkwinkel.

### 3 Ergebnisse

Im Rahmen der Diagnostik wurden die individuellen Daten von horizontalen Mehrfachsprüngen, Weit- und Dreisprüngen aus unterschiedlichen Anlaufschritten und der Anlaufkontrolle analysiert und zur Dokumentation der Leistungsentwicklung archiviert. Aufgrund der Fortsetzung der Betreuung aus dem Jahr 2013 konnten einzelnen Trainingsübungen der Athletinnen und Athleten in den jeweiligen Trainingsphasen über das Jahr hinweg verglichen werden. Der Vergleich der Trainingsübung 5er-Hop aus sechs Anlaufschritten während der Vorbereitungsperiode im November 2013 und 2014 zeigte einen deutlichen Unterschied sowohl in der Gesamtsprungweite als auch den kinematischen Parametern bei ausgewählten Testpersonen (Tab. 1).

Erweiternd erfolgte eine komplexe Diagnostik der Dreisprünge einer Athletin mittels Optojump und der Kraftmessplatte, sodass sowohl Trainingsübungen wie der „russische Dreisprung“ als auch Sprünge aus unterschiedlichen Anlaufängen vergleichend analysiert werden konnten. Der Vergleich von zwei Dreisprüngen aus elf und 13 Anlaufschritten zeigte, dass

- sich die Teilweiten Hop, Step und Jump bei vergleichbarer Sprungweite (13,20 m vs. 13,30 m) unterscheiden,
- der Sprung aus elf Anlaufschritten einen längeren Step bei kürzerem Jump aufweist,
- das Verhältnis von Hop, Step und Jump eher dem Leitbild entspricht,
- Unterschiede im Kraft-Zeit-Verlauf deutlich werden und somit beim Sprung aus elf Anlaufschritten
  - eine geringere horizontale negative Kraftspitze bei Bodenkontakt sowie
  - ein größerer vertikaler Kraftimpuls ( $p_{z2}$ ) mit höheren Kraftwerten ( $F_z$ ) und entsprechender vertikaler Absprunggeschwindigkeit ( $v_{Abz2}$ ) erzeugt werden.

Tab. 1: Vergleich der kinematischen Parametern und der Gesamtsprungweite beim 5er Hop in die Grube aus sechs Anlaufschritten einer ausgewählten Athletin

Anlaufschritte	Kontaktzeit [s]		Schrittlänge [cm]		Schrittgeschwindigkeit [m/s]		Flughöhe [cm]		Frequenz [step/s]		Sprungweite [m]	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
2	0,193	0,192	164	162	4,90	5,13	2,5	1,9	2,99	3,16	17,85	18,3
3	0,169	0,186	182	183	5,57	5,43	3,1	2,8	3,06	2,97		
4	0,160	0,160	176	184	6,20	6,46	1,9	1,9	3,52	3,51		
5	0,154	0,163	190	203	6,76	6,95	2,0	2,0	3,56	3,42		
6	0,162	0,166	170	192	7,73	7,62	0,4	0,9	4,55	3,97		
7	<b>0,162</b>	<b>0,158</b>	<b>392</b>	<b>405</b>	<b>6,69</b>	<b>6,89</b>	<b>22,0</b>	<b>22,7</b>	<b>1,71</b>	<b>1,70</b>		
8	0,175	0,167	347	379	6,25	6,46	17,7	21,6	1,80	1,70		
9	0,185	0,202	345	352	5,88	5,84	19,8	19,7	1,70	1,66		
10	0,203	0,214	334	345	5,70	5,40	18,0	22,1	1,71	1,56		
11	0,201	0,233	367	349								

Zusätzlich zur Diagnostik der kinematischen Merkmale erfolgte ein Feedback unmittelbar im Anschluss an die Trainingsübung. 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 Analyse der Dreisprungsdaten beinhaltete zudem die Berechnung der prozentualen Anteile von Hop, Step und Jump. Die Anlaufkontrollen mit Fokus auf dem Absprung sowie ausgewählte Trainingsübungen wurden aus seitlicher Perspektive gefilmt, sodass die Datenpräsentation ca. 10-60 s nach dem Sprung und die Videosequenz als Sofort- oder Spätinformation zur Verfügung standen. Anhand der parallelen Präsentation der Messdaten mit den Videoaufnahmen wurden Anlauf und Absprung gemeinsam mit dem Trainer und den Aktiven detailliert analysiert und reflektiert. Die Bewegungsanweisungen des Trainers konnten dadurch präziser formuliert und deren Wirkung in der folgenden Bewegungsausführung kontrolliert werden.

Die Kraftmessdaten für Weitsprungsabsprünge 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 Kraftmaximums, 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.

## 4 Diskussion und Fazit

Einen wesentlichen Wert der wissenschaftlichen Betreuung im Trainingsjahr 2014 stellte das Feedbacktraining sowohl für den Weit- als auch den Dreisprung dar, das eine hohe Akzeptanz beim Trainer und den Aktiven erreichte. Dabei resultierte die hohe Wirksamkeit des Feedbacktrainings 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, prozentuale Angabe der Hop-, Step-, Jump-Verhältnisse etc.) sowie der Kombination mit verlaufsorientierter Rückmeldung (KP) über das zusätzliche Videofeedback. Die detaillierte Bewegungsanalyse in Verbindung mit intrinsischer und extrinsischer Information ermöglicht es, die Bewegungsvorstellung der Athletinnen bzw. Athleten und des Trainers weiter zu differenzieren, die Bewegungsanweisungen zu präzisieren und die Ansteuerung verschiedener Technikmerkmale zu unterstützen.

Mittels OptojumpNext konnten die kinematischen Daten sowohl für den Weitsprung als auch den Dreisprung 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. Zudem konnten Vergleiche über das Trainingsjahr hinweg von Zubringerleistungen wie dem 3er-Hop ausgewählter Personen vorgenommen werden, die eine sehr gute Einordnung des aktuellen Trainingszustandes zuließen. Die Gegenüberstellung der Anlaufängen und -geschwindigkeiten dokumentierten Veränderungen der dynamischen und kinematischen Daten in Abhängigkeit vom Trainingsschwerpunkt und Zeitpunkt im Trainingsjahr.

Mittels der Kraftdaten werden wesentliche Merkmale des Absprungs beschrieben und die realisierte Sprungweite hinreichend begründet. Zwischen den kinematischen und dynamischen Daten bestehen

verschiedenen Beziehungen. Zum einen werden resultative Relationen der kinematischen Daten des Anlaufs auf den Absprung und zum anderen finale Relationen der dynamischen und kinematischen Daten des Absprunghöhe auf den Anlauf aufgeklärt. Diese Informationen bereichern die Ableitungen für das Techniktraining.

Da die Optojump-Daten keine Informationen zum Geschwindigkeitsverlauf des Körperschwerpunktes innerhalb eines Sprint- bzw. Sprungschrittes liefern, besteht das Problem der ungenauen Abschätzung der Eingangs- und Endbedingungen für den Weitsprungabsprung. Die Ergebnisse der 2D-Highspeedkinematik lieferten trainingsrelevante Daten zum Abflugwinkel und zur Abflughöhe des Körperschwerpunktes, die mit Befunden von (Huber, 2012) übereinstimmten. Die Bestimmung der 2D-Geschwindigkeit des Körperschwerpunktes weist jedoch eine zu große Ungenauigkeit auf, sodass weder die Eingangsgeschwindigkeit vor Beginn des Absprunghöhe noch die Abfluggeschwindigkeit trainingsrelevant ermittelt wurden. Eine Erweiterung der Videokinematik mit zwei Kameras (von links und rechts) ist für das Jahr 2015 geplant.

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 2014 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 Absprunghöhe beim Weitsprung*. Dissertation, Universität Tübingen.
- Killing, W. (2008). *Leistungsreserve Springen: Handbuch des Sprungkrafttrainings für alle Sportarten*. Münster: Philippka.
- Killing, W. & Knapp, U. (2010). Der Jahresweltbeste im Weitsprung. *Leichtathletiktraining*, (11), 4-11.
- 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.
- Niessen, M., Hartmann, U. & Jürgens, A. (2005) Bewegungsanalyse und Bewegungssteuerung im Dreisprung. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp Jahrbuch 2004*, S. 255-264.
- Miladinov, O. (2006). New Aspects in perfecting the long jump Technique. *New studies in athletics*, 21 (4), 7-25.
- Zatsiorsky, V. (2002). *Kinetics of Human Motion*. Champaign, IL: Human Kinetics.



# Training des Calls im Beachvolleyball

(AZ 071609/14)

Stefan Künzell

## 1 Problemstellung

Mit dem Call teilt die Mitspielerin bzw. der Mitspieler der oder dem Angreifenden eine ungedeckte Position auf dem gegnerischen Spielfeld mit, in die ein platzierter lockerer Angriffsschlag über den Block gespielt werden kann. Die Wahrscheinlichkeit der Befolgung eines Calls hängt von der Länge des Call-Schlag-Intervalls (CSI) ab (Künzell, Huber und Schweikart, 2015). Die Problemstellung für das Betreuungsprojekt bezieht sich auf das Training des Calls. Dazu wird zunächst die Bedeutung des Calls im Wettkampf analysiert. Bereits festgestellt wurde, dass Angriffe, bei denen der Call beachtet wurde, erfolgreicher waren als Angriffe, in denen der Call nicht beachtet wurde (Künzell, Huber, Hurler und Schweikart, 2014; Künzell, Schweikart, Köhn und Schläppi-Lienhard, 2014). Unklar ist hingegen, ob der Call auch tatsächlich die Ursache für den Erfolg war, oder ob der Angriffsschlag auch ohne den Call in die erfolgreiche Ecke gespielt worden wäre. Um also die Einflusshöhe des Calls auf die Leistung im Beachvolleyball zu bestimmen, müssen diese beiden Fälle auseinander gehalten werden.

## 2 Methode

Dazu wurden insgesamt 15 Spiele der deutschen A und B-Kaderathleten bei zwei A-Top-Turnieren und bei der Europameisterschaft in Klagenfurt aufgenommen und ausgewertet. Insgesamt wurden 356 Angriffe untersucht. Die Angriffe eines Spiels mussten entfernt werden, da der Trainer uns im Nachhinein mitteilte, dass er in diesem Spiel die taktische Anweisung gegeben hatte, den Call nicht zu beachten sondern nur harte Angriffsbälle zu schlagen. In 22 Fällen war der Call unverständlich. Für die Auswertung wurden insgesamt 297 Angriffe verwendet, davon 205 von den Damen und 93 von den Herren. Bestimmt wurde die Länge des Call-Schlag-Intervalls sowie der Erfolg des Angriffs, wie bereits in Künzell, Huber und Schweikart (2015) dargestellt. Alle Angriffe mit Call wurden in zwei Kategorien unterteilt, je nach dem, wann der Call gegeben wurde. Als Trennzeit für die Einteilung der Kategorien wurde das CSI gewählt, bei dem mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % der Call beachtet werden konnte. Dieses CSI beträgt 538 ms (aus Künzell, Huber und Schweikart, 2015). Die Logik dabei ist, dass es für Calls, in denen das CSI kürzer als 538 ms ist, die Wahrscheinlichkeit, dass der Call Ursache für den Shot war, kleiner als 50 % ist und mit der Kürze des Intervalls noch weiter abnimmt, während bei einem CSI, das länger als 538 ms ist, die Wahrscheinlichkeit für das Beachten des Calls über 50 % liegt.

## 3 Ergebnisse

In einer ersten Analyse wird die Verteilung der CSIs für alle Angriffe mit Call betrachtet (Abb. 1). Bei den Herren kam bei 76 Angriffen (81,7 %) der Call so spät, dass das CSI unter 538 ms lag, in nur 17 Angriffen (18,3 %) war das CSI länger als 538 ms. Die Damen callten deutlich früher. Von den 205 auswertbaren Angriffen kam in 101 Fällen der Call später als 538 ms vor dem Ball-Hand-Kontakt (49,3 %), in 104 Fällen (50,7 %) war das CSI länger als 538 ms.

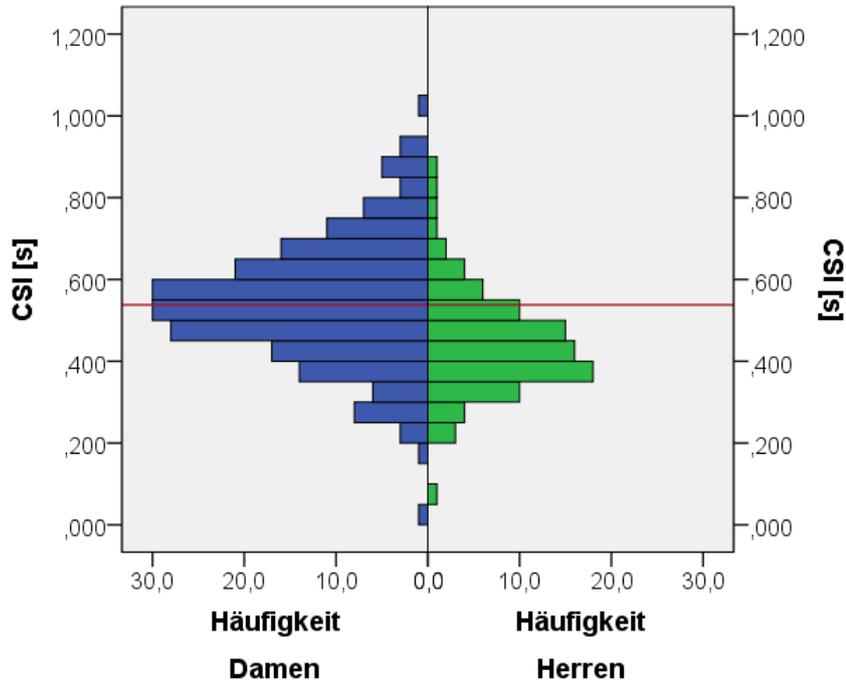


Abb. 1: Verteilung der CSI für alle Angriffe mit Call (blau die Damen, grün die Herren).

In einem zweiten Schritt konnte nun die Rate der Shots, die in die gecallte Richtung gespielt wurden und in denen der Call so spät kam, dass er wahrscheinlich nicht mehr beachtet werden konnte (CSI < 538 ms) mit der Rate der Shots verglichen werden, in denen der Call so rechtzeitig kam, dass er wahrscheinlich beachtet werden konnte. Über die Differenz in diesen Raten sollte der Anteil der Angriffe, in denen der Call ursächlich für die Entscheidung für einen Shot und dessen Richtung war, berechenbar sein.

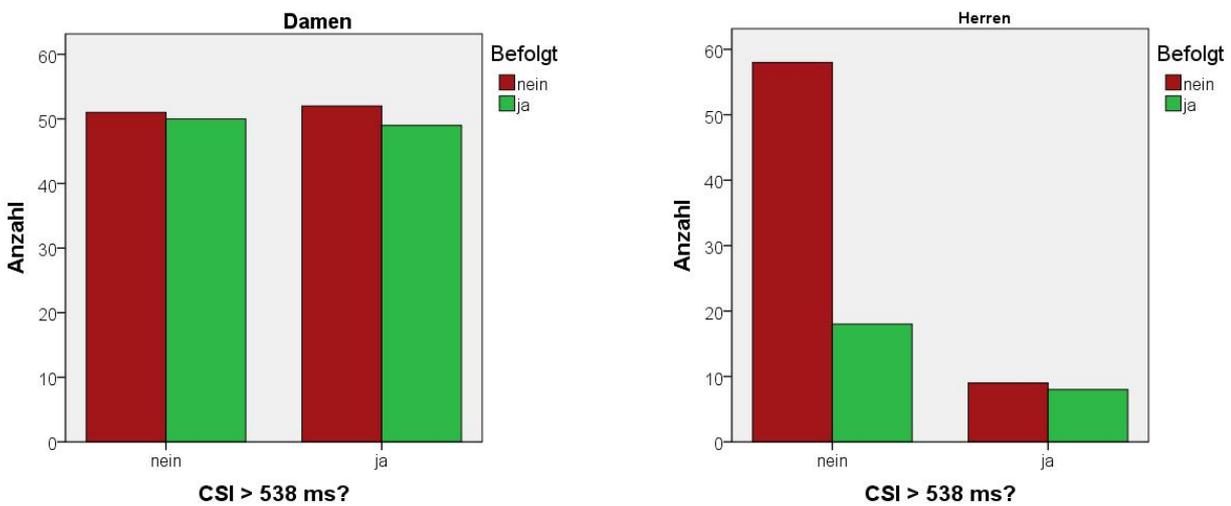


Abb. 2: Anzahl der Angriffe, die in Richtung des Calls gingen (grün), bzw. die nicht beachtet wurden (rot), aufgeteilt in Angriffe, bei denen das CSI so kurz war, dass ein reagieren auf den Call unwahrscheinlich ist (linkes Balkenpaar) oder wahrscheinlich ist (rechtes Balkenpaar) und für Damen (linkes Diagramm) und Herren (rechtes Diagramm).

Bei den Damen macht die Länge des CSI keinen Unterschied, was die Befolgung des Calls angeht (Abb. 2). Es wird unabhängig von der Länge des CSI in ungefähr der Hälfte aller Angriffe ein Shot dort platziert, wohin auch der Call deutete. In der anderen Hälfte der Fälle wurde der Call nicht beachtet, d. h. entweder wurde ein harter Angriffsschlag gespielt oder in eine andere Richtung geschottet. Bei den Herren zeigt sich ein anderes Bild: Ist das CSI so kurz, dass wahrscheinlich nicht mehr auf den Call reagiert werden kann, wird in der überwiegenden Anzahl der Angriffe auch kein Shot in die gecallte Richtung gespielt. Wenn der Call jedoch rechtzeitig erfolgte, wurde er in der Hälfte der Angriffe auch beachtet. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Fallzahlen hier insgesamt sehr gering sind, so dass diese Aussagen mit Vorsicht zu genießen sind.

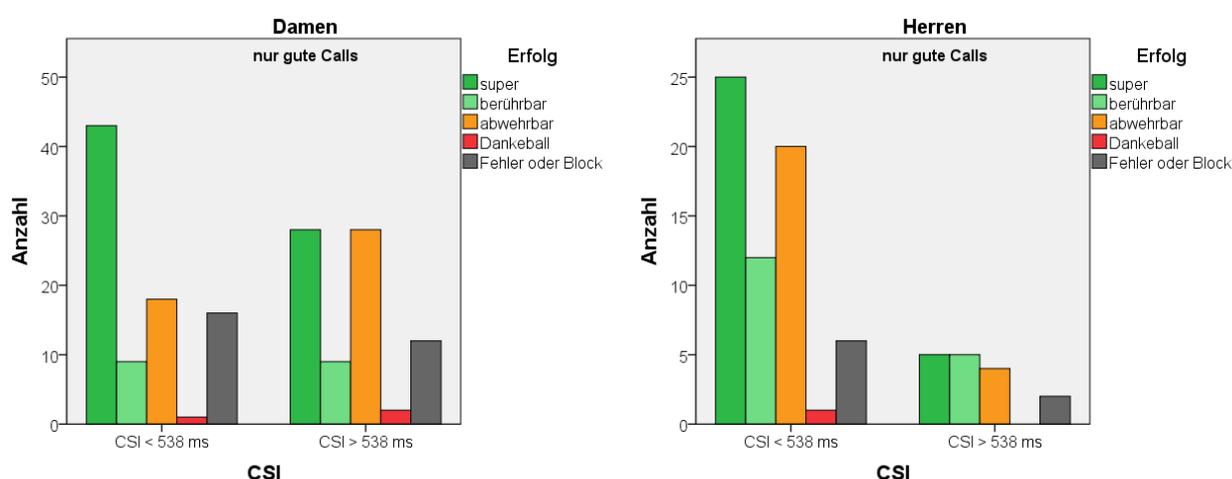


Abb. 3: Angriffserfolge aufgeteilt in Angriffe, bei denen das CSI so kurz war, dass ein Reagieren auf den Call unwahrscheinlich ist (linke Balkengruppe) oder wahrscheinlich ist (rechte Balkengruppe) (Damen linkes Diagramm, Herren rechtes Diagramm).

Betrachtet man nun die Erfolge der Angriffe aufgeschlüsselt nach den beiden Kategorien (Abb. 3), so ist weder bei den Herren noch bei den Damen ein bedeutender Unterschied zwischen dem Erfolg eines rechtzeitigen oder eines zu späten Calls augenfällig. Wiederum sind jedoch bei den Herren die Fallzahlen so gering, dass Verallgemeinerungen nicht sinnvoll erscheinen.

Interessant ist, dass dennoch Angriffe mit gutem Call erfolgreicher waren als Angriffe ohne Call, selbst wenn das CSI gering, also der Call eigentlich zu spät war. Dies kann an mehreren Gründen liegen, die allerdings spekulativen Charakter haben.

Zum einen könnte es sein, dass der Angreifer bzw. die Angreiferin sich bereits vor dem Call dafür entschied, einen Shot zu spielen, und dass der Call dann nur noch über die Richtung des Shots einen Hinweis gibt. Die dafür notwendige Zeit wurde experimentell nicht erhoben. Da es sich hier um eine Parameteränderung handelt und nicht um eine Programmänderung, sollte die Zeit für das Umsetzen des Calls geringer sein als das im Experiment ermittelte CSI. Allerdings wurden die Daten teilweise auch mit kürzeren CSIs als den ermittelten 538 ms analysiert, es ergab sich kein wesentlicher Unterschied zu den hier berichteten Auswertungen.

Zum anderen könnte es sein, dass ein bestätigender Call die Sicherheit und damit den Erfolg eines Shots erhöht. Dies würde bedeuten, dass zwar die Entscheidung für einen Shot schon vor dem Call erfolgte, dass aber dennoch der Call eine Wirkung auf die Effektivität des Shots hat.

## 4 Trainingsempfehlungen

Als Fazit der Untersuchung geben wir den Trainerinnen und Trainern sowie den Athletinnen und Athleten folgende Empfehlungen:

- Der Call eignet sich nicht, dem Angreifenden eine Entscheidung abzunehmen. Das Analysieren der gegnerischen Abwehrformation durch den Angreifenden sollte unbedingt erfolgen und muss auch trainiert werden.
- Es lohnt sich aus bewegungswissenschaftlicher Sicht für den Abwehrspieler bzw. die -spielerin nicht, auf den Call zu laufen, denn er bietet keine zusätzliche Information über den Schlag des Gegners. Allenfalls unter psychologischen Aspekten könnte dies Sinn machen: Wenn mehrere Male in der Abwehr ein Shot erlaufen wird, der in die Richtung des Calls gespielt wurde, sät dies vermutlich Zwietracht im gegnerischen Team.
- Wenn der Call als zusätzliche Informationsquelle verwendet werden soll, muss das rechtzeitige Callen trainiert werden. Nur dann kann der Call auch tatsächlich beachtet werden. „Rechtzeitig“ bedeutet dabei ungefähr eine halbe Sekunde vor der Ballberührung.
- Ein zu später Call ist nicht schädlich. Möglicherweise führt er dazu, den Angreifenden in seiner Entscheidung zu bestärken.

Ein Problem für das Training ist, dass das CSI nur im Nachhinein durch Videoanalyse feststellbar ist. Für das Training sollte den Trainern der optimale Zeitpunkt für den Call an dem Bewegungsverlauf der Angreiferin verdeutlicht werden. Als Ergebnis des Betreuungsprojekts erhielt der Bundestrainer eine Sammlung von Videoclips von jedem und jeder auf der Deutschen Meisterschaft in Timmendorf aufgezeichneten Spieler bzw. Spielerin. Dort wurden beispielhaft Angriffe mit rechtzeitigen und zu späten Calls dargestellt, zusätzlich noch Szenen, in denen ein falscher Call gegeben wurde oder der Call ganz fehlte, er aber sinnvoll gewesen wäre. Darüber hinaus wurde für eine typische Passhöhe der individuellen Spielerinnen der Moment, an dem der Call spätestens erfolgen sollte, um noch beachtet werden zu können, als Screenshot festgehalten und dem Bundestrainer zur Verfügung gestellt. Auf Grundlage dieser Screenshots sind die Trainer nun in der Lage, anhand äußerer Bewegungsmerkmale ihrer Athleten den optimalen Zeitpunkt für den Call zu bestimmen. Ein Beispiel eines solchen Screenshots ist in Abb. 4 dargestellt.



Abb. 4: Beispiel für den optimalen Zeitpunkt des Calls für C. L. (Deutsche Meisterschaften am Timmendorfer Strand).

## 5 Literaturverzeichnis

- Künzell, S., Huber, A., Hurler, A. & Schweikart, F. (2014). Analyse des Intervalls zwischen Call und Schlag im Beachvolleyball-Wettkampf. In N. Hagemann, F. Loffing, A. Albert, S. Fischer, T. Heyer & F. Sölter (Hrsg.), *Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft. Abstractband zum 9. Symposium der dvs-Kommission Sportspiele* vom 24.-26. September 2014 in Kassel (S. 93). Hamburg: Feldhaus, Ed. Czwalina.
- Künzell, S., Huber, A. & Schweikart, F. (2015). Wirksamkeit und optimale zeitliche Platzierung des Calls im Beachvolleyball. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2013/14* (S. 121–123). Köln: Sportverlag Strauß.
- Künzell, S., Schweikart, F., Köhn, D. & Schläppi-Lienhard, O. (2014). Effectiveness of the call in beach volleyball attacking play. *Journal of human kinetics*, 44, 183–191.

# Trainingsbegleitende Leistungsdiagnostik des Dressur- und Springreitens

(AZ 071611/14)

Falko Eckardt, Mirjam Schüler & Kerstin Witte (Projektleiterin)

Universität Magdeburg, Institut für Sportwissenschaften

## 1 Einleitung

Aus der Literatur ist bereits bekannt, dass es generell im Reitsport zu großen Beanspruchungen des Stütz- und Bewegungsapparates des Reiters<sup>1</sup> kommt (Heiperz-Hengst, 1996). Außerdem konnte bei Reitern unabhängig vom Leistungsniveau eine erhöhte Herzfrequenz (Bojer & Lötzerich, 2000a) bzw. Sauerstoffaufnahme (Devienne & Guezennec, 2000; Westerling, 1983) in Abhängigkeit von der gerittenen Gangart festgestellt werden. Bei Feldmessungen in Dressurprüfungen erreichten Reiter eine mittlere Herzfrequenz von über 190 min<sup>-1</sup>, während beim Springreiten eine Herzfrequenz von über 180 min<sup>-1</sup> gemessen werden konnte (interne Mitteilung der Deutschen Reiterlichen Vereinigung 2012). Bisherige EMG-Untersuchungen im Reitsport zeigen, dass die großen Muskelgruppen an Bauch und Rücken entsprechend der Gangart rhythmische Kontraktionsmuster aufweisen (Terada et al., 2000; Hübner, 2009). Die Muskelaktivität dient laut Terada jedoch in erster Line dazu, den Körper zu stabilisieren (Terada et al. 2004). Bei der Anfängerausbildung kommt es vor allem durch unkoordinierte Bewegungsausführung mit unangemessenem Kraftaufwand zu Verspannungen und Steifigkeiten auf den Stütz- und Bewegungsapparat des Reiters. Im Leistungssport resultieren diese Schäden jedoch meist aus zu hoher Reizstärke, Reizdichte, Intensität und Dauer bzw. Einseitigkeit der Belastung. Dadurch kann es zu deutlichen Beweglichkeitsdefiziten und muskulären Dysbalancen kommen (Achenbach, 1998). Zusammenhänge bestehen zwischen den einwirkenden Belastungen, der Bewegungsqualität, dem Ausbildungsstand des Pferdes, sowie von der Reitdisziplin (Dressur, Sprung und Vielseitigkeit – Reihenfolge nach zunehmendem Belastungsprofil) (Deutsche Reiterliche Vereinigung, 2012). Bisher gibt es kaum Erkenntnisse über die Aktivität der Rumpfmuskulatur und die einwirkenden Beschleunigungen auf den Reiter während des Reitens. Diese Erkenntnisse sind jedoch notwendig, um die Beanspruchungen auf den Reiter besser einschätzen zu können.

Ziel des Vorhabens ist es deshalb, bei insgesamt sieben Kaderathleten im Springreiten die Muskelaktivitäten bzgl. Rumpf und Oberschenkel mittels Oberflächenelektromyografie (EMG) zu bestimmen. Zusätzlich sollen die Beschleunigungen am Rumpf des Reiters bei unterschiedlichen Sprungszenerien synchron zum EMG erfasst werden.

## 2 Methode

### 2.1 Probandengruppe und Pferde

Sechs Kaderathletinnen und ein Kaderathlet standen mit ihren eigenen Pferden für diese Studie zur Verfügung. Alle waren professionelle Spring- und Vielseitigkeitsreiter aus einer Perspektivgruppe der Deutschen Reiterlichen Vereinigung (FN). Tab. 1 enthält eine Übersicht über die Reiter und Pferde.

1 Unter dem Begriff „Reiter“ sind in diesem Bericht sowohl männliche als auch weibliche Personen eingeschlossen. Aus Gründen der Lesbarkeit wird auf die Nennung beider Geschlechterformen verzichtet

Tab. 1: Daten der Reiter und Pferde (N = 7)

Reiter						Pferde	
Alter [Jahre]	Größe [cm]	Gewicht [kg]	BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	Reiterfahrung [Jahre]	Training [h/Woche]	Stockmaß [cm]	Alter [Jahre]
20,0 ± 1,5	170,7 ± 7,7	59,8 ± 5,0	20,6 ± 0,9	13,0 ± 4,0	37,5 ± 3,2	169,2 ± 4,2	9,0 ± 1,9

## 2.2 Untersuchungsdesign

Für die biomechanische Analyse beim Springreiten wurden zwei dreiachsige, kabellose Beschleunigungssensoren (Myon AG, Schwarzenberg, CH) und sechs kabellose EMG-Elektroden (Myon AG, Schwarzenberg, CH) verwendet. Für die Einteilung der Bewegungsphasen wurde in Anlehnung an Starke et al. (2012) und Schamhardt et al. (1994) ein Beschleunigungssensor am vorderen rechten Röhrbein des Pferdes angebracht (Abb.1). Ein weiterer Beschleunigungssensor wurde am Rumpf des Reiters befestigt (Münz et al. 2013; Eckardt et al. 2014), um die Belastungen der Testpersonen in den einzelnen Sprungphasen des Pferdes zu ermitteln.

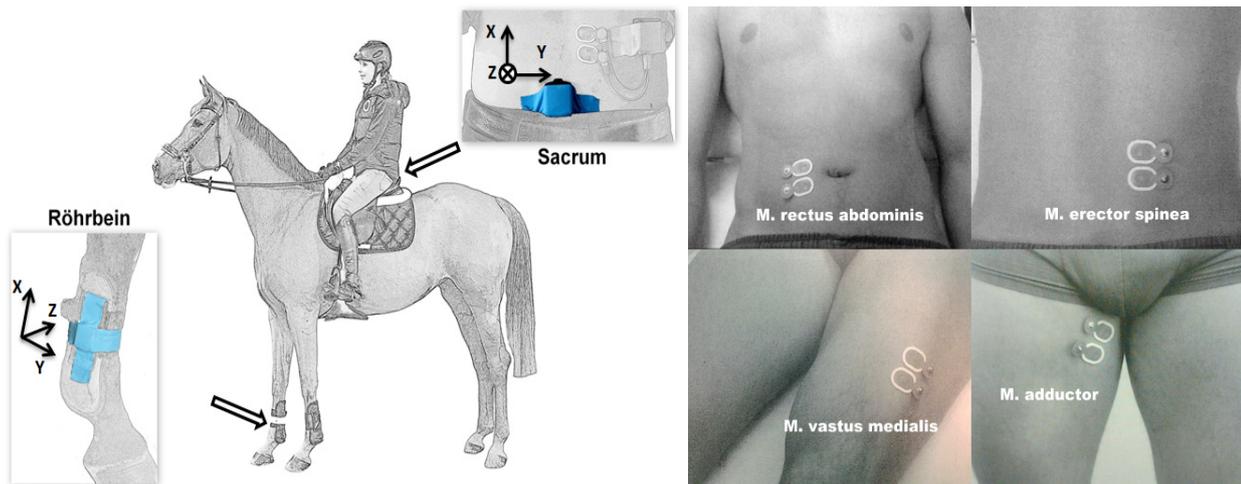


Abb. 1: Platzierung der Beschleunigungssensoren am Röhrbein (Pferd) und Sacrum (Reiter) mit der dazugehörigen Achsdefinition (links) und ausgewählte Muskulatur und deren Elektrodenplatzierung (rechts)

Die verwendeten EMG-Elektroden wurden nach den Vorschriften von Freiwald et al. (2007, S. 71 ff.) am Rumpf (*M. rectus abdominis*, *M. erector spinea*) und beiden Oberschenkeln (*M. adductor*, *M. vastus medialis*) der Testpersonen appliziert (Abb. 1). Alle Daten wurden mit einer Abtastrate von 1000 Hz aufgezeichnet.

Vor der Untersuchung wurden die Teilnehmenden in den Untersuchungsablauf eingewiesen, und es erfolgte eine individuelle Erwärmung der teilnehmenden Personen und der Pferde. Im Anschluss wurden die Sensoren und Elektroden appliziert. Zur Bestimmung des Schwellenwertes und zur MVC-Normierung der Muskelaktivität wurde vor den Untersuchungen eine Ruhemessung der Testpersonen im Liegen durchgeführt. Des Weiteren wurde für jeden untersuchten Muskel ein entsprechender MVC-Test durchgeführt (vgl. Konrad, 2005). Die Reiterinnen und Reiter ritten in einer (20 x 40 m) Springhalle auf einem vorgegeben Messkorridor jeweils drei Steilsprünge, Oxe und Kombinationen (Tab. 2).

Tab. 2: Hindernisse mit deren Höhen und Breiten

Steilsprung	Oxer (Höhe x Breite)	Steil-Oxer Kombination
115 cm	(X 100) cm	1. Steilsprung: 135 cm
135 cm		Entfernung: 7m
145 cm		2. Oxer: 135 x 100 cm

Zusätzlich wurden alle Versuche durch eine Videokamera (Exilim Pro EX F1 model; Casio, Tokyo, Japan) aufgezeichnet und durch einen Trigger mit den Beschleunigungssensoren und EMG-Elektroden synchronisiert.

### 2.3 Datenaufbereitung

Für die Datenaufbereitung wurden die Messreihen in das Programm Matlab Version R2011 (MathWorks, Inc., Natick, MA) importiert und wie in Tab. 3 gezeigt weiter verarbeitet.

Tab. 3: Datenverarbeitung

Beschleunigungsdaten	EMG-Daten
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Umrechnung Spannungswerte von [V] in [<math>m/s^2</math>]</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gleichrichtung</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• FFT &amp; Filterung (Butterworth: 4. Ordnung, Cutofffrequenz: 10Hz)</li> <li>• Berechnung der resultierenden Beschleunigung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtern (Moving Average, Zeitfenster: 50ms)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schneiden: in 5 Bewegungsphasen</li> <li>• kubische Spline-Interpolation auf 100 Werte pro Phase</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ermittlung der Maxima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Integration der Amplitude (IEMG)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Normierung (nach MVC)</li> </ul>

Die Amplitudennormierung der EMG-Daten erfolgte mit Hilfe des zuvor durchgeführten MVC-Tests. Um Aussagen treffen zu können, wie groß der Anteil ist, mit dem ein bestimmter Muskel in einer Phase aktiv ist, wurde das Integral einer jeden Phase prozentual auf das Integral über alle Sprungphasen berechnet. Die Ergebnisse von IEMG und die Maxima der Beschleunigungsdaten wurden deskriptiv über alle Testpersonen für die jeweilige Sprunghöhe ausgewertet.

## 3 Ausgewählte Ergebnisse

Im folgenden Abschnitt werden im Blick auf die Vielzahl erhobener Daten nur ausgewählte Ergebnisse gezeigt. Im ersten Teil wird die Einteilung der Sprungphasen des Pferdes unter Einsatz von Beschleunigungssensoren dargestellt. Im zweiten Teil wird eine qualitative Beschreibung der zeitlichen Muskelaktivitätsverläufe (*M. rectus abdominis* und *M. erector spinea*) und Beschleunigungsverläufe anhand einer Testperson am Beispiel Oxer dargestellt. Des Weiteren werden die prozentualen Verteilungen der Muskelaktivität in den jeweiligen Phasen und die Veränderung der Beschleunigung mit steigender Hindernishöhe als Gruppenmittelwerte dargestellt.

### 3.1 Einteilung Sprungphasen des Pferdes

Die Bestimmung des Hufaufsatzes erfolgte anhand der resultierenden Beschleunigung, gemessen vom Sensor am Röhrbein. Zusätzlich dienten die Beschleunigungen in Y- (horizontal) und Z-Richtung (vertikal) zur genauen Einteilung der einzelnen Sprungphasen: ein Galoppsprung vor dem Hindernis (GS1), Absprungphase (AP), Flugphase (FP), Landephase (LP) und ein Galoppsprung nach dem Hindernis (GS2).

Charakteristisch für einen Hufaufsatz waren die Maxima der resultierenden Beschleunigung und die lokalen Minima der z-Komponente und der y-Komponente (Streckung des Röhrbeins) der Beschleunigungen.

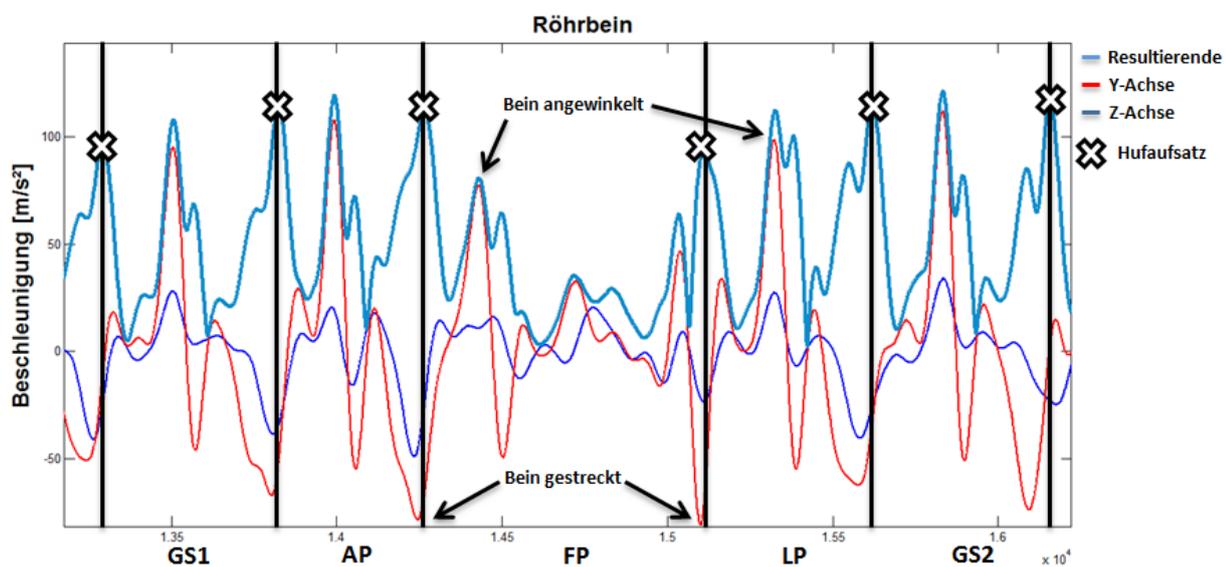


Abb. 2: Beschleunigungsverläufe des Röhrbeines nach Einteilung der Phasen (G1 = Galoppsprung 1, AP = Absprungphase, FP = Flugphase, LP = Landephase, GS2 = Galoppsprung 2)

Die Absprungphase (AP) diente zur Vorbereitung des Sprunges und wurde als letzter Hufaufsatz vor dem Hindernis definiert. Die Flugphase erstreckte sich über den gesamten Bereich, in dem alle vier Beine des Pferdes vom Boden gelöst waren. In Abb. 2 wird deutlich, dass das Röhrbein vom Pferd vor dem Lösen vom Boden komplett gestreckt ist (negative Werte der y-Komponente). Während der Aufwärtsbewegung (APàFP) wird das Röhrbein angewinkelt (positive Beschleunigung in Y-Richtung). In der Flugphase bleibt das Bein angewinkelt, bis es für die Landung wieder gestreckt wird. In der Landephase kam es zu einer hohen Beschleunigung, verbunden mit einer zeitlich verkürzten Phasendauer und i. d. R. einer fehlenden Flugphase im Galoppsprung (vgl. Falaturi et al., 2001).

### 3.2 Qualitative Beschreibung des Beschleunigungsverlaufes

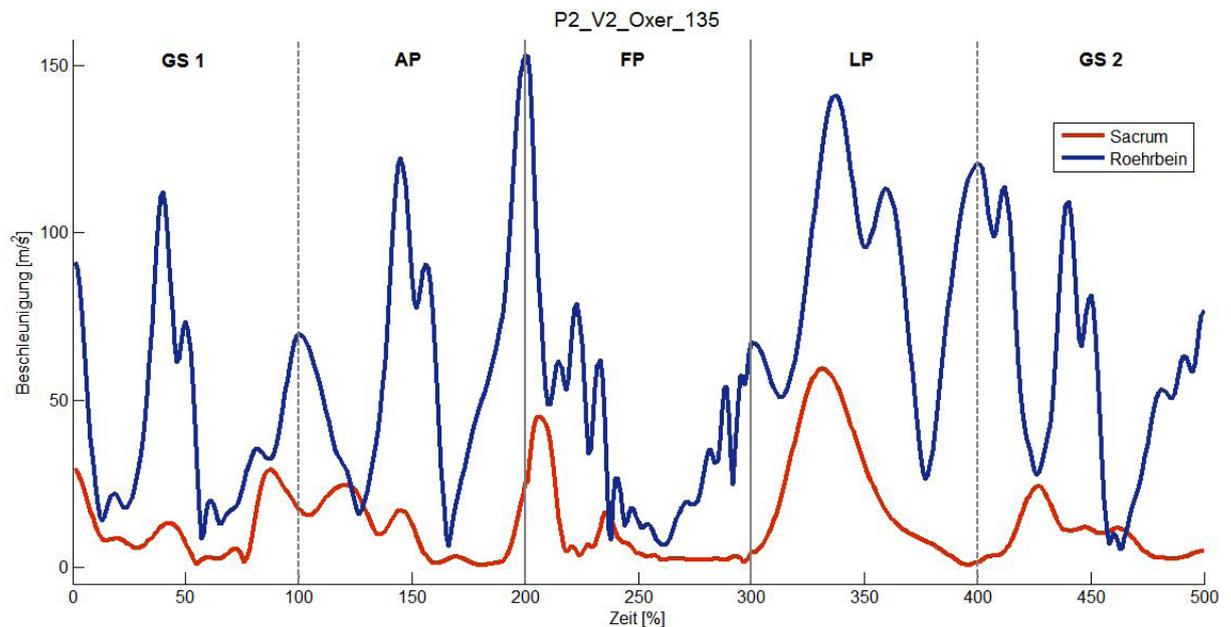


Abb. 3: Mittlere Beschleunigungsverläufe des Röhrbein (Pferd = blau) und des Sacrums (Reiter = rot) einer Testperson am Beispiel Oxer

Abb. 3 stellt exemplarisch den Beschleunigungsverlauf des Röhrbeines (Pferd) und des Sacrums von einem Reiter dar (Mittelwertkurve aus drei Versuchen). Die größten Beschleunigungsspitzen des Vorderbeines mit ca. 150 m/s<sup>2</sup> traten genau zum Zeitpunkt des Absprunges bzw. in der Landephase auf. Beim Sacrum des Reiters kam es beim ersten und zweiten Phasenübergang zu einer erhöhten Beschleunigung, die bis zur Mitte der Phase abnahm. Die größte Beschleunigung des Sacrums (> 50 m/s<sup>2</sup>) konnte in der Landephase gefunden werden. Dieses Muster zeigte sich auch bei allen anderen Reitern.

### 3.3 Qualitative Beschreibung der Muskelaktivitäten des Reiters

Abb. 4 zeigt die Muskelaktivität der Muskeln *M. rectus abdominis* und *M. erector spinea*. Dabei wird deutlich, dass beide Muskeln in einer Wechselbeziehung zueinander standen. Bei Kontraktion der Bauchmuskulatur war die Rückenmuskulatur entspannt. Kam es zu einer Anspannung der Rückenmuskulatur während des Sprunges, nahm die Aktivität der Bauchmuskulatur der Reiter ab. In den ersten beiden Phasen (GS1 und AP) konnte eine Aktivität der Bauchmuskulatur lediglich beim Phasenübergang (Hufaufsatz Pferd) ermittelt werden. Kurz bevor die Bauchmuskulatur kontrahierte, kam es zu einer Anspannung der Rückenmuskulatur. In der Flugphase war die Bauchmuskulatur besonders am Anfang und Ende der Phase aktiviert. In den letzten beiden (LP, GS2) Phasen zeigte sich eine verminderte Muskelaktivität der Bauchmuskulatur. Vor allem zu Beginn der Landephase kam es zu einer starken Aktivität der Rückenmuskulatur (Abb.4). In diesem Zeitpunkt der Landephase konnten für das Sacrum des Reiters die größten Beschleunigungen gemessen werden (Abb. 3).

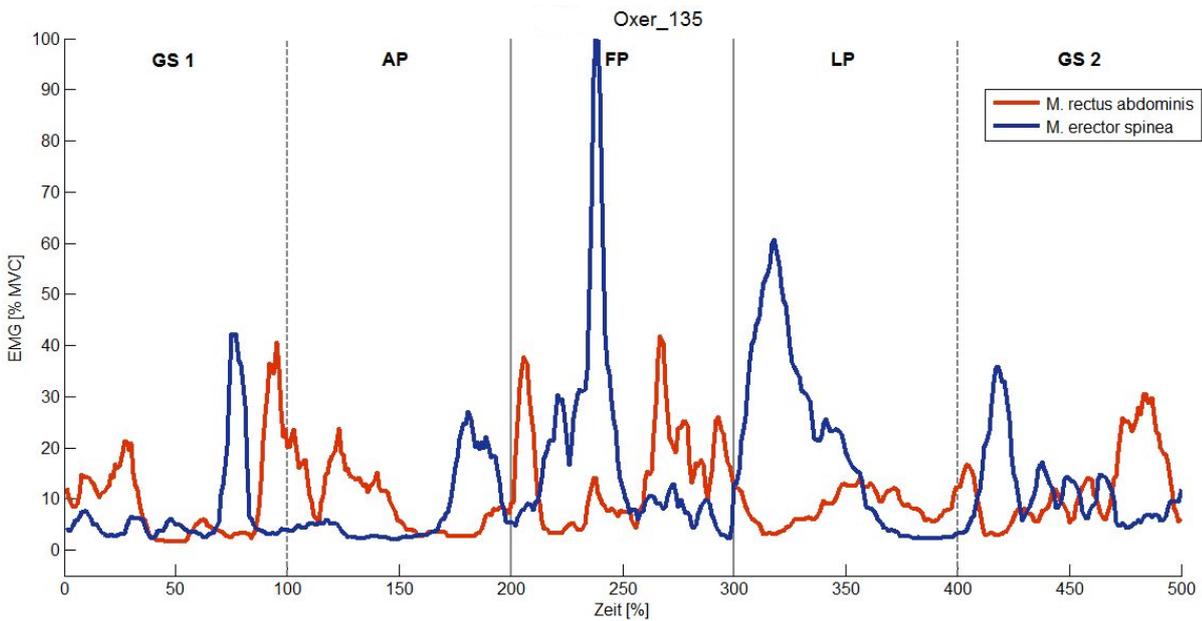


Abb. 4: MVC normierte Kontraktionsverläufe für M. rectus abdominis (rot) und M. erector spinae (blau) einer Testperson (Oxer)

### 3.4 Prozentuale Verteilung der Muskelaktivität

In Abb. 5 ist die prozentuale Verteilung der Muskelaktivität (IEMG) über alle Testpersonen dargestellt. In der Flug- und Landephase zeigten alle untersuchten Muskelgruppen die größten Aktivitäten ( $22,5 \pm 3,7$  bis  $31,5 \pm 6,7$  %). Besonders die Bauchmuskulatur war verstärkt in der Flugphase aktiv. Des Weiteren war die Aktivität der Bauchmuskulatur mit  $23,4 \pm 4,2$  % in der Absprungphase höher als bei den restlichen untersuchten Muskeln. Bei der Oberschenkel- und Rückenmuskulatur zeigte sich eine verstärkte Kontraktion in der Landephase.

#### Prozentuale Verteilung der Muskelaktivität

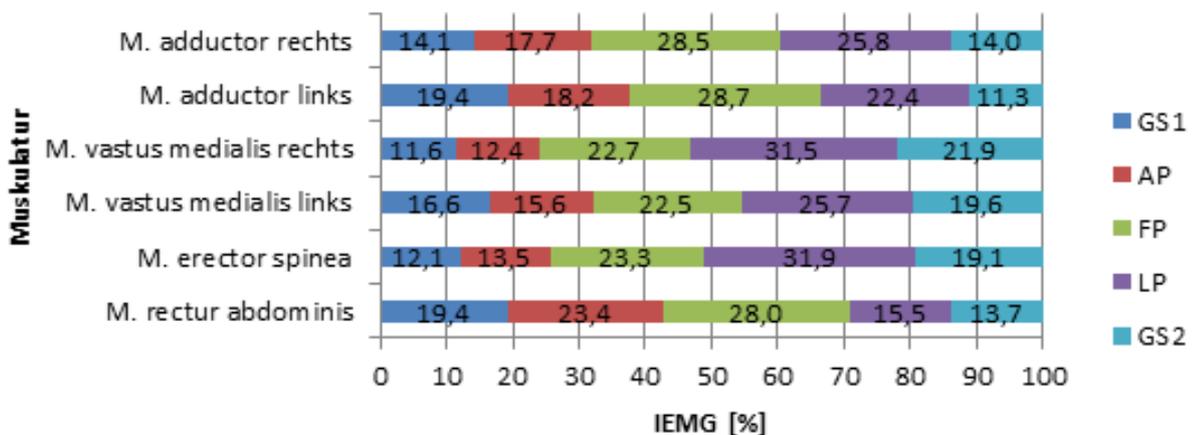


Abb. 5: Prozentuale Verteilung der Muskelaktivität (IEMG) der Steilsprünge (GS1 = Galoppsprung 1, AP = Absprungphase, FP = Flugphase, LP = Landephase, GS2 = Galoppsprung 2) über alle Testpersonen

### 3.5 Einfluss der Hindernishöhe- und Breite auf die Beschleunigung

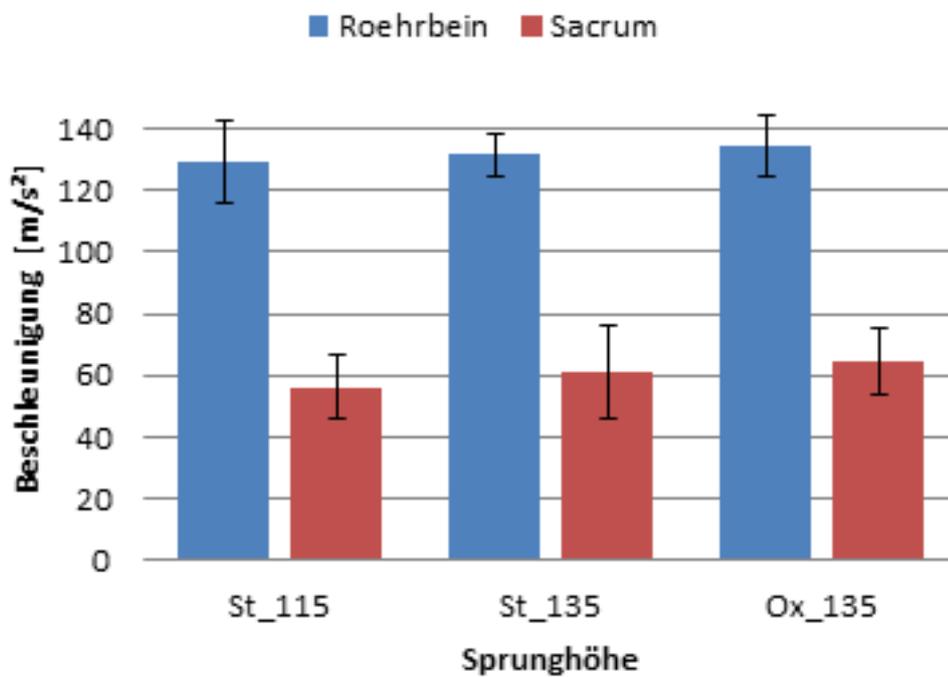


Abb. 6: maximale resultierende Beschleunigungen mit Standardabweichungen über alle Testpersonen für das Rohrbein (blau) und das Sacrum (rot) bei verschiedenen gesprungenen Hindernissen (St\_115 = Steilsprung von 115 cm, St\_135 = Steilsprung von 135 cm, Ox\_135 = 135 cm hoher x 100 cm breiter Oxer)

In Abb. 6 zeigt sich, dass die Beschleunigungen beim Pferd (Rohrbein) und Reiter (Sacrum) bei zunehmender Hindernishöhe tendenziell steigen. Zusätzlich konnte eine Zunahme vom Steilsprung zum Oxer der gleichen Höhe festgestellt werden. Dabei erhöhte sich die Beschleunigung des Rohrbeines von  $(129,03 \pm 13,2)$  m/s<sup>2</sup> auf  $(134,71 \pm 9,97)$  m/s<sup>2</sup>. Beim Sacrum des Reiters stieg die Beschleunigung von  $(56,03 \pm 10,48)$  m/s<sup>2</sup> beim Steilsprung auf  $(64,48 \pm 10,38)$  m/s<sup>2</sup> beim Oxer.

## 4 Diskussion

Bei der qualitativen Beschreibung der Muskelaktivität des Reiters, wird die Antagonist-Agonisten Beziehung von *M. erector spinea* und *M. rectus abdominis* während der Sprungphasen deutlich. Die Bauchmuskulatur ist während des Sprungs in den ersten drei untersuchten Phasen verstärkt aktiv. Vor allem in der GS1 und AP befindet sich der Reiter in einer sitzenden Position im Sattel. Dabei swingt das Becken des Reiters mit der Bewegung des Pferdes stets mit. Ist das Becken des Reiters zurückgekippt, findet eine Kontraktion der Bauchmuskulatur statt. Bei einem nach vorne gekippten Becken kontrahiert somit die Rückenmuskulatur. Auch Hübner (2009) erkannte bei den untersuchten Reitern in der diagonalen Zweibeinstützphase des Pferdes eine deutliche Aktivität der Bauchmuskulatur, mit einer vorangegangenen Kontraktion der Rückenmuskulatur. Hübners diagonale Zweibeinstützphase entspricht dabei dem Hufaufsatz dieser Studie. Zu Beginn der Landephase kommt es zu einer erhöhten Beschleunigung des Beckens. Zu diesem Zeitpunkt konnte eine erhöhte Muskelaktivität der Rückenmuskulatur festgestellt werden. Was bedeuten könnte, dass die Beschleunigung des Beckens vom Reiter während der Landung weitestgehend über die Rückenmuskulatur abgefangen

wird und damit eine erhöhte Belastung auf den Stütz- und Bewegungsapparat des Reiters einwirkt. Des Weiteren konnten in dieser Studie Tendenzen für eine erhöhte Beschleunigung und Muskelaktivität bei steigender Hindernishöhe (bei Steilsprung und Oxer) besonders in der Landephase aufgezeigt werden. Patterson et al. (2010) verzeichneten in ihrer Studie unter Verwendung von Inertialsensoren auf Kopf, Arm und Bein der Reiter bei einer Hindernishöhe von 1.20 m ähnliche Ergebnisse. Patterson stellte fest, dass es einen Unterschied zwischen erfahrenen und geübten Reitern in der resultierenden Beschleunigung während der Sprunghasen des Pferdes gibt. Besonders bei der Landung kam es zwischen den beiden untersuchten Niveaustufen zu signifikanten Unterschieden in der totalen Beschleunigung. Untersuchungen zur Muskelaktivität der Rumpf- und Oberschenkelmuskulatur des Reiters in den verschiedenen Sprunghasen des Pferdes fehlen bisher jedoch gänzlich.

Durch diese Studie konnten erstmals Rückschlüsse auf die beanspruchte Muskulatur durch EMG und Beschleunigungssensoren im Springreiten gezogen werden. Die Ergebnisse zeigen, dass besonders die Rumpf- und Oberschenkelmuskulatur beim Reiter während des Sprungs stark aktiviert ist. Vor allem in der Landung wird die Rückenmuskulatur höher belastet als die Bauchmuskulatur. Um Dysbalancen und damit verbunden Bewegungseinschränkungen, Einschränkung der intra- und intermuskulären Koordination, erhöhte Verletzungsanfälligkeit (Denner et al., 1997) zu vermeiden, sollte beim Training auf ein gezieltes Training von beiden Muskelgruppen geachtet werden. Weiterhin könnten EMG-Untersuchungen Aufschluss über die Koordination der Muskulatur während des Springens geben. Denn besonders Anfänger neigen dazu, nicht ausbalanciert zu sitzen und dabei durch Haltingsfehler die falsche Muskulatur anzuspannen. Anhand dieser aufgezeigten Methodik könnte Reitern in Zukunft das Verständnis über ihre intra- und intermuskuläre Koordination während des Sprunges besser vermittelt werden. Der Einsatz von EMG könnte dabei auch als Feedback im Training genutzt werden (Freiwald et al., 2007).

## 5 Literatur

- Achenbach, J. (1998). *Evaluationsinstrumentarium für die Präventive Rückenschule zu Pferde Entwicklung und empirische Überprüfung*. Dissertationsschrift. Orthopädischen Universitätsklinik Frankfurt am Main – Friedrichsheim.
- Bojer, M., & Lötzerich, H. (2000a). Untersuchungen der Herzfrequenz bei unterschiedlichen Belastungen im Reitsport. In K. Daniel (Ed.), *Bewegen im Wasser – mehr als nur Schwimmen*. Symposiumsbericht der 2. Kölner Schwimmsporttage 1999 (S. 362–368). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Denner, A. (1997). *Muskuläre Profile der Wirbelsäule*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Deutsche Reiterliche Vereinigung. (2012). *Richtlinien für Reiten und Fahren* (29th ed.). Warendorf: FN Verlag.
- Devienne, M.-F., & Guezennec, C.-Y. (2000). Energy expenditure of horse riding. *European journal of applied physiology*, 82 (5), 499–503.
- Eckardt F., Münz, A. & Witte, K. (2014). Application of a Full Body Inertial Measurement System in Dressage Riding. *Journal of equine veterinary science*, 34 (11-12), 1294-1299.
- Falaturi, P.H., Reininger, E.F. & Preuschoft, H. (2001). Bewegungsanalyse bei Springpferden mit Hilfe der Computerkinematographie. *Pferdeheilkunde*, 17, 361-368.
- Freiwald, J., Baumgart, C. & Konrad, P. (2007). *Einführung in die Elektromyographie. Sport – Prävention – Rehabilitation*. Balingen: Spitta (Spitta Fachbuchreihe Medizin).
- 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] (S. 32–41). Kirchheim: Schürer.
- Hübner, M. (2009). *Reiterliche Muskelaktivität von M. erector spinae, M. rectus abdominis, M. biceps femoris und M. gluteus medius mittels Vierkanal-EMG-Telemetrie in den drei Grundgangarten bei zeitsynchroner Erfassung einer Videosequenz und Berücksichtigung der Beschleunigungswerte*. Veterinärmedizinische Universität Wien, Wien.
- Münz, A., Eckardt, F., Heipertz-Hengst, C., Peham, C., & Witte, K. (2013). A Preliminary Study of an Inertial Sensor-based Method for the Assessment of Human Pelvis Kinematics in Dressage Riding. *Journal of equine veterinary science*, 33 (11), 950-955.
- Patterson, M., Doyle, J., Cahill, E. & Caulfield, B. (2010). *Quantifying Show Jumping Horse Rider Expertise using IMUs*. Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE [proceedings].
- Terada, K. (2000). Comparison of Head Movement and EMG Activity of Muscles between Advanced and Novice Horseback Riders at Different Gaits. *Journal of equine science*, 11 (4), 83-90.
- Terada, K., Mullineaux, D.R., Lanovaz, J., Kato, K., & Clayton, H.M. (2004). Electromyographic analysis of the rider's muscles at trot. *Equine and comparative exercise physiology*, 1 (03), 193-198.
- Starke, S., Witte, T., May, S. & Pfau, T. (2012). Accuracy and precision of hind limb foot contact timings of horses using a pelvis-mounted inertial measurement unit. *Journal of biomechanics*, 45, 1522-1528.
- Schamhardt, H.C. & Merkens, H.W. (1994). Objective determination of ground contact of equine limbs at the walk and trot: comparison between ground reaction forces, accelerometer data and kinematics. *Equine veterinary journal*, 26 (S17), 75-79.
- Westerling, D. (1983). A study of physical demands in riding. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 50 (3), 373–382.



# Effekte eines ergänzenden Messplatztrainings am JERGo©-System auf judospezifische Leistungen

(AZ 071613/14)

*Norman Helm, Thomas Mühlbauer, Olaf Prieske, Tom Krüger & Urs Granacher (Projektleiter)*

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

## 1 Problem

Judo ist eine Sportart mit zunehmend wissenschaftlicher Professionalisierung. Neben Wettkampfanalysen kommen unterschiedliche judospezifische Belastungs- und Krafttests sowie Trainingsgeräte zum Einsatz, um das Leistungsniveau der Athleten zu bestimmen und vor allem im Training zu optimieren (Blais & Trilles, 2006; Heinisch et al., 2012). Zum Beispiel konnten Blais und Trilles (2006) zehn Wochen nach einem judospezifischen, maschinenbasierten Krafttraining signifikante Verbesserungen von Kraft- und Technikparametern gegenüber einer passiven Kontrollgruppe feststellen. Deutsche Spitzenjudoka besitzen nach Heinisch und Kollegen (2012) Schwächen im wurftechnischen Bereich, die u. a. durch eine defizitäre Anrissbewegung im Wurfansatz in Form einer unzureichenden Störung des Gleichgewichts gekennzeichnet sind. Aufgrund dieser Defizite fokussieren sich der Deutsche Judo-Bund e. V. (DJB) und das Institut für Angewandte Trainingswissenschaft Leipzig (IAT) insbesondere auf die Diagnostik und das Training von Anrissbewegungen. Gemäß einer Analyse von Büsch und Kollegen (2012) steht die erfolgreiche Ausführung der Anrissbewegung in direkter Beziehung zur finalen Effektivität einer Wurftechnik.

Mit dem vom Institut für Forschung und Entwicklung von Sportgeräten Berlin (FES) konstruierten Mess- und Informationssystem JERGo© können speziell Anriss- und Eindrehbewegungen von Judoka ergebnis- und prozessorientiert objektiviert und die spezifische Muskulatur trainiert werden (Möller et al., 2009). Untersuchungen von Mühlbauer et al. (2014) und Granacher et al. (2014) konnten bereits den zuverlässigen und validen Einsatz des JERGo©-Systems nachweisen. In Anlehnung an die Studie von Blais und Trilles (2006) ist jedoch unklar, wie sich ein ergänzendes Messplatztraining am JERGo©-System auf judospezifische Leistungen und allgemeine Krafttests auswirkt. Daher bestand das Ziel der Studie in der Überprüfung der Effekte eines ergänzenden Messplatztrainings am JERGo©-System gegenüber einem Judotraining mit Partner auf judospezifische Leistungen des Anreißens und allgemeine Krafttests. Aufgrund der objektiven und praxisbezogenen Bereitstellung von Schnell- und Sofortinformationen (Daug, 2000; Krug, 2003) durch das Mess- und Informationssystem JERGo© wurde angenommen, dass das Messplatztraining am JERGo©-System zu höheren Leistungssteigerungen führt als das Partnertraining.

## 2 Methode

### 2.1 Probanden

An der Studie nahmen 24 männliche Judoka (Alter:  $22,0 \pm 4,1$  Jahre; Masse:  $78,2 \pm 9,3$  kg; Größe:  $177,0 \pm 5,9$  cm; Trainingserfahrung:  $14,8 \pm 2,6$  Jahre) des U18- (N = 4), U21- (N = 5) und Männer-Landeskaders (N = 15) des Olympiastützpunktes Brandenburg (Standort Potsdam) teil. Eine a priori Power-Analyse (Typ-I-Fehler: 0,05; Typ-II-Fehler: 0,10) auf der Basis einer Studie zur Wirkung von Krafttraining an einem judospezifischen Trainingsgerät (Blais & Trilles, 2006) unter Berücksichtigung einer Drop-Out-Rate von 10 % ergab eine Stichprobengröße von 24 Probanden. Aus jeder Gewichtsklasse

nahmen mindestens zwei Sportler an der Trainingsstudie teil. Die Judoka wurden randomisiert auf eine JERGo©-Messplatztrainingsgruppe (JM-Gruppe, N = 12) und eine Judotraininggruppe mit Partner (JP-Gruppe, N = 12) aufgeteilt.

## 2.2 Studienablauf

Die Studie wurde in einem Test-Retest-Design durchgeführt. Vor und nach dem Interventionszeitraum begannen die Testphasen mit einer allgemeinen Erwärmung (Seilspringen) gefolgt von einem judospezifischen Aufwärmprogramm mit Partner (*Uchi-Komi*). Zudem wurden mit dem JERGo©-System submaximale sowie maximale Anrissbewegungen im Stand (AnSt) und mit Platzwechsel (AnPl) realisiert. Anschließend wurden zur Überprüfung des Einflusses von Training, judospezifische Leistungen beim Anreißen unter Verwendung der Oberflächenelektromyografie und allgemeinen Krafttests durchgeführt.

## 2.3 Interventionen

Die vierwöchige Interventionsphase umfasste für jede Gruppe zwölf Trainingseinheiten im Umfang von jeweils 20 Minuten, die zusätzlich zum bestehenden Training (elf Trainingseinheiten pro Woche á zwei Stunden) durchgeführt wurden. Beide Gruppen absolvierten in jeder Trainingseinheit fünf Sätze mit jeweils fünf maximalen AnSt und AnPl. Die JM-Gruppe trainierte dabei am JERGo©-System während die JP-Gruppe die Techniken am Partner absolvierte. Die Pausen zwischen den einzelnen Versuchen betrug drei Sekunden und zwischen den Sätzen eine Minute.

## 2.4 Judospezifische Leistungen und allgemeine Krafttests

Zur Analyse judospezifischer Leistungen diente das JERGo©-System, das für die Test- und Trainingsphase im Dojo des UJKC Potsdam e. V. montiert wurde. Die individuelle Einstellung des Messsystems erfolgte athletenspezifisch, d. h. in Abhängigkeit von Gewichtsklasse, Auslage und Körpergröße und war im Prä- und Post-Test identisch. Die personenspezifische Einstellung des JERGo©-Systems wurde über die Anpassung der Bremslast, d. h. den Widerstand der zwei Wirbelstrombremsen (maximale Geräteleistung: 1.000 N) vorgenommen. Die Auflösung beträgt 0,1 N bei 100, 200 und 400 Hz Aufnahme Frequenz. Die Judoka absolvierten jeweils sechs maximale AnSt und AnPl. Als abhängige Variablen wurden die Parameter Arbeit (W), Leistung (P) und dynamisch realisierte Maximalkraft ( $F_{max}$ ) getrennt für Arm (Hub-, Zugarm) und Übung (AnSt, AnPl) bestimmt. Zusätzlich wurde das analoge Kraftsignal während der AnSt über einen A/D-Wandler (TeleMyo 2400R G2 Analog Output Receiver, Noraxon®, Scottsdale, Arizona, USA) mit 1.500 Hz abgetastet und auf einen Computer mit der Software MyoResearch XP Master Edition (V. 1.08.17, Noraxon®, Scottsdale, Arizona, USA) gespeichert. Danach wurde der Kraftanstieg (Explosivkraft [EXK]) für die Zeitintervalle 0-30 ms, 0-50 ms, 0-100 ms und 0-200 ms bestimmt (Gruber & Gollhofer, 2004). In die Auswertung gelangte der jeweilige Mittelwert aus fünf Versuchen (2. bis 6. Versuch).

Neben den judospezifischen Leistungen am JERGo©-System führten die Teilnehmer zusätzlich die Testübungen Liegend-Anreißen und Klimmziehen durch, die wichtige Bestandteile der Testbatterie der Rahmenkonzeption des Deutschen Judo Bundes darstellen (DJB, 2013). Vor und nach der Trainingsperiode wurden das Einer-Wiederholungs-Maximum (Liegend-Anreißen) und die maximale Wiederholungszahl bis Testabbruch (Klimmziehen) ermittelt.

## 2.5 Oberflächenelektromyographie

Während der AnSt wurde die Muskelaktivität von vier Muskeln (m. deltoideus pars acromialis [DEL], m. biceps brachii [BIC], m. erector spinae pars lumbalis [LUM], m. trapezius pars transversa [TRA]) getrennt für die Hub- und Zugarmseite abgeleitet (TeleMyo 2400T G2, Noraxon®, Scottsdale, Arizona, USA) und mit der Software MyoResearch XP Master Edition synchron zum Kraftsignal gespeichert. Die Ableitung der Muskelaktivität erfolgte gemäß internationaler Empfehlungen (Hermens et al., 2000). Die EMG-Signale herznah gelegener Muskeln wurden hinsichtlich EKG-Artefakte bereinigt und mit einem digitalen Bandpass-Filter verarbeitet (10-750 Hz) und gleichgerichtet (Konrad, 2005). Darüber hinaus wurde die Muskelaktivität amplitudennormalisiert. Hierbei wurde die mittlere Muskelaktivität (mean average voltage [MAV]) für das Zeitintervall von 50 ms vor bis 50 ms nach  $F_{\max}$  erhoben. Als abhängige Variablen wurden die normalisierten MAV-Werte (nMAV) der Zeitintervalle 0-30 ms, 0-50 ms, 0-100 ms und 0-200 ms definiert. Die Mittelwerte aus fünf Versuchen (2. bis 6. Versuch) wurden in die Analyse einbezogen.

## 2.6 Statistische Analyse

Die deskriptive Analyse aller Parameter erfolgte über die Darstellung von Gruppenmittelwerten  $\pm$  Standardabweichungen. Zur Bestimmung von Mittelwertunterschieden wurden separate 2 (Gruppe: JM, JP)  $\times$  2 (Zeit: Prä, Post) Varianzanalysen (ANOVA) mit Messwiederholung auf den Faktor Zeit gerechnet. Zudem wurde die Effektgröße (Cohen's  $d$ ) als Maß zur Abschätzung der praktischen Relevanz einer Intervention berechnet. Nach Cohen (1988) entspricht  $0,00 \leq d < 0,50$  einem kleinen Effekt,  $0,50 \leq d < 0,80$  einem mittleren Effekt und  $d \geq 0,80$  einem starken Effekt. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p < 0,05$  festgelegt. Die statistische Datenanalyse erfolgt mit dem Programmpaket SPSS (Version 22.0).

## 3 Ergebnisse

In Tab. 1 sind die Ergebnisse zu den Effekten eines ergänzenden Messplatztrainings (JM-Gruppe) auf judospezifische Leistungen (getrennt für Hub- und Zugarm) und allgemeine Krafttests im Vergleich zum Training mit Partner (JP-Gruppe) zusammengefasst. Die statistische Analyse offenbarte einen signifikanten Interaktionseffekt für EXK auf der Hubarmseite ( $1,03 \leq d \leq 1,79$ ) für alle Zeitintervalle (0-30, 0-50, 0-100, 0-200 ms) und auf der Zugarmseite ( $d = 1,83$ ) für das Zeitintervall 0-30 ms. Die post-hoc Analyse zeigte höhere Effekte für die JM-Gruppe (Hubarm:  $1,50 \leq d \leq 4,17$ ; Zugarm:  $EG_d = 1,60$ ) gegenüber der JP-Gruppe (Hubarm:  $0,18 \leq d \leq 0,41$ ; Zugarm:  $d = 0,16$ ). Zudem ergaben sich für nMAV des DEL auf der Hubarmseite ein signifikanter Interaktionseffekt ( $d \leq 1,01$ ) für das Zeitintervall 0-100 ms. Die post-hoc Analyse offenbarte für die JM-Gruppe ( $d \leq 1,54$ ) größere Effekte als für die JP-Gruppe ( $d = 0,63$ ). In Bezug auf die allgemeinen Krafttests (Liegend-Anreißen, Klimmziehen) wurden keine signifikanten Interaktionseffekte festgestellt.

Tab. 1: Veränderungen der Leistungen in judospezifischen und allgemeinen Krafttests vom Prä- zum Posttest in der JERGo®-Messplatztrainingsgruppe (JM-Gruppe) und der Judotraininggruppe mit Partner (JP-Gruppe).

Variablen		JM-Gruppe (n = 12)			JP-Gruppe (n = 12)			p-Wert (d)		
		Prä	Post	Δ (%)	Prä	Post	Δ (%)	Zeit	Zeit x Gruppe	
<b>AnSt</b>										
<b>HA</b>	Fmax (N)	316,6 ± 59,8	361,8 ± 86,5	14,3	294,4 ± 42,3	321,4 ± 39,8	9,1	0,05 (0,92)	0,09 (0,81)	
	W (Nm)	111,7 ± 35,1	99,6 ± 38,4	-10,8	94,8 ± 33,9	102,0 ± 32,1	7,6	0,65 (0,21)	0,61 (0,23)	
	P (W)	190,1 ± 75,8	209,7 ± 81,0	10,3	141,3 ± 56,7	177,5 ± 75,6	25,6	0,08 (0,84)	0,59 (0,25)	
	EXK (N/s) 0-30 ms	2360,6 ± 1240,9	4213,9 ± 1298,6	78,5	1825,4 ± 981,6	1914,5 ± 960,3	4,9	< 0,05 (1,97)	< 0,05 (1,79)	
	EXK (N/s) 0-50 ms	2846,5 ± 1708,0	4852,7 ± 2114,8	70,5	2271,5 ± 1127,6	2509,8 ± 2014,7	10,5	< 0,05 (1,32)	< 0,05 (1,04)	
	EXK (N/s) 0-100 ms	1562,2 ± 647,1	2352,6 ± 660,6	50,6	1440,8 ± 696,1	1553,8 ± 798,7	7,8	< 0,05 (1,45)	< 0,05 (1,09)	
	EXK (N/s) 0-200 ms	612,8 ± 386,8	1045,0 ± 466,2	70,5	783,0 ± 487,0	697,5 ± 498,8	-10,9	0,14 (0,69)	< 0,05 (1,03)	
	MAV DEL (μV) 0-30 ms	17,0 ± 14,2	72,3 ± 58,1	325,3	39,5 ± 24,9	46,5 ± 27,1	17,7	< 0,05 (1,10)	0,07 (0,87)	
	MAV DEL (μV) 0-50 ms	18,5 ± 15,9	78,5 ± 61,9	324,3	44,8 ± 26,0	55,2 ± 32,8	23,2	0,05 (0,98)	0,07 (0,89)	
	MAV DEL (μV) 0-100 ms	23,5 ± 18,3	83,5 ± 56,8	255,3	70,0 ± 33,2	76,8 ± 43,8	9,7	0,12 (0,75)	< 0,05 (1,01)	
MAV DEL (μV) 0-200 ms	42,4 ± 23,0	109,7 ± 0,89,5	158,7	69,7 ± 62,1	113,8 ± 75,8	63,3	< 0,05 (1,50)	0,51 (0,30)		
<b>ZA</b>	Fmax (N)	397,3 ± 64,1	137,1 ± 35,2	-4,8	147,9 ± 43,2	144,0 ± 41,6	-2,6	0,12 (0,72)	0,76 (0,14)	
	W (Nm)	144,0 ± 37,6	435,1 ± 106,9	9,5	430,1 ± 65,4	455,6 ± 104,1	5,9	0,28 (0,50)	0,76 (0,14)	
	P (W)	252,9 ± 96,7	286,0 ± 112,2	13,1	261,0 ± 83,5	250,3 ± 88,1	-4,1	0,62 (0,23)	0,33 (0,45)	
	EXK (N/s) 0-30 ms	2367,6 ± 1968,9	4822,8 ± 2421,9	103,7	2102,7 ± 1275,7	2098,5 ± 1235,6	-0,2	< 0,05 (1,83)	< 0,05 (1,83)	
	EXK (N/s) 0-50 ms	3258,5 ± 2538,7	5311,6 ± 2658,2	63,0	2012,5 ± 1429,1	2881,8 ± 1965,8	43,2	< 0,05 (1,86)	0,11 (0,76)	
	EXK (N/s) 0-100 ms	1682,8 ± 906,1	2549,8 ± 582,0	51,5	1838,7 ± 1053,9	1986,4 ± 877,8	8,6	< 0,05 (1,12)	0,09 (0,80)	
	EXK (N/s) 0-200 ms	1499,1 ± 418,4	1859,3 ± 639,4	24,0	1255,6 ± 652,4	1192,6 ± 628,0	-5	0,33 (0,45)	0,17 (0,64)	
	MAV DEL (μV) 0-30 ms	46,6 ± 35,9	68,7 ± 52,7	47,4	50,5 ± 32,5	58,8 ± 35,7	16,4	0,21 (0,57)	0,57 (0,26)	
	MAV DEL (μV) 0-50 ms	49,7 ± 35,8	73,8 ± 52,6	48,5	56,6 ± 31,0	63,1 ± 34,0	11,5	0,19 (0,61)	0,43 (0,35)	
	MAV DEL (μV) 0-100 ms	58,0 ± 36,0	84,3 ± 49,4	45,3	68,9 ± 28,7	76,5 ± 35,9	11,0	0,10 (0,77)	0,36 (0,42)	
MAVDEL (μV) 0-200 ms	67,3 ± 28,6	97,6 ± 43,5	45,0	81,8 ± 22,8	90,6 ± 46,2	10,8	0,05 (0,92)	0,27 (0,50)		
<b>AnPl</b>										
<b>HA</b>	Fmax (N)	252,9 ± 99,3	311,1 ± 118,5	23,0	274,8 ± 69,4	304,3 ± 89,1	10,7	0,19 (0,61)	0,66 (0,20)	
	W (Nm)	97,8 ± 42,4	110,5 ± 43,9	12,9	101,4 ± 49,3	115,2 ± 52,1	13,6	0,15 (0,67)	0,95 (0,00)	
	P (W)	85,9 ± 36,4	149,5 ± 61,3	74,0	100,9 ± 48,4	131,1 ± 55,4	30,1	< 0,005 (1,51)	0,25 (0,54)	
<b>ZA</b>	Fmax (N)	377,8 ± 89,2	419,4 ± 96,0	11,0	423,1 ± 89,4	400,1 ± 83,8	-5,5	0,77 (0,13)	0,31 (0,46)	
	W (Nm)	140,9 ± 33,2	169,6 ± 34,2	20,3	164,8 ± 35,8	170,4 ± 46,3	3,4	< 0,05 (1,07)	0,12 (0,72)	
	P (W)	129,4 ± 43,7	200,4 ± 61,0	54,8	163,8 ± 55,0	184,2 ± 50,8	12,4	< 0,005 (1,63)	0,06 (0,91)	
<b>LAN (kg)</b>		101,4 ± 11,8	103,0 ± 11,6	1,6	103,2 ± 9,2	102,7 ± 7,9	-0,4	0,22 (0,57)	0,86 (0,09)	
<b>KLZ (Wdh.)</b>		25,9 ± 5,9	26,1 ± 4,8	0,7	24,5 ± 5,4	24,5 ± 5,0	0,0	0,80 (0,11)	0,80 (0,11)	

Legende: AnSt = Anrissbewegung im Stand, AnPl = Anrissbewegung mit Platzwechsel, HA = Hubarm, ZA = Zugarm, Fmax = dynamisch realisierte Maximalkraft, W = Arbeit, P = Leistung, EXK = Kraftanstieg, MAV = mittlere Muskelaktivität (engl. mean average voltage), DEL = m. deltoideus par acromialis, LAN = Liegend-Anreißen, KLZ = Klimmziehen.

## 4 Diskussion

Die vorliegende Studie untersuchte die Wirkungen eines ergänzenden Messplatztrainings am JERGo©-System im Vergleich zum tradierten Partnertraining auf judospezifische Leistungen beim Anreißen und auf allgemeine Krafttests. Aufgrund der Möglichkeit, objektive und praxisbezogene Schnell- und Sofortinformationen bereitzustellen, wurde angenommen, dass das Messplatztraining am JERGo©-System einem Training mit Partner hinsichtlich judospezifischer Leistungen überlegen ist. Die Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz des JERGo©-Systems im Trainingsalltag von leistungssportlich aktiven Judoka grundsätzlich als machbar (Trainingsteilnahme: JM-Gruppe von 93 %) und sicher (keine Verletzungen durch das Messplatztraining) eingestuft werden kann. Darüber hinaus führte das Training am JERGo©-System, im Gegensatz zum Training mit Partner, insbesondere auf der Hubarmseite zu signifikanten Verbesserungen judospezifischer Leistungsparameter (EXK) und Muskelaktivitäten (nMAV DEL). Diese Ergebnisse bestätigen die eingangs formulierte Forschungshypothese und sind in Übereinstimmung mit der Literatur. So untersuchten Blais und Trilles (2006) die Effekte eines Trainings an einer judospezifischen Krafttrainingsmaschine. Dabei offenbarte sich, dass Judoka nach einem zehnwöchigen progressiven Krafttrainingsprogramm signifikant größere Lasten während der Ausführung von *Morote-Seoi-Nage* ( $d = 1,00$ ) und *O-Soto-Gari* ( $d = 6,13$ ) überwinden konnten, während die passive Kontrollgruppe keine Steigerungen erzielte. Zudem zeigte sich anhand einer subjektiven Bewertung von Technikexperten (Französischer Judo-Verband) lediglich in der Interventionsgruppe eine signifikante Verbesserung der Wurfqualität bei der Ausführung beider Techniken ( $0,52 \leq d \leq 1,19$ ). Es wird daher vermutet, dass eine längere Trainingsdauer (> vier Wochen) und/oder Progression (z. B. Steigerung des Widerstandes) des Messplatztrainings am JERGo©-System zu weiteren signifikanten Leistungssteigerungen der analysierten Parameter (z. B.  $F_{\max}$ , W) führen könnte. Transfereffekte von judospezifischen Leistungen auf Anpassungen allgemeiner Krafttests konnten nicht gefunden werden. Als Begründung kann hier das Prinzip des spezifischen Trainingsreizes angeführt werden, d. h. trainingsbedingte Leistungsanpassungen sind umso größer, je ähnlicher Trainingsübung und Testaufgabe sind (Behm & Sale, 1993). Demnach könnte die Bewegungscharakteristik der judospezifischen Trainingsübungen AnSt und AnPl zu spezifisch sein, um Leistungssteigerungen in den allgemeinen Krafttests Liegend-Anreißen und Klimmziehen zu erzielen. Diese Annahme wird dadurch bestätigt, dass im Rahmen der vorliegenden Studie nur geringe Zusammenhänge ( $-0,43 < r_p < 0,46$ ) zwischen den judospezifischen Leistungen (d. h. AnSt, AnPl) und den allgemeinen Krafttests (Liegend-Anreißen, Klimmziehen) festgestellt wurden.

Als Fazit weisen die vorliegenden Ergebnisse auf den effektiven Einsatz und Mehrwert des Messplatztrainings gegenüber einem Partnertraining bei leistungssportlich-orientierten Judoka hin. Somit kann das Mess- und Informationssystem JERGo© für den breiten und überregionalen Einsatz zur dezentralen Erhebung bedeutender judospezifischer Kennwerte eingebunden werden.

## 5 Literatur

- Behm, D. G. & Sale, D. G. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports medicine*, 15 (6), 374-388.
- Blais, L. & Trilles, F. (2006). The progress achieved by judokas after strength training with a judo-specific machine. *Journal of sports science and medicine*, 25 (5), 132-135.
- 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.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power for the behavioral sciences*. Hillsdale: Erlbaum.
- Daug, R. (2000). *Evaluation sportmotorischen Messplatztrainings im Spitzensport*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Deutscher Judo Bund e. V. (2013). *Testbatterie Rahmenkonzeption DJB*. Unveröff. Manuskript.
- Granacher, U., Helm, N., Prieske, O., Krüger, T. & Mühlbauer, T. (2014). Überprüfung der Reliabilität und Validität judospezifischer Leistungen unter Verwendung des JERGo©-Systems. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2013/2014* (S. 171-175). Köln: Sportverlag Strauß.
- Gruber, M. & Gollhofer, A. (2004). Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *European journal of applied physiology*, 92 (1-2), 98-105.
- 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.
- Krug, J. (2003). *Messplätze. Messplatztraining. Motorisches Lernen*. St. Augustin: Academia-Verlag.
- Möller, S., Kittel, R., Krüger, T., Sprunk, S. & Wick, D. (2009). Movement profiles of the balance breaking (Kuzushi) 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* 44 (6), 21-26.

# Optimierung der individuellen Steuerung des Schnelligkeitstrainings und der Regeneration im Fechten durch den systematischen Einsatz einer neu entwickelten fechtspezifischen Leistungsdiagnostik

(AZ 071616/14)

Jürgen M. Steinacker (Projektleiter) & Mario Weichenberger (Projektleiter)

Universitätsklinik Ulm, Sektion Sport- und Rehabilitationsmedizin

## 1 Zielstellung

Eine trainingsbegleitende Leistungsdiagnostik in der Sportart Fechten stellt für die objektive Beurteilung der Leistungsentwicklung in den Bereichen Schnelligkeit und Technik sowie für eine systematische Trainingssteuerung ein wichtiges Instrument dar. Ziel des wissenschaftlichen Betreuungsjahres war es, die im Rahmen des vorangegangenen Forschungsprojektes (IIA1-080604/11-12) neu entwickelte fechtspezifische Leistungsdiagnostik und die gewonnenen Erkenntnisse in die Spitzensportpraxis des Deutschen Fechter-Bundes zu implementieren.

Durch den systematischen Einsatz der fechtspezifischen Leistungsdiagnostik sollte die Leistungsentwicklung in den Bereichen Reaktionsschnelligkeit, zyklische und azyklische Bewegungsschnelligkeit sowie Technik bei fechtspezifischen Angriffsaktionen während einer mehrwöchigen Trainingsphase in der Vorbereitung auf eine Weltmeisterschaft analysiert und optimiert werden. Die Athletinnen bzw. Athleten und Trainer sollten in der Trainingsphase bei der Interpretation der Untersuchungsergebnisse, bei der Trainingssteuerung und bei der Überwachung der körperlichen und psychischen Beanspruchung wissenschaftlich unterstützt werden. Darüber hinaus sollten neue Forschungsfragen aus der Praxis des Fechttrainings abgeleitet und neue Erkenntnisse zu den speziellen Anforderungen an eine komplexe fechtspezifische Leistungsdiagnostik gewonnen werden.

## 2 Methoden

Es wurden 19 Athletinnen und Athleten, darunter 4 weibliche Degen- und 6 Florett-Fechterinnen sowie 6 männliche Degen- und 3 Florett-Fechter aus dem Bundeskader des Deutschen Fechter-Bundes betreut und untersucht. 15 Athletinnen und Athleten gehörten dem A/B-Kader an.

Für die Analyse der Reaktionszeit wurden ein Fechtdummy und ein mobiles Bewegungsanalyse-System (AS 300, Fa. Lukotronik/Steinbichler, Austria) eingesetzt, die im vorangegangenen Forschungsprojekt entwickelt und evaluiert wurden (Abb. 1).

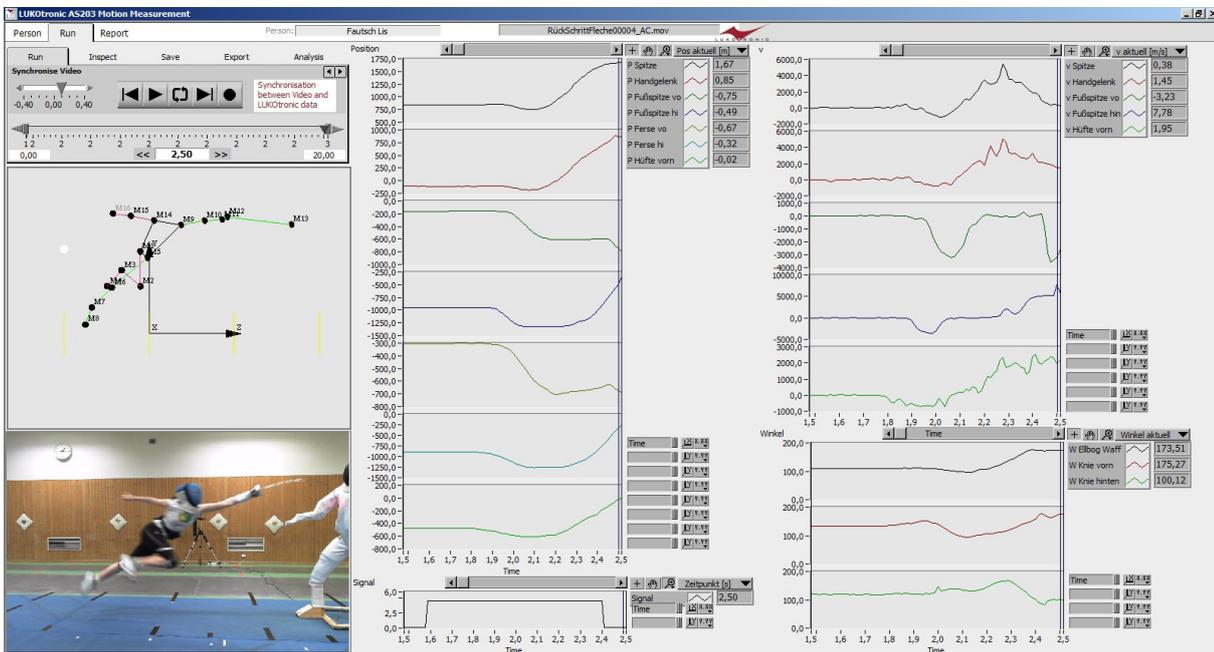


Abb.1: Versuchsaufbau während der Analyse der azyklischen Schnelligkeit und der Technik bei fecht-spezifischen Angriffssaktionen. Geschwindigkeiten, Positionen und Winkel ausgewählter Marker sind auf der rechten Seite dargestellt.

Die fechtsspezifische zyklische Schnelligkeit wurde durch uni- und bidirektionale fechtsspezifische Beinarbeitstests über 3 bzw. 6 Meter untersucht.

Die Athletinnen und Athleten führten sowohl bei der Eingangs- als auch bei der Ausgangsuntersuchung fechtsspezifische Beinarbeitstests sowie Sprungtests zur Analyse der Kraft der unteren Extremitäten durch. Darüber hinaus wurden während verschiedener fechtsspezifischer Angriffssaktionen Bewegungsanalysen zur Bestimmung der Reaktionsschnelligkeit und der speziellen azyklischen Bewegungsschnelligkeit und zur Technikanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse des Eingangstests dienten der Identifizierung von individuellen Trainingszielen für die anschließende 10-wöchige Trainingsphase zur Steigerung der Leistungsfähigkeit in den o. g. Bereichen. Die Trainer sowie die Athletinnen und Athleten wurden während der Trainingsphase bei der Interpretation und Umsetzung der Untersuchungsergebnisse in die Trainingspraxis unterstützt. Bei einer Feedback-Trainingseinheit erhielten sie die Gelegenheit, die Bewegungsmuster unmittelbar während des Trainings individuell zu analysieren und zu optimieren.

Außerdem wurde die Erholungs-Belastungs-Bilanz der Athleten und Athletinnen während der Trainingsphase mit Hilfe des Erholungs-Belastungs-Fragebogens (EBF 76 Sport, Kellmann & Kallus, 2000) analysiert, um ein Missverhältnis von Belastung und Regeneration erkennen zu können.

### 3 Ergebnisse

Die Reaktionszeiten während der verschiedenen Angriffssaktionen zu den beiden Messzeitpunkten unterschieden sich bei den Disziplinen Damen-Florett, Damen-Degen und Herren-Degen nur bei der Aktion gerader Stoß signifikant. Die Degen-Fechter konnten auch beim Ausfall ihre Reaktionszeit verbessern.

Die maximale Geschwindigkeit der Waffenhand als ein wichtiger Parameter der zyklischen Schnelligkeit war nach der Trainingsphase bei allen Disziplinen individuell oft höher, jedoch waren die Gruppenunterschiede nicht immer signifikant.

Für die zyklische Bewegungsschnelligkeit konnten wir nach der Trainingsphase überwiegend bessere Leistungen bei den Beinarbeitstests finden, allerdings waren die Unterschiede für die Gruppen oft nicht signifikant. Signifikante Verbesserungen konnten bei den weiblichen Florett- und Degenfechterinnen für die unidirektionalen Beinarbeitstests rückwärts über drei Meter gefunden werden. In Einzelfällen zeigten sich auch deutliche Verbesserungen bei den Beinarbeitstests mit Richtungswechsel.

Die Ergebnisse des Erholungs-Belastungs-Fragebogens zeigten, dass sich die subjektiv wahrgenommene Erholung bzw. Belastung zwischen den beiden Messzeitpunkten individuell kaum unterschieden. Athleten bzw. Athletinnen mit einer ausgewogenen Erholungs-Belastungs-Bilanz hatten zu beiden Messzeitpunkten sehr gute Werte, wohingegen diejenigen mit einer gestörten Bilanz im Verlauf der Trainingsphase offensichtlich keinen Weg fanden, die Störung zu beseitigen. In Einzelfällen zeigte sich ein Zusammenhang zwischen gestörter Erholungs-Belastungs-Bilanz und fehlender Leistungsentwicklung.

## 4 Diskussion

Die Verbesserungen der Reaktionsschnelligkeit konnten insbesondere durch Optimierungen der Ausgangsstellung erreicht werden, wodurch die Aktion schneller gestartet werden konnte. Wie wir im Forschungsprojekt zeigen konnten, unterscheiden sich die Reaktionszeiten bei Spitzenfechtern bzw. -fechterinnen kaum und deshalb waren hier keine größeren Unterschiede zu erwarten. Schlechtere Reaktionszeiten sind eher bei den leistungsschwächeren zu finden, bei denen die Bewegungsabläufe noch nicht optimal ausgebildet sind (Weichenberger et al., 2013a, 2013b, 2014)

Wir konnten im vorangegangenen Forschungsprojekt zeigen, dass sich leistungsstärkere Fechter und Fechterinnen insbesondere durch eine höhere spezielle azyklische Bewegungsschnelligkeit auszeichnen (Weichenberger, Steegmüller, Steinacker, 2014; Steinacker, Weichenberger, Liu, Amend, 2013). Damit konnte die Expertenmeinung bestätigt werden, dass die Schnelligkeit der Waffenhand ein wichtiger Faktor für das Leistungsniveau beim Fechten ist. Auch wenn nicht alle Gruppenunterschiede signifikant waren, so ließ sich tendenziell erkennen, dass die höhere Maximalgeschwindigkeit durch eine längere bzw. spätere Beschleunigung realisiert wurde. Bei einigen Aktionen ließ sich eine längere Dauer der Aktion beobachten, was jedoch meist auf einen größeren Abstand der Waffenspitze zur Trefferfläche zurückzuführen war. Da die Durchschnittsgeschwindigkeit nahezu unverändert blieb, war die Verbesserung bei der Maximalgeschwindigkeit anscheinend auf eine Optimierung der technischen Ausführung zurückzuführen. Für die Interpretation dieser Ergebnisse müssen die unterschiedlichen Konventionen in den verschiedenen Disziplinen berücksichtigt werden.

Wir fanden Verbesserungen bei den weiblichen Florett- und Degenfechtern für die unidirektionalen Beinarbeitstests rückwärts über drei Meter. Dieser Test repräsentiert die Fähigkeit, bei einem Gegenangriff schnell zurückzuweichen und ist essentiell um den Abstand zum Gegner zu vergrößern und dadurch einen Gegentreffer zu verhindern. Die Schnelligkeit während der Beinarbeitstests mit Richtungswechsel scheint von der Technik der Beinarbeit, insbesondere beim Richtungswechsel, beeinflusst zu sein (Weichenberger et al., 2011). Zukünftig sollte bei der Diagnostik der speziellen zyklischen Bewegungsschnelligkeit deshalb auch die Technik der Beinarbeit erfasst und analysiert werden.

Die komplexe Diagnostik der Technik und der fechtspezifischen Schnelligkeit während spezieller Angriffsaktionen mit Hilfe der im vorangegangenen Forschungsprojekt entwickelten Untersuchungsmethode erwies sich in der Praxis des Spitzensports als sehr geeignet und hilfreich. Durch die Bewegungsanalyse erhielten die Athletinnen und Athleten unmittelbare visuelle Rückmeldung über Bewegungsausführung, Geschwindigkeit und zeitliche Koordination der Bewegung. Aufgrund der hohen Mobilität konnte die Feldtestmethode in verschiedenen Fechtzentren unmittelbar in die Trainingspraxis integriert werden. Damit steht für die Sportart Fechten ein Messsystem zur Verfügung, das eine komplexe Diagnostik der Leistungsfaktoren spezielle Schnelligkeit und Technik unter fechtspezifischen Bedingungen ermöglicht.

Durch die fechtspezifische Bewegungsanalyse konnten Zusammenhänge zwischen Bewegungsausführung und Geschwindigkeit unmittelbar erfasst und individuell im Training optimiert werden. Die Ergebnisse veranschaulichten das komplexe Zusammenspiel zwischen den oberen und unteren Extremitäten sowie dem Rumpf bei den Angriffsaktionen. Dabei ist offensichtlich nicht nur die Geschwindigkeit einzelner Körpersegmente sondern auch ihre optimale zeitliche Synchronisation entscheidend. Dies unterstreicht die Bedeutung einer optimalen Technik im Fechten für das Erreichen einer hohen Geschwindigkeit.

Aus unserer Sicht sollte das Erholungs-Belastungs-Management der Athletinnen und Athleten engmaschiger überprüft und optimiert werden. Fechterinnen und Fechter sowie Trainer sollten bei der Belastungsgestaltung und bei der Wahl geeigneter individueller Regenerationsmaßnahmen besser unterstützt werden.

Es ist in dem wissenschaftlichen Betreuungsprojekt gelungen, die im Rahmen des vorangegangenen Forschungsprojektes entwickelte Untersuchungsmethode zur komplexen Leistungsdiagnostik der fechtspezifischen Schnelligkeit und Technik erfolgreich in die Praxis des Spitzensports zu implementieren. Die hohe Mobilität des Messsystems ermöglichte einen flexiblen Einsatz in den Fechtzentren und gestattete dadurch die Integration in den Trainingsbetrieb. Es wurden wichtige Erkenntnisse für die Weiterentwicklung der komplexen Leistungsdiagnostik im Fechten gewonnen, um die speziellen Wettkampfbedingungen noch besser abbilden zu können. Neue Fragestellungen und Anforderungen an die komplexe Leistungsdiagnostik im Fechten konnten erarbeitet werden und sollen in zukünftige Forschungsprojekte einfließen.

## 5 Literatur

- Kellmann, M. & Kallus, K. W. (2000). *Der Erholungs-Belastungs-Fragebogen für Sportler. Manual*. Frankfurt: Swets Test Service.
- Steinacker, J.M., Weichenberger, M., Liu, Y. & Amend, S. (2013). Weiterentwicklung und systematischer Einsatz einer komplexen Leistungsdiagnostik für die Leistungsfaktoren: allgemeine und spezielle physische Faktoren, mentale Faktoren und technische Faktoren in der Sportart Fechten. In Bundesinstitut für sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2012/13* (S. 147-151). Köln: Sportverlag Strauß.
- Weichenberger, M., Liu, Y., Steegmüller, W., Zimmermann, T., Strigel, D., Behr & M., Steinacker J. (2011). Die Schnelligkeit der Beinarbeit hat einen Einfluss auf das Leistungsniveau im Fechten. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 62, 259.
- Weichenberger, M., Liu, Y., Steegmüller, W. & Steinacker, J.M. (2013a). Speed Testing During Specific Attacks in Fencing. *18th Annual ECSS Congress, Barcelona/Spain, 26<sup>th</sup>-29<sup>th</sup> June 2013*, 686.
- Weichenberger, M., Liu, Y., Steegmüller, W. & Steinacker, J.M. (2013b). Bewegungsanalyse bei spezifischen Aktionen im Fechten. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 64, 240.
- Weichenberger, M., Steegmüller, W. & Steinacker, J.M. (2014). Speed Testing in Foil and Epee Fencers During Specific Attacks. *19th Annual ECSS Congress, Amsterdam/The Netherlands, 2<sup>nd</sup>-5<sup>th</sup> July 2014*, 52.



# Sozial- und Verhaltenswissenschaften



# Sportpsychologisches Training als fester Ausbildungsbestandteil an Eliteschulen des Sports am Beispiel der Eliteschule des Sports Leipzig

(AZ 071002/12-14)

*Franziska Preis & Dorothee Alfermann (Projektleiterin)*

Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, Institut für Sportpsychologie und Sportpädagogik

## 1 Problem

Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportler sind zahlreichen Stressoren ausgesetzt – Stressoren aus der Schule, dem Alltag, der Familie und dem Leistungssportsystem. Eine präventive Hilfestellung durch die Schulung spezieller Ressourcen zur Bewältigung der Mehrfachbelastung wird demzufolge zunehmend im Nachwuchsleistungssport gefordert (Beckmann, Elbe & Seidel, 2008; Linz, 2009). Trotz dieser Forderung mangelt es an existierenden Unterstützungs- und Stressbewältigungsprogrammen, die zum einen speziell für Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportler konzipiert und zum anderen systemisch evaluiert sind (Stoll, 2010). Um diesen Mangel entgegen zu wirken, wurde im Rahmen der vorliegenden Studie eine Intervention mit dem Namen „Sportpsychologisches Athletentraining (SAT)“ (Preis, 2015a,b,c) zur Bewältigung der zahlreichen Stressoren im Nachwuchsleistungssport konzipiert und eine umfangreiche Evaluierung durchgeführt.

Für Jugendliche als auch für Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportler im Speziellen nimmt die Selbstwirksamkeitserwartung (SWE) eine hervorzuhebende Rolle im Bereich der personalen Ressourcen ein. Die Selbstwirksamkeitserwartung stellt dabei die subjektive Einschätzung der individuellen Fähigkeiten und Verhaltensweisen dar, welche benötigt werden, um die an die Person (hier die jungen Sportlerinnen und Sportler) gestellten Anforderungen (hier die Mehrfachbelastung) erfolgreich bewältigen zu können (Bandura, 1977). Weitere bedeutsame personale Ressourcen stellen die Selbstregulationsfähigkeit dar, die Fähigkeit den Erholungs- und Belastungszustand sowie den Angstzustand regulieren zu können. Darüber hinaus sind ebenso die sozialen Ressourcen (z. B. Trainerinnen und Trainer, Eltern und Freunde) für junge Sportlerinnen und Sportler von Bedeutung, sodass die im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes entwickelte Intervention sowohl auf der personalen als auch auf der umweltbezogenen Ebene Ansatzpunkte beinhaltet.

Das Forschungsprojekt befasste sich demzufolge mit folgenden Fragestellungen:

- › Können durch ein modularisiertes sportpsychologisches Training Effekte auf personale als auch soziale Ressourcen erzielt werden?
- › Nehmen die Variablen Geschlecht, Alter, Sportartengruppe und Kursleiterausbildung eine moderierende Rolle ein?
- › Wie wird der Prozess der Intervention durch die Probanden im Hinblick auf die Interventionsqualität und die Anwendbarkeit beurteilt?

## 2 Methode

Zur Überprüfung der Fragen im Bereich der personalen Ressourcen wurde ein quasi-experimentelles Forschungsdesign mit drei Messzeitpunkten (Prätest, Posttest und Follow up) gewählt. Die Wirksamkeit des SAT (Preis, 2015c) wird anhand eines Vergleichs der Effekte einer Versuchsgruppe (SAT; 169 Testpersonen) und einer Wartekontrollgruppe (Teilnahme am normalen Profilsport; 151 Personen) aufgezeigt. Zur Erfassung der Wirksamkeit wurden standardisierte Fragebögen eingesetzt, welche vier personale Ressourcen erfassen. Die Untersuchungstichprobe umfasst 320 Personen im Alter von  $M = 13.72$  Jahren ( $SD = 1.37$ ), 146 Teilnehmerinnen sind weiblich. Eine ausführliche Darstellung des Interventionsverlaufs ist Preis (2014, 2015a) zu entnehmen. Zur Steigerung der sozialen Ressourcen wurde eine Trainerfortbildung auf der Basis des *mastery approach to coaching* (MAC; Smith, Smoll & Cumming, 2007) entwickelt, jedoch konnten die drei angesetzten Termine für die Maßnahme aus diversen Gründen (Preis & Alfermann, 2014) nicht umgesetzt und demzufolge auch nicht ausgewertet werden.

## 3 Ausgewählte Ergebnisse

Zur Erfassung der Effekte wurden zweifaktorielle Varianzanalysen mit Messwiederholung (SPSS) durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass das SAT unter anderem erwartungskonforme Effekte auf den folgenden Variablen zu Gunsten der Versuchsgruppe aufweist: Positive Selbstmotivierung im Training (kurzfristig:  $d = 0.35$ ; mittelfristig:  $d = 0.43$ ), Negative Emotionalität (mittelfristig:  $d = 0.37$ ), Somatische Ängstlichkeit (mittelfristig:  $d = 0.22$ ), Allgemeine Erholung (kurzfristig:  $d = 0.25$ , mittelfristig:  $d = 0.36$ ), Soziale Erholung ( $d = 0.47$ ) sowie Selbstwirksamkeitserwartung (kurzfristig:  $d = 0.31$ , mittelfristig:  $d = 0.30$ ). Des Weiteren zeigen die Ergebnisse, dass nur sehr wenige Moderatoreffekte aufgetreten sind, sodass das SAT übergreifend unabhängig von Geschlecht, Alter, Sportartengruppe und Kursleiterausbildung (Psychologie oder Sportwissenschaft) wirksam ist. Die Interventionsqualität bewerteten die Testpersonen überwiegend als gut. 88 % der Sportlerinnen und Sportler wandten die im SAT erlernten Techniken selbstständig direkt im Anschluss an die Intervention an, 50 % noch immer zum Zeitpunkt des Follow up). Darüber hinaus beantworteten 86 % der Testpersonen die Frage, ob sie das SAT einer Sportlerin/einem Sportler oder einem Freund weiterempfehlen würden, mit „Ja“.

## 4 Diskussion

Insgesamt war die vorliegende Interventionsstudie ein erster Versuch, durch die Steigerung der Selbstwirksamkeitserwartung und weiterer relevanter personaler Ressourcen mithilfe sportpsychologischer Techniken Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportlern ein großes Repertoire an Bewältigungsstrategien zur Verfügung zu stellen. Den Ergebnissen zufolge stellt das SAT eine wirkungsvolle Interventionsstrategie zur Gesundheitsförderung von Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportlern dar. Neben der Förderung einzelner Komponenten der personalen Ressourcen Selbstregulation, Wettkampfstress und Erholungs-Belastungszustand führt das SAT insgesamt zur Steigerung der Allgemeinen Selbst-wirksamkeitserwartung. Zukünftig sind Studien mit Sportlerinnen und Sportlern des Wintersports und paralympischer Disziplinen in der Zielgruppe von 10-16 Jahren erforderlich, um die Wirksamkeit des SAT außerhalb der in der vorliegenden Studie betrachteten Sportartengruppen zu überprüfen. Des Weiteren ist es wünschenswert, die Wirkungen der Intervention in weiteren Studien über einen längeren Follow-up Zeitraum mit mehreren Messungen zu erfassen. In den Studien sollte die Intervention ebenso von männlichen Kursleitern getestet werden, da innerhalb dieser Studie ausschließlich Kursleiterinnen die Durchführungsverantwortung innehatten.

Mit Beendigung dieses Forschungsprojektes stehen zwei Praxishefte (Preis, 2015a,b) zur Verfügung, die bei der Autorin käuflich erworben werden können. Eine praktizierende Sportpsychologin (Mitglied der BISp-Expertendatenbank) sagt zur Anwendung dieser Hefte Folgendes:

*„Mithilfe des Manuals zum SAT ist es möglich, der sportpsychologischen Beratung eine hervorragende Struktur zu geben. Hierfür sehe ich vor allem für Studierende und Berufseinsteiger einen großen Mehrwert! In Projekten mit mehreren Mitarbeitern wird außerdem eine inhaltliche Qualitätssicherung gewährleistet, da die Inhalte der Beratungsarbeit transparent und für alle gleichermaßen umsetzbar sind. Ich habe es bereits Kollegen und Kolleginnen empfohlen und werde es auch weiterhin gerne für meine Arbeit nutzen.“ (Ina Blazek)*

Mit Blick auf die Trainerfortbildung (MAC-Training) sind wir der Auffassung, dass dieses Training einen Zugewinn für die sportpsychologische Trainerausbildung im Nachwuchsleistungssport darstellt. Es bedarf jedoch weiterer Wirksamkeitsstudien, um die sehr positiven Ergebnisse vorwiegend amerikanischer Studien zu replizieren. In diesem Zusammenhang ist es gegebenenfalls weiterhin notwendig, das dazugehörige Manual (deutsche Übersetzung: „Trainer, die nie verlieren“) zu modifizieren. Ab sofort können sich interessierte Forschungsgruppen bei Franziska Preis ([preis.sportpsychologie@gmx.de](mailto:preis.sportpsychologie@gmx.de) oder [alfermann@uni-leipzig.de](mailto:alfermann@uni-leipzig.de)) melden, falls sie das Training inklusive Manual innerhalb eigener Studien umsetzen wollen. Das Manual liegt in Form eines vorläufigen Arbeitsheftes (Word-Format) vor, sodass die Materialien auch problemlos online versendet werden können.

## 5 Literatur

- Bandura, A. (1977). Self-efficacy. Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84, 191-215.
- Beckmann, J., Elbe, A.-M. & Seidel, I. (2008). Talent und Talententwicklung. In J. Beckmann & M. Kellmann (Hrsg.), *Anwendungen der Sportpsychologie (Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich D, Ser. 5, Bd. 2, S. 285-309)*. Göttingen: Hogrefe.
- Linz, L. (2009). Der lange Weg zum Gold. Von der Nachhaltigkeit frühzeitiger Talententwicklung im Fechten am Beispiel von Britta Heidemann. In G. Neumann (Hrsg.), *Sportpsychologische Betreuung des deutschen Olympia- & Paralympicteams 2008. Erfolgsbilanzen - Erfahrungsberichte - Perspektiven* (1. Aufl., Bundesinstitut für Sportwissenschaft, S. 115-121). Köln: Sportverlag Strauß.
- Preis, F. (2014). Entwicklung des „Sportpsychologischen Athletentrainings (SAT)“ zur Stressprävention bei Nachwuchsleistungssportlern. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, 2, 186-192.
- Preis, F. (2015a). *Sportpsychologisches Athletentraining (SAT). Das Manual für Sportpsychologen* (2., aktual. Aufl.). Göttingen: Preis Verlag.
- Preis, F. & Alfermann, D. (2014). *Sportpsychologisches Training als fester Ausbildungsbestandteil an Eliteschulen des Sports, überprüft am Beispiel Leipzig*. Abschlussbericht für das vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Bisp) geförderte gleichnamige Projekt (IIA1-071002/12-14). Universität Leipzig.
- Preis, F. (2015b). *Sportpsychologisches Athletentraining (SAT). Ein Übungsheft für Sportler* (2., aktual. Auflage). Göttingen: Preis Verlag.
- Preis, F. (2015c). *Steigerung der Selbstwirksamkeitserwartung bei Nachwuchsleistungssportlern. Entwicklung und Evaluierung eines präventiven Stressbewältigungstrainings*. Göttingen: Preis Verlag.
- Smith, R. E., Smoll, F. L. & Cumming, S. P. (2007). Effects of a Motivational Climate Intervention for Coaches on Young Athletes' Sport Performance Anxiety. *Journal of Sport & Exercise Psychology*, 29, 39-59.
- Stoll, O. (2010). Trainingsverfahren zur Leistungsoptimierung auf der Basis von Kognitionen. In O. Stoll, I. Pfeffer & D. Alfermann, *Lehrbuch Sportpsychologie* (1. Aufl., S. 43-61). Bern: Huber.

# Entwicklung und Umsetzung einer sportpsychologischen Rahmenkonzeption im Deutschen Skiverband, für die Talentförderung, Ausbildung und das Coaching

(AZ 081001/11-14)

*Kai Engbert (Projektleiter), Tanja Werts, Alexa Kiss & Jürgen Beckmann*

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

## 1 Projekthintergrund

Die seit 2006 initiierte sportpsychologische Betreuung im Ski Alpin ist praxisorientiert und an den Bedürfnissen der Sportlerinnen und Sportler sowie denen des Trainerstabs ausgerichtet. Forschungs- und Entwicklungsbedarf, der sich aus der Arbeit mit diesen beiden Gruppen ergab, konnte dabei nur eingeschränkt realisiert werden. Im vorliegenden Projekt wurde dieser Schritt konsequent vollzogen. Aufbauend auf dem bisher Erreichten wurde eine Rahmenkonzeption zur Sportpsychologie im Ski Alpin erstellt, die sowohl die Systematisierung bestehender Inhalte, als auch das Schließen methodischer und inhaltlicher Lücken beinhaltete. Die verschiedenen Teilprojekte wurden dabei wie folgt definiert:

- › Teilprojekt A: Betreuungskonzept Sportpsychologie Ski Alpin
- › Teilprojekt B: Talentdiagnostik und -Förderung
- › Teilprojekt C: Verlaufskontrolle sportpsychologischen Trainings
- › Teilprojekt D: Trainerausbildung & Online-Rahmentrainingsplan

Ziel des gesamten Projekts war es somit, die Nachhaltigkeit der Rahmenkonzeption innerhalb des Deutschen Skiverbands durch die Aufbereitung von Unterrichts- und Ausbildungsmaterialien sicher zu stellen. Damit stehen nach Projektabschluss für alle sportpsychologisch relevanten Bereiche im Ski Alpin evaluierte und bewährte Vorgehensweisen personenunabhängig zur Verfügung. Somit ist gewährleistet, dass sportpsychologische Inhalte auch nach Projektabschluss wissenschaftlich fundiert und gleichzeitig praxisnah ins Ski Alpin Training eingebracht werden können. Im Folgenden sollen die vier Teilprojekte jeweils kurz vorgestellt und wesentliche Ergebnisse exemplarisch dargestellt werden.

### 1.1 Teilprojekt A: Betreuungskonzept Sportpsychologie Ski Alpin

Seit 2006 konnten mit einem frühen Beginn der sportpsychologischen Ausbildung im Ski Alpin sehr positive Erfahrungen gesammelt werden. In Form von Betreuungsmaßnahmen auf zentralen Lehrgängen oder stützpunktbasierten Workshops werden den Sportlerinnen und Sportlern bereits im Schülerbereich sportpsychologische Basisfertigkeiten wie Visualisierung, Konzentration und Entspannung vermittelt. Das Ziel von Teilprojekt A war es daher die in den letzten Jahren entwickelten Materialien zu modularisieren und als definierte Ausbildungsinhalte zu spezifizieren. Als Ergebnis steht nun ein systematisches, strukturiertes und klares Betreuungskonzept sportpsychologischer Basisfertigkeiten im Ski Alpin zur Verfügung das im laufenden Betreuungsprozess bereits erfolgreich eingesetzt wird. Ergänzt wird das Konzept durch weiteres Arbeitsmaterial, welches Sportpsychologen

/-psychologinnen und interessierte Trainer bzw. Trainerinnen zur Durchführung und Rückmeldung diagnostischer Instrumente nutzen können.

### Lehrgang 1 – Tag 3: Zielplanung

#### Die Berg-Metapher

Jeder zeichnet einen Berg auf ein großes Blatt Papier und plant seinen Weg vom Basislager bis zum Gipfel. Der Gipfel steht dabei für das große, langfristige Ziel, das Basislager für den aktuellen Stand der Dinge. Für die Ausstattung des Basislagers sollten die Sportler folgende Fragen beantworten und bildlich darstellen:

- Was kann ich bereits und was bringe ich auf die Bergtour mit?
- Was kann ich noch nicht so gut?
- Was nehme ich zur Unterstützung auf meine Bergtour mit?

Für den Weg vom Basislager zum Gipfel markieren die Sportler nun mehrere Etappen und Zwischenziele. Dabei nützen die folgenden Fragen:

- Sind die Abschnitte unterschiedlich felsig, steil, schwierig?
- Gibt es Bereiche, bei denen das Gehen leichter fällt?
- Wo befinden sich die Zwischenziele und wie lange möchte ich dort rasten?
- Was möchte ich bis zum jeweiligen Zwischenziel dazugelernt haben?
- Welche Fertigkeiten benötige ich, um von einem Zwischenziel zum nächsten zu gelangen?  
Was mache ich, wenn ich zum Weitergehen noch nicht bereit bin oder es Rückschläge gibt?

Anschließend stellt jeder Sportler seine Expeditionsplanung der Gruppe vor. Reflexion: Sind die Ziele SMART formuliert? Sind die Vorsätze klar benannt und auf das Verhalten bezogen (Bezug zum Training: Was? Wann? Wo?). Sind Steine auf dem Weg und entsprechende Lösungsmöglichkeiten bedacht? Wie merkt der Sportler, dass er ein Ziel erreicht hat? Wie möchte er sich belohnen? Am Ende wie beim Motto wieder Fotos von den Sportlern mit ihrem Berg machen.

**Entspannungstechnik:** Blitz-PMR durchführen und anschließend diskutieren, wann das Verfahren sinnvoll eingesetzt werden kann. Bitte unbedingt betonen, dass es in einer (längeren) Übungsphase trainiert werden muss, bis man sich darauf verlassen kann, dass es sofort funktioniert bzw. in kritischen Situationen einsetzbar ist.

Da es der letzte Tag des Lehrgangs ist, an dieser Stelle noch Übungs-Material für Entspannungsverfahren ausstellen. So lernen die Sportler das selbstverantwortliche Trainieren von Entspannung und bekommen ein Gefühl dafür, welche Verfahren ihnen gut tun und welche nicht<sup>2</sup>.

 Körperreise und Blitz PMR

<sup>2</sup> Zum Beispiel aus dem Buch von A. Lippert „Immer schön locker bleiben.“

Abb. 1: Auszug aus dem Arbeitsmaterial „Sportpsychologisches Fertigkeitstraining im Ski Alpin“: Beispiel für die Umsetzung in Teilprojekt A.

## 1.2 Teilprojekt B: Talentdiagnostik und -Förderung

Die sportpsychologische Betreuungsarbeit im Ski Alpin der letzten Jahre hat aus unserer Sicht deutlich gemacht, dass Talentförderung viel mehr ist, als gute Skifahrer bzw. -fahrerinnen zu erkennen und sie anschließend durch physisches Training und die Bereitstellung von Trainingsmöglichkeiten und -material in ihrem Sport auszubilden. In Teilprojekt B wurden daher hinsichtlich der Talentförderung zwei Schwerpunkte mit unterschiedlichen Perspektiven gesetzt: Auf der einen Seite wurde der Blick auf das Individuum gerichtet um herauszufinden, welche sportpsychologischen Ressourcen jeder bzw. jede Einzelne für den Skirennlauf mitbringt. Konkretes Ziel war dabei die Entwicklung und Erprobung einer sportpsychologischen Basisdiagnostik und die Ableitung von strukturierten Fördermöglichkeiten. Auf der anderen Seite wurde der Blick auf das Umfeld gerichtet um herauszufinden, wie der Verband mit der Verbesserung der Rahmenbedingungen zu einer ganzheitlichen Förderung beitragen kann. Hierzu wurden Forschungsarbeiten zu umfeldbezogenen Prädiktoren für

die Leistungsentwicklung im Ski Alpin durchgeführt, die ebenfalls im Hinblick auf die Ableitung von strukturierten Fördermöglichkeiten analysiert wurden. Die zentralen Ergebnisse der beiden Bereiche können wie folgt zusammengefasst werden:

Hinsichtlich der Perspektive 1 (Individuum) erfolgte die Zusammenstellung und Erprobung einer sportpsychologischen Basisdiagnostik, die nun mit dem Beginn des Jugendalters als Screening Instrument eingesetzt wird. Sie besteht aus einem Paket an standardisierten Fragebögen, AMS-Sport (Wenhold, Elbe & Beckmann, 2009), SOQ (Elbe, Wenhold & Beckmann, 2009), VKS (Wenhold, Elbe, & Beckmann, 2009), HOSP (Beckmann, & Wenhold, 2009), WAI (Brand, Ehrlenspiel & Graf, 2009). Dieses Screening bietet zu Beginn des Einstiegs in den leistungsorientierten Sport einen guten Eindruck darüber, welche günstigen und ungünstigen Persönlichkeitsmerkmale der Sportler bzw. die Sportlerin mitbringt und wie Talente individuell gefördert werden können (vgl. auch Heidari, 2012). Von einem Einsatz dieser Fragebögen zur **Talenselektion** raten wir jedoch dezidiert ab, da es unseres Wissens keine wissenschaftlichen Studien gibt, die dies rechtfertigen. Auch Sportler bzw. Sportlerinnen mit einem initial sehr ungünstigen Profil haben wir schon zu internationalen Erfolgen fahren sehen, so dass die Gefahr von falsch-negativ Entscheidungen aus unserer Sicht zu groß ist.

Hinsichtlich der Perspektive 2 (Rahmenbedingungen) wurden in verschiedenen Studien die sportpsychologischen Rahmenbedingungen hinterfragt, in die der oder die einzelne Sporttreibende im Sinne einer ganzheitlichen Förderung eingebettet werden kann. Beispielsweise wurde das Thema Karriereverläufe und Dropout fokussiert und die Gründe für eine Beendigung der leistungssportlichen Laufbahn im Leistungskader Ski Alpin des Deutschen Skiverbands untersucht. Hierbei wird die Multikausalität dieses Phänomens deutlich: Ein Karriereabbruch kann nur in seltenen Fällen auf einen einzigen Grund zurückgeführt werden. Vielmehr ist in der Regel ein Netzwerk von Gründen anzunehmen. Potentielle Interventionsmaßnahmen können sich also auch nicht auf die Korrektur eines Sachverhalts beziehen, sondern sollten den Prozesscharakter des Karriereendes und die Interaktion verschiedener Faktoren berücksichtigen. Ein besonders hoher Einfluss auf den Entschluss zur Beendigung der leistungssportlichen Karriere wurde dabei den folgenden Aspekten zugeschrieben: Sportliche Misserfolge (59,3 %), Verletzungen (55,6 %), Konflikte mit dem Trainer (33,3 %), zu geringe finanzielle Unterstützung (29,6 %), Konflikte mit dem Verband (29,6 %). Weniger häufig, aber dennoch von großer Relevanz, wurden andere Interessen, Sinnlosigkeit, der Eintritt ins Berufsleben, Chancenlosigkeit, ein zu hoher zeitlicher Aufwand, die Doppelbelastung durch Schule und Leistungssport sowie eine zu geringe Leistungsbereitschaft als ausschlaggebend für den Karriereabbruch genannt (Bergfeld, 2013).

Basierend auf den o. g. Ergebnissen von wurden sportpsychologischer Sicht Anregungen für Maßnahmen zur Verhinderung von Dropout erarbeitet, die als Paket allesamt Strategien und Präventionsmaßnahmen für den Umgang mit kritischen Ereignissen und Bedingungen wie sportlicher Misserfolg, Verletzungen und Konflikte mit dem Trainer sind. Als Beispiel sei hier die Prävention von Verletzungen genannt, bei der gerade die jungen Sportler und Sportlerinnen im DSV nun verstärkt lernen, Stress zu bewältigen, auch in nicht optimalen Leistungssituationen fokussiert zu bleiben und so schlussendlich Verletzungen zu vermeiden. Dazu gehören beispielsweise die negativen Effekte einer Stressreaktion wie: erhöhte Muskelspannung, Einschränkung der Aufmerksamkeit, erhöhte Ablenkbarkeit wahrzunehmen, aktiv gegenzusteuern oder im Falle von Überlastung und Übermüdung nach dem Motto „manchmal ist weniger mehr“ das Training entsprechend einzuschränken.

### 1.3 Teilprojekt C: Verlaufskontrolle sportpsychologischen Trainings

Seit 2006 erfolgt die Evaluation der sportpsychologischen Trainingsmaßnahmen im Ski Alpin lediglich über die subjektive Einschätzung der Sportlerinnen und Sportler bzw. des Trainerstabs. In Teilprojekt C wurde diesem Problem Rechnung getragen, mit dem Ziel, valide, spezifische und auf die Anforderungen im Ski Alpin abgestimmte Methoden zur Verlaufskontrolle und zum Monitoring sportpsychologischen Trainings zu entwickeln. Es wurden verschiedene Studien durchgeführt, um probate Methoden zur Evaluation sportpsychologischer Trainingsmaßnahmen zum Thema Vorstellungsfertigkeit im Schüler- und Jugendbereich zu entwickeln. Beispielsweise wurde im Rahmen von zwei aufeinander aufbauenden Studien (Kühl, 2012; Schuon, 2013) die Verlaufskontrolle und Evaluation eines sportpsychologischen Trainings mittels des Verfahrens der Mentalen Rotation und dem Mental Imagery Questionnaire (Hall, 1983) umgesetzt, um das Maß der Mentalen Rotation als adäquates Diagnostikverfahren der Vorstellungsfertigkeit zu testen. Die entsprechende Software wurde in Form eines „Vorstellungstrainers“ programmiert und ist in der Praxis flexibel einsetzbar (Leitl, 2013, Beheim, 2014). Weiterhin wurde eine Forschungsarbeit zur Verlaufskontrolle im Bereich der Konzentrationsfertigkeit durchgeführt (Henghuber, 2014). Neben der Verlaufskontrolle sportpsychologischen Trainings im Sinne von Diagnostik ging es in diesem Teilprojekt auch darum, Transparenz und Nachvollziehbarkeit des sportpsychologischen Trainings auf einer formalen Ebene herzustellen. Ergebnisse aus standardisierten Diagnostikverfahren, jedoch auch Ergebnisse und Informationen aus Erstgesprächen, sportpsychologischen Übungen und den Inhalt sportpsychologischer Betreuungsarbeit gilt es demnach sinnvoll zu dokumentieren und für die Verlaufskontrolle des Betreuungsprozess festzuhalten.

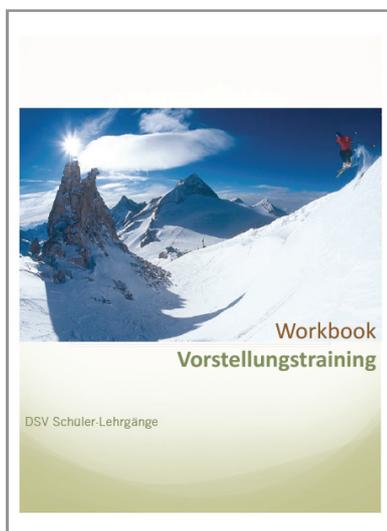


Abb. 2: Workbook zum Vorstellungstraining mit dem im Nachwuchsbereich Mentale Trainingseinheiten gestaltet wurden.

### 1.4 Teilprojekt D: Trainerausbildung & Online-Rahmentrainingsplan

Gut ausgebildete Trainerinnen und Trainer sind ein zentraler Schlüssel, um die Nachhaltigkeit sportpsychologischer Betreuung zu sichern. Dies gilt nicht nur für die Bundesebene sondern auch für den Stützpunkt- und Vereinsbereich, wo v. a. im Nachwuchssport wichtige Arbeit geleistet wird. Ziel dieses Teilprojekts war es daher, ein Konzept für die sportpsychologische Trainerausbildung zu erstellen, sportpsychologisches Know-how mit dem Fokus auf die Vermittlung von Handlungswissen für Ski Alpin Trainer bzw. Trainerinnen aufzubereiten, sodass dieses möglichst direkt in den Arbeitsalltag einfließen

kann. Dazu wurde die sportpsychologische Ausbildung im Ski Alpin Trainersegment in Zusammenarbeit mit der DSV-Trainerschule systematisiert und inhaltlich neu ausgerichtet. Dies beinhaltete zunächst eine Bedarfsanalyse zum sportpsychologischen Ausbildungsbedarf der Ski Alpin Bereich (Kiss & Engbert, 2012, Kiss, 2012) sowie die darauf aufbauende Entwicklung eines Curriculums zur Trainerausbildung im Bereich Sportpsychologie. Neben diesem modularen Ausbildungskonzept wurde ebenfalls ein freies Fortbildungsangebot für Interessierte erarbeitet. Die Neugestaltung des Kapitels „Sportpsychologie“ des DSV-Theorielehrbuchs, welches in Abstimmung auf die Inhalte der Trainerausbildung geschah, macht es den Ski Alpin Trainern und Trainerinnen möglich, relevante theoretische Basiskonzepte im Selbststudium zu vertiefen (Kiss, Werts & Engbert, 2013). Um die Nachhaltigkeit und die Nutzerfreundlichkeit dieser Maßnahmen zu sichern, wurde der DSV-Onlinerahmentrainingsplan erarbeitet. Ergänzend zu den Inhalten der Trainerausbildung haben Nutzer hier Zugriff auf sportpsychologische Inhalte und Arbeitsmaterialien so dass sie in die Lage versetzt werden, sportpsychologische Konzepte und Ideen in die praktische Trainingsarbeit einfließen zu lassen. Abschließend wollen wir in Teilprojekt D darstellen, wie im Rahmen von individuellen Trainercoachings in den letzten Jahren eine Möglichkeit umgesetzt wurde, Ski Alpin Trainer und Trainerinnen über das klassische Ausbildungssetting und die Bereitstellung von Lehr- und Lernmaterialien hinaus bedarfsorientiert und themenspezifisch zu unterstützen.

The screenshot shows the website for the DSV online training plan in Sportpsychologie. At the top, there is a header with the DSV logo and navigation tabs: Start, Philosophie, Trainingstheorie, Trainingspraxis, Ausbildung, Fortbildung. A search bar is located on the left. The main content area is titled 'DSV + Trainingstheorie + Sportpsychologie' and 'Wozu Sportpsychologie?'. It contains text explaining the goals of ski racing and the role of mental training. A video player is embedded, showing a skier in a green jacket. Below the video, there is a text box asking 'Was kann ich tun, um meine Sportler bei der Entwicklung mentaler Fertigkeiten zu unterstützen?'. The page also includes a section for 'Anwendungsfelder der Sportpsychologie' and a list of seven topics: 1. Mentales Training, 2. Konzentration, 3. Unmittelbare Wettkampf Vor- und Nachbereitung, 4. Aktivierungsregulation, 5. Selbstvertrauen & Umgang mit Angst, 6. Motivation & Zielsetzung, 7. Gruppe & Mannschaft. The footer includes the logo of the Bundesinstitut für Sportwissenschaft and the TUM logo.

Abb. 3: Startseite des Online-Rahmentrainingsplans Sportpsychologie

## 2 Literatur

- Beckmann, J. & Wenhold, F. (2009). *Handlungsorientierung im Sport (HOSP). Manual*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Beheim, M. (2014). *Programmweiterentwicklung für ein diagnostisches Instrument zur Überprüfung von Fortschritten im Vorstellungstraining durch eine mentale Rotationsaufgabe (Reaktionszeitexperiment)*. Unveröffentlichte Studienarbeit des interdisziplinären Projektes im Fach Informatik (Master). Technische Universität München.
- Bergfeld, S. (2013). *Die Dropout-Problematik im Nachwuchsleistungssport Ski Alpin. Erhebung der Gründe für den frühzeitigen Ausstieg aus dem Leistungskader Ski Alpin des Deutschen Skiverbandes*. Unveröffentlichte Studienabschlussarbeit. Universität Innsbruck und Technische Universität München.
- Brand, R., Ehrlenspiel, F., & Graf, K. (2009). *Das Wettkampf-Angst-Inventar (WAI). Manual zur comprehensiven Eingangsdiagnostik von Wettkampfangst, Wettkampffähigkeit und Angstbewältigungsmodus im Sport*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Elbe, A-M., Wenhold, F. & Beckmann, J. (2009). *Leistungsorientierung im Sport (SOQ). Manual*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Hall, C.R. (1983). *Movement Imagery Questionnaire*. London, Canada: University of Western Ontario.
- Heidari, J. (2012). *Geschlechtervergleich der motivationalen und volitionalen Komponenten von Nachwuchsleistungssportlern im Wintersport mit Hilfe der Potsdamer Diagnostik*. Unveröffentlichte Studienabschlussarbeit. Ludwig-Maximilians-Universität München und Technische Universität München.
- Henghuber, C. (2014). *Auswirkung individueller Vorstartroutinen auf die Konzentrationsleistung bei alpinen Skirennläufern*. Unveröffentlichte Studienabschlussarbeit. Technische Universität München.

- Kiss, A., & Engbert, K. (2012). *Der sportpsychologische Ausbildungsbedarf der Trainerinnen und Trainer im Leistungssport Ski Alpin*. Poster auf der 44. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie in der Bundesrepublik Deutschland (asp), Kiel/ Oslo.
- Kiss, A., (2012). *Der sportpsychologische Ausbildungsbedarf der Trainerinnen und Trainer im Leistungssport Ski Alpin*. Unveröffentlichte Studienabschlussarbeit. Universität Münster und Technische Universität München.
- Kiss, A., Werts, T., & Engbert, K. (2013). Sportpsychologie. In: Deutscher Skiverband e.V. (Hrsg.). *DSV-Theorielehrbuch. Grundlagen für die Ausbildung zum Schneesportlehrer und Trainer* (S. 246-273). Planegg.
- Kühl, T. (2012). *Vorstellen – aber richtig! Evaluation eines Trainings der mentalen Vorstellungsfähigkeit im Sport*. Unveröffentlichte Studienabschlussarbeit. Universität Mannheim und Technische Universität München.
- Leitl, M. (2012). *Programm zur Überprüfung des Erfolges von Vorstellungstraining*. Unveröffentlichte Studienarbeit des interdisziplinären Projektes im Fach Informatik (Master).
- Schuon, A. (2013). *Stell dir vor es dreht sich ... Nachhaltigkeit sportpsychologischer Betreuung anhand der mentalen Rotation im Vorstellungstraining*. Universität Innsbruck und Technische Universität München.
- Wenhold, F., Elbe, A-M. & Beckmann, J. (2009). *Fragebogen zum Leistungsmotiv im Sport (AMS-Sport). Manual*. Köln: Sportverlag Strauß.
- Wenhold, F., Elbe, A-M. & Beckmann, J. (2009). *Volitionale Komponenten im Sport (VKS). Manual*. Köln: Sportverlag Strauß.



# Pädagogische Qualität des Trainings in der Talentförderung. Entwicklung, Implementation und Evaluation von videobasierten Lehr-Lern-Umgebungen für das Grundlagentraining in den Sportarten Turnen und Judo.

(AZ 071101/12-14)

*Alfred Richartz (Projektleitung) & Dorothee Anders*

Universität Hamburg, Fakultät für Erziehungswissenschaft, Psychologie und Bewegungswissenschaft, Fachbereich Bewegungswissenschaft, Abteilung Bewegungs- und Sportpädagogik

## 1 Problem

Sport zu treiben ist für Kinder und – mit einigen Abstrichen – auch für Jugendliche eine der attraktivsten Aktivitäten überhaupt: In der Freizeit kann keine andere Organisation auch nur annähernd so viele Mitglieder im Kindes- und Jugendalter aufweisen wie der organisierte Sport, und auch der Sportunterricht erfreut sich mit Abstand der größten Beliebtheit aller Schulfächer (DSB, 2006). Lehrkräfte für sportliche Aktivitäten, also Sportlehrerinnen und -lehrer, Trainer und Trainerinnen sowie Übungsleiter und -leiterinnen, befinden sich in einer sehr erfreulichen Ausgangslage: was sie anzubieten haben, trifft auf eine hochmotivierte Nachfrage. Wo kann hier das Problem sein? Das Problem hat verschiedene Aspekte. Für den Sport überhaupt und insbesondere für den Nachwuchsleistungssport ist wichtig, ob diese hohe Motivation in eine dauerhaften Bindung an sportliche Aktivität führt, ob die Lern- und Leistungsentwicklung im sportlichen Training optimal gefördert und ob die persönliche und soziale Entwicklung so positiv beeinflusst wird, wie es Nachwuchsprogramme und Rahmentrainingspläne fordern. Kurz: Wie gut ist das Training, das Kinder und Jugendliche im organisierten Sport antreffen? Und wie kann man Trainern und Trainerinnen sowie Übungsleitern bzw. -leiterinnen bei Bedarf dabei helfen, ihre Kompetenzen zur Trainingsgestaltung gezielt zu verbessern? Offenbar erfordert dieses Problem zwei Schritte:

- › Es sind empirisch begründete Kriterien und operationale Instrumente nötig, die es möglich machen, die pädagogische Trainingsqualität zuverlässig zu erfassen und damit die Kompetenzen zu beschreiben, die Trainer bzw. Trainerinnen befähigen, hohe Trainingsqualität zu realisieren.
- › Es sind begründete und praxistaugliche Lehr-Lern-Umgebungen nötig, die Trainern sowie Trainerinnen die Gelegenheit geben, diese Kompetenzen zu erwerben oder zu verbessern.

Beide Fragen können auch international als weitgehend ungeklärt gelten (Trudel, Gilbert & Werthner, 2010). Im ersten Schritt ist das Problem der Qualitätskriterien zu lösen: Welche Kriterien kann man anlegen, um die Güte von Training zu beurteilen? Solche Kriterien müssen begründet sein, wenn das Qualitätsurteil mehr sein soll als nur der Reflex persönlicher Vorlieben und subjektiver Erfahrungen. Dabei müssen zwei sehr verschiedene Begründungsquellen unterschieden werden – eine normative und eine wirksamkeitsorientierte. Beide können im Ergebnis zu den gleichen Kriterien führen, und sie tun dies auch in unserem Falle. Aber dennoch muss man sie klar unterscheiden, denn die intersubjektive Gültigkeit fußt in beiden Fällen auf vollkommenen unterschiedlicher Basis. Wir gehen knapp

auf die normative Begründungsquelle ein, für das hier vorgestellte Projekt steht gleichwohl die Wirksamkeitsbegründung im Mittelpunkt.

Sportliches Training im Nachwuchsbereich beruht darauf, dass Eltern ihre Kinder und Jugendlichen in die Obhut einer Lehrkraft geben. Die Lehrkraft übernimmt damit, ob wissentlich oder nicht, ganz automatisch Verpflichtungen der Aufsicht, der Fürsorge und der Erziehung. Mittelbar trägt auch der Auftraggeber der Lehrkraft – also meist ein Verein – Verantwortung dafür, dass diesen Verpflichtungen genüge getan wird. Welche Verhaltensweisen von der Lehrkraft erwartet werden, um diese Pflichten der Aufsicht, Fürsorge und Erziehung angemessen auszufüllen, wird historisch und kulturell sehr unterschiedlich beurteilt. Um ein Beispiel aus dem Bereich der Schule zu zitieren: Bis weit in die 1970er Jahre war es in Deutschland zulässig, dass Lehrer ihre Schüler schlugen. Heute wäre dies ein klarer Normverstoß, der erhebliche Konsequenzen für den Täter nach sich zöge. Welches pädagogische Handeln als „gut“, als „vertretbar“ oder als „unzulässig“ gilt, verändert sich also. Die Frage: „Wie soll und wie darf man mit Kindern und Jugendlichen umgehen?“ wird dabei durch ethische Abwägungen im normativen gesellschaftlichen Diskurs beantwortet. Physische Gewalt in Erziehung, Unterricht und Training ist heute verboten, weil es gegen einen nun erreichten Wertekonsens verstößt – nämlich den sozialen Konsens, dass physische Gewalt die Würde und das Recht von Kindern auf körperliche Unversehrtheit verletzt. Eine solche Veränderung von pädagogischen Werten ist nicht nur im Bereich von Strafen zu beobachten, sondern betrifft praktisch alle Aspekte des Umgangs und der Kommunikation zwischen den Generationen (Haumann, 2009; Shell, 2010). So gilt es heute als pädagogisch hochwertig, wenn Konflikte zwischen Pädagogen und Kindern durch Dialog und Konsensfindung bearbeitet werden, nicht durch Macht und Zwang. Mit dem Abbau des Machtgefälles ist auch die emotionale Nähe zwischen den Generationen dramatisch gewachsen. Dieser Zuwachs an Nähe und Vertrauen wird gesellschaftlich als sehr wertvoll erachtet. Ein positives Selbstbewusstsein und die zunehmende Selbstständigkeit von Kindern und Jugendlichen gehören zu hoch geschätzten Erziehungszielen, während früher Gehorsam und Anpassung erwünscht waren. Von Lehrkräften – seien es Lehrkräfte oder Trainer bzw. Trainerinnen – wird deshalb heute ein Verhalten erwartet, das diese Ziele fördern soll. Diese veränderten pädagogischen Normen beschränken sich nicht nur auf Elternhaus und Schule, sie werden automatisch auch an das Verhalten von Lehrkräften und Verantwortlichen im Sport angelegt – ob ein Training „gut“ ist, wird heute unausweichlich auch an ihnen gemessen. Ein Sportsystem, das unter anderem auch im Hinblick auf die Förderung des Leistungssports auf eine breite Nachwuchsförderung setzt, muss einem solchen Wandel Rechnung tragen, will es nicht einerseits seine gesellschaftlicher Akzeptanz und andererseits seine Attraktivität für Kinder, Jugendliche und Eltern riskieren. Entsprechende Reaktionen des organisierten Sports sind auch, nicht nur in Deutschland, zu beobachten, z. B. in der Festlegung von pädagogischen Normen im Trainer-Ehrenkodex (DOSB & DSJ, 2011).

Normativ-ethisch begründete Kriterien für gutes Handeln von Lehrkräften gehen in einer „strengeren“ und einer „weicheren“ Hinsicht in die Beurteilung der Qualität von Training ein. Die „strengere“ betrifft die harte Grenze zu ethischen Verstößen im Umgang mit Kindern und Jugendlichen, die „weichere“ betrifft die eher unscharf definierten Erwartungen an unterstützend-förderndes, sozial kompetentes Verhalten. Wesentlich für beide ist jedoch: Ob ein Trainerverhalten als „gut“, „akzeptabel“ oder „inakzeptabel“ beurteilt wird, entscheidet sich in einem *normativen* Diskurs, in einer Auseinandersetzung um Werte.

Die normativ-ethischen Kriterien ergeben allerdings nur einen allgemeinen Rahmen, der für alle Arten von Lehrkräften gilt. Das Kerngeschäft von Trainern bzw. Trainerinnen im Sport oder Lehrkräften in der Schule ist damit noch gar nicht betroffen. Sowohl Lehrkräfte wie Trainer und Trainerinnen haben eine vergleichbare Hauptaufgabe: Sie sollen Lern- und Leistungsfortschritte der ihnen Anver-

trauten fördern. Darüber hinaus soll das Training langfristige Motivation sowie soziale und persönlichkeitsbezogene Merkmale fördern. Beurteilt man die Qualität des Lehrverhaltens unter der Perspektive der Wirksamkeit, dann lautet die Frage:

- › Gestalten Lehrkräfte ihre Maßnahmen so, dass die Adressaten ein Maximum an Fortschritten hinsichtlich der gerade genannten zentralen Ziele erreichen?

Die Beantwortung dieser Frage erfordert etwas ganz anderes als die gerade behandelte normativ-ethische Frage. Sie kann intersubjektiv überprüfbar nur empirisch beantwortet werden. Hier setzt das vorliegende Projekt an.

## 2 Empirisch gehärtete Kriterien pädagogischer Qualität: Das Classroom Assessment Scoring System

Es ist ein naheliegender Gedanke, die Qualität eines Lehr-Lern-Angebots an seiner Wirksamkeit für Lern- und Leistungsfortschritte festzumachen, aber seine Realisierung ist schwierig. Zwar gibt es keinen Mangel an theoretischen Lehrkonzepten und zudem hat jeder Trainer auch noch erfahrungsbasierte subjektive Theorien über das, was im Training wirkt. Der Fülle an Konzepten und subjektiven Überzeugungen steht jedoch ein eklatanter Mangel an empirischer Validierung gegenüber. So wird z. B. im Sportkontext gelegentlich noch spekuliert, die „Persönlichkeit“ des Trainers bzw. der Trainerin trage zu seinem bzw. ihrem Erfolg bei – eine Annahme, die die Forschung für schulische Lehrkräfte längst ad acta gelegt hat (Hattie & Yates, 2014, S. 26f.). Leistungsfortschritte durch Lernen, das ist aus der empirischen Unterrichtsforschung bekannt, werden durch ein geradezu ausuferndes Spektrum von Faktoren beeinflusst – z. B. durch den vorher erreichten Leistungsstand der Teilnehmenden, durch ihre Motivation, durch die äußeren Bedingungen und natürlich auch durch die fachliche und pädagogische Gestaltung des Lehr-Lern-Angebots. Dies ist auch für Lernen und Trainieren im Sport plausibel. Die Anzahl und der Einfluss dieser Faktoren sind über viele Jahre intensiv untersucht worden; die Ergebnisse sind schwer zu überblicken. Die umfassendste Übersicht über den Forschungsstand in der Unterrichtsforschung, eine Synthese von über 800 einschlägigen Meta-Analysen, verzeichnet den relativen Einfluss von über 138 Faktoren auf den schulischen Leistungsfortschritt (Hattie, 2009). Die Fülle von möglichen Einflussfaktoren zeigt bereits, dass nur bei solider theoretischer Fundierung und klar fokussierter Forschung aussagekräftige Ergebnisse erwartet werden können.

Richtet man den Blick auf die Teilmenge jener Faktoren, die unmittelbar von der Lehrkraft beeinflusst werden können, lässt sich eine fachliche und eine überfachliche Ebene unterscheiden. Die fachliche Ebene würde im sportlichen Training z. B. das Setzen geeigneter Trainingsintensitäten beinhalten oder die sachgerechte Information über Techniken und taktische Abläufe. Die entsprechenden Wissensbestände stellen hauptsächlich die Trainingswissenschaft und die Motorikwissenschaft zur Verfügung. Überfachliche Faktoren würden z. B. eine effektive Nutzung der Trainingszeit beinhalten, motivierende Gestaltung der Übungsauswahl, Klarheit von Informationen und Struktur, ein motivierendes und unterstützendes Trainingsklima usw. Wir werden uns im Weiteren auf diese überfachlichen Qualitätskriterien konzentrieren, denn sie gehören zum Forschungsfeld der Sportpädagogik.

Zu den überfachlichen Qualitätsmerkmalen liegen in der deutschen Sportwissenschaft kaum empirische Befunde vor. In der internationalen Forschung ist die Befundlage etwas ermutigender. Besonders im Theorierahmen der Selbstbestimmungstheorie der Motivation (Ryan & Deci, 2002) lassen sich Studien finden, die zeigen, dass eine positive Trainer-Athlet-Beziehung, eine motivierende Trainingsgestaltung und die Einbeziehung von Athleten und Athletinnen in die Trainingsgestaltung eine hohe Motivationsqualität fördern sowie dem Drop-out und Burn-out von Athleten bzw. Athletinnen

vorbeugen (Adi, Duda & Ntoumanis, 2013; Balaguer, Gonzáles, Fabra, Castillo, Mercé & Duda, 2012; Hollebeak & Amorose, 2007; Qvested, Ntoumanis, Viladrich, Haug, Ommundsen, Van Hoye, Mercé, Hall, Zourbanos & Duda, 2013).

Die sportspezifische Befundlage zu den überfachlichen Qualitätsmerkmalen ist also eng begrenzt. Wie kann es dann gelingen, zwei strategisch entscheidende Probleme für das Projektziel zu lösen:

- › Aus der Fülle der möglichen Qualitätskriterien jene auszuwählen, die nicht per theoretischer Plausibilität, sondern empirisch begründet für Lern- und Leistungsfortschritte wirksam sind?
- › Einen intersubjektiv verlässlichen Maßstab dafür zu finden, ob diese Merkmale in einem Training sehr hoch, hoch, mittel oder niedrig ausgeprägt sind?

Diese beiden Probleme sind essentiell für die Fortbildung von Trainern und Trainerinnen. Denn dabei sollen ja genau jene Merkmale des Trainerverhaltens fokussiert werden, die tatsächlich qualitätsrelevant sind. Zudem sind für den persönlichen Lernprozess dieser Berufsgruppe klare Kriterien nötig, an denen die Lernenden Qualitätsunterschiede erkennen und dadurch auch den eigenen Fortschritt evaluieren können.

Angesichts der unbefriedigenden sportwissenschaftlichen Befundlage bot es sich an, bei der ungleich fortgeschritteneren Unterrichtsforschung Rat zu suchen. Denn es liegt nahe, dass überfachliche Qualitätskriterien wie intelligente Zeitverwendung, positives Gruppenklima, motivierende Gestaltung, effektive Gruppenlenkung, vertrauensvolle Beziehung zwischen Lehrenden und Lernenden usw. auch im sportlichen Training eine zentrale Rolle spielen. Wir haben uns deshalb entschieden, ein theoretisch gut begründetes und gleichzeitig empirisch gut bewährtes Instrument zur Beobachtung und Einschätzung überfachlicher pädagogischer Qualität für den Sport zu adaptieren: Das Classroom Assessment Scoring System („CLASS“, Pianta, LaParo & Hamre, 2008).

Das Instrument CLASS ist im Kontext großflächiger amerikanischen Untersuchungen zur pädagogischen Qualität von Bildungseinrichtungen entstanden und entsprechend breit untersucht worden. Die Auswahl der Qualitätskriterien ist in Übereinstimmung mit einem breiten Konsens in der Unterrichtsforschung. Eine inhaltsanalytische Prüfung ergab zudem, dass die von CLASS fokussierten Kriterien in hohem Maß mit den normativ-ethischen Gütekriterien z. B. des Trainer-Ehrenkodex<sup>1</sup> übereinstimmen. Vergleicht man die untersuchten Merkmale mit den bereits im Leistungssport vorliegenden einschlägigen Befunden, zeigt sich zudem eine hohe methodisch-empirische Konvergenz. CLASS ist hierarchisch über vier Ebenen strukturiert: Domänen, Dimensionen, Indikatoren und konkrete Verhaltensmarker. Die Lehr-Lern-Prozesse werden in drei breite, theoretisch gestützte Domänen unterteilt: Emotional Support, Classroom Organization und Instructional Support. Jede Domäne enthält drei bzw. vier „Dimensionen“, jede Dimension enthält vier bis fünf „Indikatoren“. Die vierte Ebene ist in Abb. 1 nicht enthalten – sie definiert für jeden Indikator drei bis fünf beobachtbare Verhaltensmarker.<sup>1</sup> Abb. 2 gibt einen beispielhaften Überblick über eine einzelne Dimension, in diesem Fall „Positives Klima“. Die Beobachtungsurteile werden auf der Ebene der Dimensionen aggregiert. In jeder Dimension wird vom Beobachtenden ein Urteil auf einer 7-Punkte-Skala (niedrig: 1-2, mittel: 3,4,5, hoch: 6,7) festgelegt.

1 Für Lern- und Trainingsprozesse im Sport sind acht von insgesamt 10 Dimensionen relevant, deshalb wurden zwei Dimensionen in der Abbildung ausgeblendet.

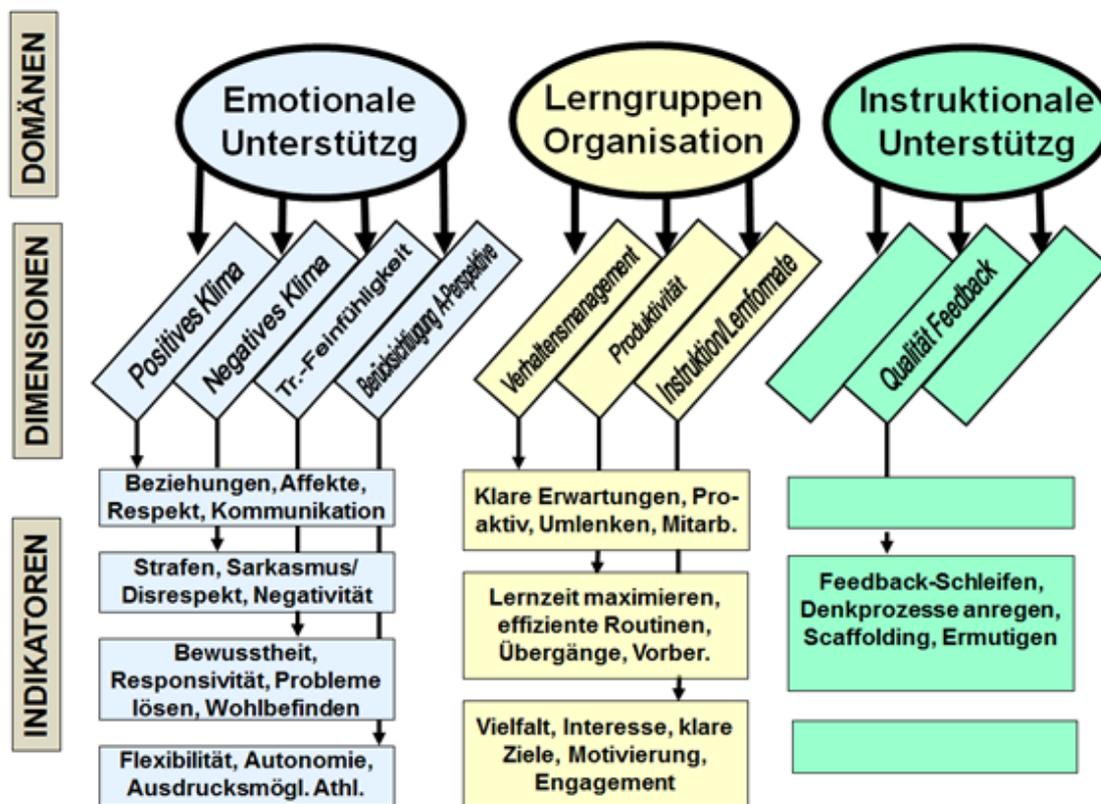


Abb. 1: CLASS Struktur

Positives Klima			
Beziehungen	Positive Affekte	Positive Kommunikation	Respekt
<ul style="list-style-type: none"> <li>- physische Nähe</li> <li>- gemeinsame Aktivitäten</li> <li>- gegenseitige Unterstützung</li> <li>- Übereinstimmende Affekte</li> <li>- Soziale Konversation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lächeln</li> <li>- Lachen</li> <li>- Begeisterung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbale Zuwendung</li> <li>- physische Zuwendung</li> <li>- positive Erwartungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Blickkontakt</li> <li>- Warme, ruhige Stimme</li> <li>- Respektvolle Sprache</li> <li>- Kooperation und/ oder Teilen</li> </ul>

Abb. 2: Dimension „Positives Klima“

CLASS kann sehr gute testtheoretische Kennwerte aufweisen (Interrater-Reliabilität, Faktorstruktur, Test-Retest-Reliabilität) (Pianta, LaParo & Hamre, 2008, S. 92ff.). Eine hohe Interrater-Reliabilität konnte auch bei der Verwendung des Instruments im Rahmen einer Evaluation der Turn-Talentschulen des Deutschen Turner-Bundes hergestellt werden (Richartz, 2012). In breit angelegten Studien hat sich CLASS als prognostisch valide erwiesen: Lerngruppen mit hohen Werten erzielen größere Lernfortschritte (Kane, McCaffrey, Miller & Staiger, 2013). Das Institut, das das Instrument verbreitet und pflegt, hat eine anspruchsvolle Qualitätssicherungsstruktur installiert: Für eine Verwendung *lege artis* ist eine Zertifizierung erforderlich, die einen Reliabilitätstest vorschreibt. Der Test muss jährlich wiederholt werden, um die Zertifizierung zu erhalten.

CLASS kann eine anspruchsvolle theoretische Fundierung vorweisen, verfügt über gute testtheoretische Kennwerte, zeigt inhaltliche Übereinstimmung mit empirisch gehärteten Qualitätsmerkmalen der Unterrichtsforschung und mit den vorliegenden Befunden für die pädagogische Qualität des Trainings. Schließlich sind die in CLASS fokussierten Merkmale in sehr guter Übereinstimmung mit den normativen Ansprüchen an pädagogische Trainingsqualität, wie sie im Trainer-Ehrenkodex definiert sind.

### 3 Pädagogische Trainingsqualität verbessern: Videoclips in der Trainerfortbildung

Wenn in einem notwendigen ersten Schritt die Kriterien pädagogischer Trainingsqualität soweit geklärt wurden, dass sie empirisch zugänglich werden, so erscheinen die folgenden Schritte einfach und gleichzeitig vielversprechend: Nun lassen sich intersubjektiv überprüfbar Trainer bzw. Trainerinnen identifizieren, die in ihrem Training die definierten Qualitätsmerkmale in hoher Qualität zeigen. Wenn man solche Personen videographiert, lassen sich aus dem Material exemplarische Video-Clips für die Trainerfortbildung produzieren. Solche Clips bieten, so kann man erwarten, besonders anregende und hoch effektive Lernmöglichkeiten für diese Zielgruppe. Video-Clips zeigen das Trainerverhalten ganz konkret und in situativer Verankerung. Der häufig beklagte Theorie-Praxis-Graben könnte so überwunden werden. Gegenüber Live-Beobachtungen haben Clips den Vorteil, dass man sie wiederholen und stoppen kann, um die Aufmerksamkeit der Betrachtenden zu lenken und Details herauszuarbeiten. Nicht zuletzt ist das Betrachten von Videos meist motivierender als viele andere Formen der Wissensvermittlung und verspricht von daher größere Lernerfolge.

Eine solche Erwartung ist mit einigen naiven Vorannahmen über die menschliche Wahrnehmung kontaminiert. Menschen gehen intuitiv von der Gewissheit aus, dass sie alle relevanten Vorgänge in ihrem Gesichtsfeld registrieren. In aufsehenerregenden Versuchen haben Christopher Chabris und Daniel Simons (2010) jedoch gezeigt, dass diese Gewissheit in die Irre führt. Menschen können „blind“ sein für relevante und geradezu „unübersehbare“ Vorgänge in ihrem Blickfeld, wenn diese Vorgänge unerwartet sind und die Aufmerksamkeit auf anderes konzentriert wird: Gorillas auf dem Spielfeld bleiben dann unsichtbar, Autos auf der Straße, vergessenes Operationsbesteck auf Röntgenbildern. Menschen nehmen vor allem wahr, was in ihren Erwartungshorizont passt und worauf sie ihre Aufmerksamkeit lenken (Chabris & Simons, 2011). Diejenigen, die Trainingsstunden beobachten – ob live oder in Videosequenzen – werden also vor allem solche Vorgänge wahrnehmen, die ihre schon bestehenden Erwartungen, Relevanzen und pädagogischen Haltungen betreffen. Qualitätsmerkmale des Trainings, die unerwartet sind, weil die beobachtende Person sie nicht kennt oder sie ihr weniger wichtig erscheinen, verfallen dagegen der von Chabris und Simons aufgedeckten „unfreiwilligen Blindheit“.

Damit Trainer und Trainerinnen die Chance haben, die pädagogischen Qualitätskriterien in Video-Clips zu bemerken und zu reflektieren, müssen sie ihre Wahrnehmung überhaupt erst darauf einstellen. Es ist also ein Lernprozess nötig, der zum Ziel hat, Trainingssequenzen mit einem neuen Blick zu sehen. Von Beginn des Projekts an war deshalb klar, dass es nicht ausreichen würde, lediglich exemplarische Video-Clips mit best-practice-Beispielen bereitzustellen. Nötig ist vielmehr die Einbettung solcher Clips in ein didaktisches Gesamtkonzept mit einer Abfolge von Lernprozessen. Zunächst müssen die Lernenden ihre Erwartungen und Relevanzen hinsichtlich der Merkmale guten Trainings reflektieren und verändern. Dazu ist eine Lernsequenz nötig, die die nötigen Informationen und Begründungen zu den Qualitätskriterien vermittelt, die Informationen zur menschlichen Wahrnehmung und ihren Fallstricken enthält und schließlich auch Übungsprozesse für die Wahrnehmungsfokussierung beinhaltet. Bereits die Darlegung und Begründung von Qualitätskriterien provoziert Reflexionsprozesse: Warum sollen bestimmte Merkmale wichtig sein, andere dagegen nicht? Die Veränderung der Wahrnehmung gelingt leichter, wenn eine klare Fokussierung, z. B. durch konkrete „Suchaufträge“ gegeben werden kann. Das CLASS-System bietet dafür ausgezeichnete Hilfen, da die Qualitätsmerkmale in Dimensionen geordnet und auf der Ebene der Verhaltensmarker verhaltensnah beschrieben sind. Dies machte eine schrittweise Erarbeitung mit klarer Fokussierung möglich. Die Reflexion und Veränderung der Wahrnehmung führt schließlich zu veränderten Relevanzen für das eigene Trainerverhalten und zu einer Veränderung der Selbstwahrnehmung.

Auf einer solchen Grundlage ist dann eine produktive vertiefende Arbeit mit Video-Clips möglich, die sich z. B. in konkreten Veränderungsplänen für das eigene Trainerverhalten, in kollegialer Beratung mit befreundeten Trainern bzw. Trainerinnen usw. niederschlagen könnte.

## 4 Entwicklung der Video-Clips

Im vorliegenden Projekt sollten die vorstehenden Ziele für die Sportarten Kunstturnen und Judo realisiert werden. Alle Ratings bei Trainingsbeobachtungen und alle Auswahlprozeduren für Video-Clips wurden von zertifizierten CLASS-Ratern durchgeführt. Für die Sportart Kunstturnen lagen aus der vorangegangenen Evaluation der Turn-Talentschulen (Richartz, 2012) CLASS-Ratings von Trainern aus 22 Turn-Talentschulen vor. Aus dieser Stichprobe wurden sieben Personen aus sieben verschiedenen Turn-Talentschulen zur Mitarbeit im Projekt eingeladen. Fünf von ihnen reagierten positiv, eine sechste Trainerin wurde im weiteren Verlauf des Projekts angesprochen, um die Sportart Rhythmische Sportgymnastik explorativ einzubeziehen. Die ausgewählten Personen für die Sportart Kunstturnen (und RSG) waren weit über die Bundesrepublik verstreut.

Für die Sportart Judo lagen noch keine CLASS-Daten aus Trainingsbeobachtungen vor. Deshalb musste eine ausreichende Anzahl von Trainern gewonnen werden, die an einem explorativen CLASS-Rating teilzunehmen bereit waren. Diese Trainingsbesuche wurde über den Lehrwart des Hamburger Judo Verbandes vermittelt. Die Trainer des Verbandes wurden informiert, dass sie im Rahmen des Projekts ein Feedback über die pädagogische Qualität ihres Trainings erhalten könnten. Interessierte konnten sich per E-Mail an die Forschungsgruppe wenden. Insgesamt konnten Trainingsbesuche bei 20 Trainern aus zehn verschiedenen Vereinen realisiert werden. Alle Trainingsbesuche wurden von zwei zertifizierten Ratern durchgeführt. Bei jedem Training wurde mit den Trainern ein Feedback-Gespräch auf der Grundlage von CLASS geführt. Neun Trainer aus vier Judo-Vereinen wurden eingeladen, am Projekt mitzuarbeiten; alle reagierten positiv auf die Anfrage.

Vor den Video-Aufnahmen wurden Trainer und Eltern der ausgesuchten Kinder schriftlich über den Zweck der Aufnahmen, den Fokus des Interesses und die weitere Verwendung informiert. Beide Gruppen wurden um eine schriftliche Erklärung ihres Einverständnisses für die Aufnahmen und ihre Verwendung gebeten. Am Tag der Aufnahme nahmen nur Kinder am Training teil, von denen eine entsprechende Einverständniserklärung vorlag. Die Eltern reagierten in aller Regel positiv.

Insgesamt wurden 31 Trainingsstunden videographiert. Das Gesamtmaterial umfasst 58 Stunden, das stets mit zwei Kameraperspektiven aufgenommen wurde. 12 Stunden davon betreffen das Judo-Training, 19 Stunden das Training im Kunstturnen. Aus diesem Material wurden kurze Clips geschnitten, in denen die Trainer die Verhaltensmarker der CLASS-Dimensionen in besonders deutlicher Weise und hoher Qualität zeigen.

## 5 Ergebnisse und Transfer

Für jede der beiden Sportarten ist eine online verfügbare Video-Bibliothek entwickelt worden. Das didaktische Konzept geht davon aus, dass die Nutzer an einem einführenden Modul zur pädagogischen Trainingsqualität teilgenommen haben – in der Regel in einer Trainerfortbildung. Nutzer der Online-Materialien werden noch einmal an die einführenden Informationen verwiesen, und es wird ein Standard-Vorgehen für die Bearbeitung empfohlen. Besonderes Anliegen dabei ist, dass die Clips nicht lediglich angeschaut, sondern als Arbeitsmaterial genutzt werden.

Die Arbeitsmaterialien sind nach den CLASS-Dimensionen gegliedert. In jeder Dimension wird erläutert, was der Fokus der jeweiligen Dimension ist. Dann wird eine Begründung für die Relevanz der jeweiligen Dimension im Rahmen der pädagogischen Qualität des Trainings gegeben. Für die Dimension „Negatives Klima“ werden aus naheliegenden Gründen keine Videobeispiele gezeigt.

Nach dieser Einführung in die Dimension können die Teilnehmenden folgende Arbeitsmaterialien herunterladen und ausdrucken:

- › Eine Übersicht über die Indikatoren und Verhaltensmarker der jeweiligen Dimension
- › Ein Formblatt als Beobachtungsauftrag. In diesem Formblatt sind alle Verhaltensmarker aufgeführt und es bietet Platz für eigene, präzise Beobachtungsnotizen.
- › Eine Musterlösung für den Beobachtungsauftrag
- › Eine praxisorientierte Handreichung, wie Trainer bzw. Trainerinnen die Qualität in der betreffenden Dimension verbessern können.

In jeder Dimension werden mindestens zwei Video-Clips bearbeitbar sein. Die Auswahl der Clips wird durch fortlaufende Arbeit an der Plattform durch die Forschungsgruppe über den Projektabschluss hinaus ständig erweitert.

Die folgenden Abbildungen zeigen einige exemplarische Kursseiten. Zuerst die Login-Seite (Abb. 3), dann den Einstieg in die gesamte Plattform mit den drei Kursen „Infos & Materialien“, „Videobibliothek Turnen“ und „Videobibliothek Judo“ (Abb. 4). Im ersten Kurs werden allgemeine Themen behandelt wie die Begründung der Qualitätskriterien, der Vergleich von normativen und wirksamkeitsbezogenen Kriterien usw. In der einführenden Seite für jede Videobibliothek wird ein Arbeitsablauf empfohlen. Die Abb. 5 zeigt exemplarisch die Arbeitsseite einer Qualitätsdimension, in diesem Fall „Qualität des Feedbacks“.

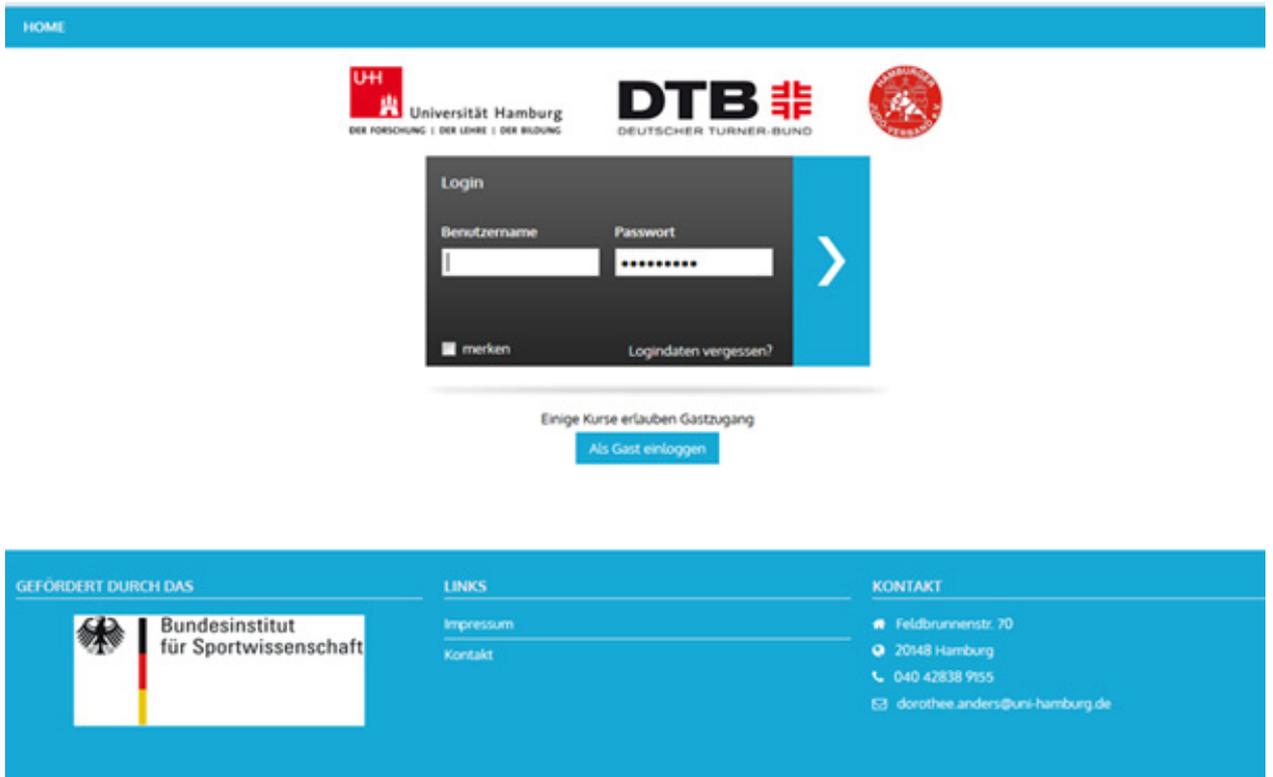


Abb. 3: Login der Plattform



Abb. 4: Erste Seite der Moodle-Plattform „Pädagogische Trainingsqualität“ nach Login

### Qualität des Feedbacks



**Was ist das?**

Feedback ist im Prinzip jede Information, die Trainer in Reaktion auf Verhalten, Fragen oder Leistungen von Athleten geben. Feedback hat zum Einen den Zweck, den Lern- und Trainingsprozess inhaltlich auf die wichtigsten Aspekte des aktuellen Lernschrittes zu fokussieren. Athleten erhalten auf diese Weise Informationen, die ihnen helfen, bei motorischen oder kognitiven Lernprozessen möglichst schnell und effektiv Erfolge zu erzielen. Diese hilfreichen Informationen können, müssen aber nicht immer verbaler Art sein. Es ist nämlich nicht immer einfach, verbale Informationen in motorische Aktionen umzusetzen. Visualisierungen, Hilfestellungen/Geländehilfen, Lautierungen/Rhythmisierungen, Metaphern und ähnliche Mittel sind manchmal besser geeignet, Informationen so bereitzustellen, dass die Athleten sie gut verarbeiten können. Feedback hat damit oft ganz ähnliche Form wie Instruktion/Erklärung: Es konzentriert die Aufmerksamkeit auf die augenblicklich wichtigste Hürde im Lernprozess und gibt Hilfen, wie diese Hürde zu überwinden ist. Eine zweite Funktion von Feedback zielt darauf ab, die Anstrengung, Konzentration und Zielstrebigkeit der Athleten anzuerkennen und zu bestätigen.

**Warum ist Feedback wichtig?**

Die Qualität des Feedbacks ist einer der wichtigsten Faktoren für den Lernerfolg. Der Sinn von Feedback besteht darin, den Abstand zwischen einem Zielzustand und dem augenblicklichen Können eines Athleten zu verringern. Es benötigt daher drei Aspekte, von denen jeder einzelne unersetzlich ist: Erstens eine klare Vorstellung vom Zielzustand, zweitens eine klare Analyse des Ist-Zustandes und drittens eine treffsichere Information darüber, was als nächstes zu tun ist. Diese Information muss zudem für die Athleten klar und verständlich sein. Unter diesen Voraussetzungen ist Feedback ein außerordentlich mächtiges Instrument der Lernunterstützung. Feedback zu geben, ist deshalb aufwändig und je größer die Trainingsgruppe ist, desto schwieriger wird es, die einzelnen Athleten mit ausreichendem Feedback zu versorgen. Der zweite Aspekt von Feedback, die Anerkennung und Ermutigung von Anstrengung und Geduld der Athleten, wirkt sich vor allem auf die Motivation, die Beharrlichkeit und die Konzentration auf, also auf unerlässliche Bestandteile von schwierigen, anstrengenden Lernprozessen.

-  [Übersicht über Indikatoren und Verhaltensmarker für die Qualität des Feedbacks](#)
-  [Beobachtungsauftrag Qualität des Feedbacks](#)
-  [Video-Beispiel "Gemeinsames Feedback beim Handstand"](#)
-  [Video-Beispiel "Umgekippt oder umgerollt"](#)
-  [Video-Beispiel "Versuchen und schaffen"](#)
-  [Video-Beispiel "Feedback mit Metaphern"](#)
-  [Wie kann ich mein Feedback verbessern?](#)

Abb. 5: Dimension „Qualität des Feedbacks“

Im Laufe des Projekts wurden die entwickelten Materialien ständig durch Rückkopplung in die Fortbildungspraxis formativ evaluiert. Dies geschah bereits parallel zur Entwicklung der Online-Plattform. Insbesondere in Trainerfortbildungen des Deutschen Turner-Bundes hatte das Projektteam fortlaufend die Gelegenheit, Ergebnisse zu präsentieren und die Lehr-Lern-Materialien zu evaluieren. Dadurch konnte das didaktische Konzept, die Umsetzung in mehrere Module und die einzelnen Materialien ständig geprüft und erweitert werden.

Das Konzept und die Lehr-Lern-Materialien wurden der Fachöffentlichkeit auf vier wissenschaftlichen Tagungen präsentiert, den Multiplikatoren der Verbände bei drei Gelegenheiten. Eingesetzt wurden die Konzepte und Materialien in (zum jetzigen Zeitpunkt) 11 Trainerfortbildungen, wobei alle Lizenzstufen (A-C) vertreten waren. Für das Jahr 2015 sind weitere vier Einsätze bei Trainerfortbildungen fest terminiert. In allen diesen Fällen sind Ergebnisvorstellungen bzw. die konkrete Lehrgangsarbeit mit den Materialien außerordentlich positiv beurteilt worden. Die Teilnehmenden beurteilten vor allem drei Aspekte besonders positiv: 1. die praxisnahen, konkreten und verwertbaren Informationen, die durch die Qualitätsmerkmale gegeben werden, 2. die empirische Fundierung der Qualitätskriterien, 3. die anschauliche und praxisnahe Arbeit an Videobeispielen. Die Evaluationen der Teilnehmenden dokumentieren auch die motivationale Qualität der Materialien und des pädagogisch-didaktischen Konzepts. Diese Rückmeldungen haben dazu geführt, dass der Deutsche Turner-Bund die Dauer des Präsenzmoduls aktuell von vier auf sechs Unterrichtsstunden ausgeweitet hat.

Die Arbeitsergebnisse des Projekts sind also bereits in die Trainerfortbildung der beiden beteiligten Verbände eingeflossen. Dieser Transfer wird über das Ende des Projektzeitraumes weiter konsolidiert und ausgebaut. So werden die Inhalte und die Funktionalitäten der Lehr-Lern-Plattform kontinuierlich erweitert. Dabei werden über die formative Evaluation hinaus nun auch summative Evaluationsverfahren eingesetzt, die neben der Teilnehmerzufriedenheit auch weitere kritische Größen von Fortbildungsveranstaltungen betreffen (Veränderungsmotivation, Selbstwirksamkeitserwartung, Nutzungsintensität, Lernfortschritt).

## 6 Literatur

- Adie, J., Duda, J.L. & Ntoumanis, N. (2013). Perceived coach-autonomy support, basic need satisfaction and the well- and ill-being of elite youth soccer players: A longitudinal investigation. *Psychology of sport and exercise*, 13, 51-59.
- Balaguer, I., Gonzáles, L., Fabra, P., Castillo, I., Mercé, J. & Duda, J.L. (2012). Coaches' interpersonal style, basic psychological needs and the well- and ill-being of young soccer players: A longitudinal analysis. *Journal of sport sciences*, 30, 1619-1629.
- Chabris, Chr & Simons, D. (2010). *The Invisible Gorilla. And Other Ways Our Intuitions Deceive Us*. New York: Crown.
- Deutscher Olympischer Sportbund & Deutsche Sportjugend (2011). *Ehrenkodex für alle ehrenamtlich und hauptberuflich Tätigen in Sportvereinen und -verbänden*. Zugriff am 23.3.2015: [http://www.sportjugend-bb.de/files/anlage\\_2\\_-\\_informationen\\_fuer\\_die\\_aus-\\_und\\_fortbildung\\_im\\_bereich\\_des\\_dosb.pdf](http://www.sportjugend-bb.de/files/anlage_2_-_informationen_fuer_die_aus-_und_fortbildung_im_bereich_des_dosb.pdf)
- Deutscher Sportbund (Hrsg.) (2006): *DSB-Sprint-Studie – Sportunterricht in Deutschland. Eine Untersuchung zur Situation des Schulsports in Deutschland*. Aachen: Meyer und Meyer, ,
- Hattie, J. (2009). *Visible Learning. A Synthesis of over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. London & New York: Routledge.
- Hattie, J. & Yates, G. (2014). *Visible Learning and the Science of How We Learn*. London & New York: Routledge.
- Haumann, W. (2009). *Generationen-Barometer 2009*. Allensbach: Institut für Demoskopie.
- Hollebeak, J. & Amorose, A.J. (2007). Perceived Coaching Behaviors and College Athletes' Intrinsic Motivation: A Test of Self-Determination Theory. *Journal of applied sport psychology*, 17, 20-36.
- Kane, T.J., McCaffrey, D.F., Miller, T. & Staiger, D.O. (2013). *Have we identified effective teachers? Validating measures of effective teaching using random assignment*. MET Project Research Paper, Bill & Melinda Gates Foundation.
- Pianta, R.C., La Paro, K. & Hamre, B.K. (2008). *Classroom Assessment Scoring System. Manual K-3*. Baltimore: Paul H. Brookes.
- Quested, E., Ntoumanis, N., Viladrich, C., Haug, E., Ommundsen, Y., Van Hove, A., Mercé, J., Hall, H.K., Zourbanos, N. & Duda, J.L. (2013). Intentions to drop-out of youth soccer: A test of the basic needs theory among European youth from five countries. *International journal of sport and exercise psychology*, 11 (4), 1-13.
- Richartz, A. (2012). *Evaluation der Talentschulen des Deutschen Turner-Bundes*. Pädagogisches Teilprojekt. Unveröff. Projektbericht.
- Ryan, R.M. & Deci, E.L. (2002). An Overview of Self-Determination Theory. In E.L. Deci & R.M. Ryan (Eds.), *Handbook of Self-Determination Research* (pp 3-33). Rochester: University of Rochester Press.
- Shell Deutschland Holding (Hrsg.) (2010). *Jugend 2010. Eine pragmatische Generation behauptet sich*. Frankfurt/M: Fischer.
- Trudel, P., Gilbert, W. & Werthner, P. (2010). Coach education effectiveness. In J. Lyle & C. Cushion (Eds.). *Sport Coaching. Professionalisation and Practice*. pp. 135-152. Edinburgh: Elsevier.

# Sportpsychologische Eingangsdiagnostik und Betreuung der Nachwuchsnationalmannschaft Behindertensport – Schwimmen

(AZ 071611/13-14)

Anke Delow, Heike Hölzel & 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 Bronzemedailien 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 2013/14 auf die Paralympischen Spiele in Rio 2016 aus.

Es ist bereits ein wichtiges Ergebnis der bisherigen Betreuungsarbeit in der Nationalmannschaft, wenn nunmehr von der Bundestrainerin und den beteiligten Trainerinnen und Trainern im Nachwuchsbereich der Bedarf nach Sportpsychologie auch für die Nachwuchsnationalmannschaft formuliert wurde.

Das Augenmerk liegt auch und gerade auf den Nachwuchsschwimmerinnen und -schwimmern des DBS, denn sie stellen natürlich eine Gruppe dar, mit der sich große Hoffnungen für die langfristige Zukunft, aber eben auch schon für die Paralympics in Rio 2016 verbinden. Die im Projekt betreuten Athletinnen und Athleten werden auch schon dort ihren Anteil zum möglichen Erfolg beitragen müssen und wollen.

Deshalb war es eine sehr gute Nachricht, mit Hilfe des Bundesinstituts für Sportwissenschaft auch in sportpsychologischer Hinsicht dieser Aufgabe Rechnung tragen zu können.

Eine neue Generation von Athletinnen und Athleten konnte so in die Sportpsychologie eingeführt werden. Das bedeutet gleichzeitig, dass sie später in allen darauffolgenden Trainingsphasen bereits von einem höheren Niveau aus beginnen werden und die Arbeit an den mentalen Leistungskomponenten ein höheres Niveau erreichen wird.

Die Synergieeffekte der sportpsychologischen Betreuung in der Nationalmannschaft und im Nachwuchs zahlen sich auch auf Trainerebene aus, denn jetzt ergaben sich oft kürzere Wege und weniger Vorbereitungszeiten, da wir auf Bekanntes aufbauen und effektiver arbeiten konnten.

## 2 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).

Folgende Verfahren fanden Anwendung:

- AMS-Sport (Wenhold, Elbe, & Beckmann, 2009a)
- SOQ (Wenhold, Elbe, & Beckmann, 2009b)
- HOSP (Beckmann & Wenhold, 2009)
- VKS (Wenhold, Elbe, & Beckmann, 2009c)
- WAI-T (Brand, Ehrlenspiel, & Graf, 2009)
- PCQ (Gardner & Moore, 2006)

Tab. 1: Fragebogen-Profilübersicht als Grundlage für die Bundestrainerin

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	⊕ ⊕						

Gerade die Diagnostik hat sich wieder als sehr guter Einstieg für die Arbeit bewährt, bietet sie doch einen ersten und sehr gehaltvollen Anlass, mit den Athletinnen und Athleten ins Gespräch zu kommen und anhand der sportpsychologischen Profile erste Leistungsreserven ausfindig zu machen und sie zu erschließen.

Dazu dienten außerdem Wettkampfbeobachtungen, die Anhaltspunkte für sportpsychologische Optimierungen lieferten.

Auf dem Eingangsgespräch zur Diagnostik fußen dann immer wieder Einzelgespräche, in denen teilweise an den Ausgangsthemen weitergearbeitet, aber natürlich auch neu aufgetauchte Aspekte und Situationen behandelt werden. Typisch für den Nachwuchsbereich sind dabei immer wieder Themen, die z. B. Schule und Ausbildung, die Entscheidung für einen Beruf, die Ablösung von den Eltern oder Ähnliches betreffen.

Einige Themen wurden den Athletinnen bzw. Athleten in Workshop-Form dargeboten. Diese Workshops werden inzwischen durch ein sportpsychologisches Handbuch ergänzt, in welchem die entsprechenden Inhalte jeweils individuell ausgearbeitet und auch gemeinsam mit den Trainerinnen und Trainern genutzt werden können. Dazu gehört als ein grundlegender Bereich auch die Psychoregulation. Übungen zu Entspannungs- und Aktivierungstechniken sind kontinuierlich im Programm. Wie auch im Seniorenbereich erweist sich die Arbeit mit den Coaches als sehr effektiv. Auch hier greifen wir immer wieder sowohl auf die Ergebnisse der sportpsychologischen Diagnostik als auch auf Beobachtungen im Training und im Wettkampf zurück, um die Einflussmöglichkeiten der Trainerinnen und Trainer zu erweitern.

Im Rahmen des Lehrgangs im Oktober 2013 konnte auch eine Fortbildung für die Heimtrainerinnen bzw. -trainer zur Einführung in sportpsychologische Themen durchgeführt werden, so dass auch auf dieser Ebene ein Verständnis für sportpsychologische Belange angebahnt wurde.

In Vorbereitung des Saisonhöhepunktes im Juniorenbereich, der Jugend-WM in Puerto-Rico, führten wir außerdem teambildende Maßnahmen durch, die sehr gut aufgenommen wurden.

### 3 Verlauf und Ergebnisse

Es wurden im Berichtszeitraum 2013/14 10 C-Kader und 14 D/C-Kader betreut.

Aufbauend auf der Arbeit in der Nationalmannschaft Schwimmen des DBS konnte für den Nachwuchs bereits auf viele Erfahrungen zurückgegriffen werden.

So kombinierten wir auch in diesem Bereich die individuelle Betreuung am jeweiligen Stützpunkt (Berlin, Leipzig, Leverkusen) und auf den Lehrgängen der Nationalmannschaft. Die Stützpunktarbeit bezieht sich sowohl auf Kleingruppen-Settings als auch auf die individuelle Betreuung einzelner Schwimmerinnen und Schwimmer und auch auf Coach-the-Coach-Maßnahmen für die Stützpunkttrainerinnen und -trainer, welche dieses regelmäßige Angebot gern annehmen.

Die Beratung der Trainerinnen und Trainer, die Teamentwicklung für den Saisonhöhepunkt, die themenbezogene Vermittlung von Fertigkeiten während der Lehrgänge sowie die Wettkampfbeobachtung und -betreuung waren, wie bereits dargestellt, Bestandteile des Projektes.

Zu den IWAS World Junior Games in Puerto Rico 2013 wurden acht Nachwuchsschwimmerinnen und -schwimmer entsandt. Zwar sind die Platzierungen aufgrund der sehr heterogenen bzw. kleinen Konkurrenz schwer einzuordnen. Dennoch waren der Wettkampf und die Gesamtveranstaltung für unsere Schwimmerinnen und Schwimmer ein großes Erlebnis, aus dem sie an Erfahrungen gestärkt hervorgingen. Außer den vierzehn Gold-, elf Silber- und 5 Bronzemedailles wurden insgesamt achtzehn Bestzeiten verzeichnet, die für sich sprechen.

Eine der jungen Athletinnen, Emely Telle, schaffte bereits in 2013 die Qualifikation für die Weltmeisterschaft in Montréal und errang dort eine Silbermedaille. Hier machte sich besonders deutlich die sportpsychologische Vorarbeit bezahlt, denn vor Ort konnten wir bereits auf ein gewachsenes Vertrauensverhältnis aufbauen und die Wettkampfsituation im Team sehr gut kontrollieren.



Abb. 1: Emely Telle und Anke Delow



Abb. 2: Emely Telle im Schwimmstadion von Montréal

Bei der Europameisterschaft 2014 gelang dann sieben der Schwimmerinnen bzw. Schwimmer aus dem Nachwuchsprojekt die Qualifikation. Ihre Ergebnisausbeute wies drei Silber- und eine Bronzemedaille aus.

Der frühere Einstieg in sportpsychologische Themen ergab vielfältige positive Effekte. Der Übergang zu den Senioren, erfahrungsgemäß eine Hochrisikophase der leistungssportlichen Karriere, konnte sportpsychologisch vorbereitet und begleitet werden. Hoffnungsvolle Talente erlernten bereits früh

Techniken zur Kontrolle der Wettkampfsituation und haben dann mehr Zeit, auch in diesem Bereich ein hohes Niveau zu erreichen. Sportpsychologie bekommt einen selbstverständlichen Status und steht in ihrer Methodenvielfalt für ein breites Themenspektrum zur Verfügung.

Die Integration unserer Projektgruppe in die Nationalmannschaft jedenfalls ist in vollem Gange und verspricht für die Zukunft weitere Fortschritte. Die Sportpsychologie wird ihren Teil dazu beitragen.

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

## 4 Fazit und Ausblick

Die Einbeziehung der Nachwuchsnationalmannschaft in die sportpsychologische Betreuung der Abteilung Schwimmen im DBS hat sich als sehr sinnvoll erwiesen. Gerade im Behindertensport, wo die Weichenstellungen der Leistungssportkarriere im Jugendbereich z. T. noch komplexer ablaufen als in den olympischen Sportarten, ist es ratsam, den Athletinnen und Athleten mit der ganzen Bandbreite an Begleitung und Unterstützung zur Seite zu stehen. Ausbildungswege und Schullaufbahnen müssen viele Rahmenbedingungen erfüllen. Körperliche und soziale Entwicklungen der Pubertät nehmen je nach Art der körperlichen Einschränkung verschiedene Verläufe und kosten in ihrer Bewältigung Kraft. Wir haben es als sehr produktiv empfunden, als Sportpsychologinnen in diesen Prozessen helfen zu können.

Inwieweit dies auch für die jeweils nachwachsenden Kohorten möglich sein wird, bleibt abzuwarten. Die Nachwuchsnationalmannschaft auf Verbandsebene in die sportpsychologische Betreuung einzubeziehen, hat sich für uns eindeutig bewährt. Aus fachlicher Sicht werden wir es weiter anstreben, wissen aber auch um die materiellen Zwänge. Die finanzielle Absicherung dieses Teilbereiches ist und bleibt eine Herausforderung. Um so dankbarer sind wir für die Förderung des Projektes, die den beschriebenen „Testlauf“ in dieser Form erst möglich gemacht hat.

## 5 Literatur

- Beckmann, J. & Wenhold, F. (2009). *Handlungsorientierung im Sport (HOSP), Manual*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Brand, R., Ehrlenspiel, F. & Graf, K. (2009). *Wettkampf-Angst-Inventar (WAI). Manual zur komprehensiven Eingangsdiagnostik von Wettkampfangst, Wettkampffähigkeit und Angstbewältigungsmodus im Sport* (Auflage). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Eberspächer, H. (1990). *Mentales Training. Ein Handbuch für Trainer und Sportler* (5. Auflage). München: Copress 2001.
- Gardner, F. L. & Moore, Z. E. (2006). *Clinical sport psychology* (Auflage). Champaign, IL: Human Kinetics.
- 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.
- Wenhold, F., Elbe, A.-M. & Beckmann, J. (2009a). *Fragebogen zum Leistungsmotiv im Sport (AMS-Sport), Manual*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Wenhold, F., Elbe, A.-M. & Beckmann, J. (2009b). *Leistungsorientierung im Sport (SOQ), Manual*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Wenhold, F., Elbe, A.-M. & Beckmann, J. (2009c). Testgütekriterien des Fragebogens VKS zur Erfassung volitionaler Komponenten im Sport. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 16, 91-103.



# NextTrain 2014 (Deutscher-Hockey-Bund)

(AZ 071606/13)

Wolfgang Klöckner<sup>1</sup> (Projektleiter) & Filip Mess<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd

## 1 Ausgangslage

NextTrain 2014 ist ein bereits im zweiten Jahr gefördertes Betreuungsprojekt des Bundesinstituts für Sportwissenschaft und im Oktober 2012 in Gestalt eines „Steuerungsteams“ gestartet. Feste Projektmitglieder sind bis heute (2014-14-15) die Hauptverantwortlichen im Leistungssport des DHB: die vier hauptamtlichen Bundestrainer (beide A- und beide U 21 Trainer der männlichen und weiblichen Linien), der Direktor Leistungssport (Vorstand) und der Direktor Wissenschaft und Bildung (Vorstand). Ziel des Projektes „NextTrain“ ist es, in einem bis zum heutigen Zeitpunkt im DOSB sehr erfolgreichen Sportspielverband (gerade haben sich beide A-Teams wieder für Olympia 2016 qualifiziert) der Frage nachzugehen, in wie weit das bestehende und praktizierte Leistungs- und Organisationsverständnis auf unbekannte Stellgrößen einer „Next Society“ ausgerichtet werden kann.

Dem nähert es sich mit einem systemischen Beratungsverständnis, indem es die Differenz von aktuell Gegebenen und aufgrund dieser Gegebenheit Möglichem zur Erfassung der Problemkomplexität in Organisationen nutzt und pragmatische Fragen entlang der zeitlichen, sachlichen und sozialen Sinn-dimensionen an die Organisation und ihre Akteure stellt (Wimmer et al., 2014). Auf der operativen Beratungsebene verbinden sich diese (nur künstlich getrennten) Sinndimensionen als eine Durchmischung personal- und organisationsentwickelnder Beratungs- und Coaching-Prozesse, deren konkrete Inhalte im Folgenden skizziert werden.

Als Ausweitung der Projektidee „Next“ im Sinne einer zukunftsorientierten Entwicklung von „DHB-Bundestrainern“ ist 2014 im Auftrag des Steuerungsteams ein weiteres DHB-internes Projekt „NextCoach“ (2014-15) entstanden, an dem zehn ausgewählte Nachwuchsbundestrainer (alle U 16 und U 18 beider Linien), sowie Co-Trainer der beiden A-Nationalmannschaften teilnehmen. Neben systemisch relevanten Wissensangeboten (in sieben Workshops 2014-15) erproben die Teilnehmenden das ihnen bisher unbekannte „Tool Projektarbeit“, in dem sie über die anderthalb Jahre eigenständig und zunehmend vernetzt für den DHB als relevant identifizierte Themen unter der Zuhilfenahme von Mentoren bearbeiten. Neben der Projektleitung wird NextCoach durch den Direktor Wissenschaft und Bildung und den U 21 Bundestrainer männlich als Vertreter des „Auftraggebers Steuerungsteam“ begleitet.

## 2 Fortführung und Erweiterung der Prozesse von 2013

### 2.1 Organisationsentwickelnde Prozesse

Entlang einer im Steuerungsteam entwickelten Strategie, alle relevanten organisationalen Entwicklungen und Prozesse auf den Leistungssport und hier auf die Optimierung der Rahmenbedingungen für die Erfolge der beiden A-Teams auszurichten, wurden in beiden Linien noch klarere Führungsstrukturen gezogen.

Als zentrale Schnittstelle zwischen A-Trainer und den Honorartrainern der beiden Linien fungiert der jeweilige hauptamtliche U- 21 Bundestrainer. Er „reportet“ dem A-Trainer und setzt dessen Führungsvorgaben, begleitet von im Steuerungsteam erarbeiteten Zielen und Vorgaben, „eigenverantwortlich“ in die U-16 und U-18 Mannschaften um.

Zudem ist er – eng abgestimmt mit dem A-Trainer – gegenüber der Geschäftsstelle und dem Direktor Leistungssport Ansprechpartner für die Planung der wichtigsten Maßnahmen bis hin zur Zusammenstellung der jeweiligen Staffs.

Als ein konkreter Umsetzungsschritt der gewünschten Vernetzung entstand in Verbindung mit den Projektthemen aus „NextCoach“ der Ansatz innerhalb und sogar zwischen den beiden Linien eine Form von „Wissensmanagement“ zu kreieren (Willke, 2011). Dies erschien sinnvoll, da immer deutlicher werdende kommunikative Schwachpunkte zwischen der Vorstandsebene, den leistungssportlich Verantwortlichen und innerhalb der Linien zu erheblichen Abstimmungsproblemen und Irritationen in der leistungssportlichen Führung führten.

Dieses Wissensmanagement wird derzeit – ausgehend vom Steuerungsteam – auf alle Staff-Funktionen erweitert (Medizin und Physiotherapie/Athletik/Leistungsdiagnostik und ansatzweise auch auf die Sportpsychologie), indem eine jeweilige Funktion (meist aus dem Staff der A-Teams) die Verantwortung für die Abstimmung in ihrem Bereich durchgängig für alle U-Mannschaften übernimmt. Es ist angedacht, diese jeweilige „neue“ Funktion zukünftig mit kleinen Zusatzhonoraren zu „entlohnen“. Ebenso fungieren neu implementierte „Transfertrainer“ jeweils in der männlichen und weiblichen Linie, die einen relevanten Wissens“transfer“ (Technik-Taktik-Trainingsprozesse-Technologien) zwischen den U-Mannschaften einer Linie herstellen und in enger Kooperation mit dem jeweiligen U 21 BT wichtige Abgleiche (Anpassungen) vornehmen (auch hier sportartspezifisch qualitativ „steuern“).

Das „Steuerungsteam-Leistungssport“ hat sich in seinem Selbstverständnis und seiner Funktionsfähigkeit innerhalb der zwei Jahre seiner Existenz im DHB „als eine frei schwebende Einheit“ etabliert, ohne sich in einen klar definierten organisationalen Bezug zu stellen/stellen zu lassen.

Entstanden als Projektteam ist es mittlerweile zu einer „virtuellen Institution“ im DHB-Leistungssport geworden, die in keinem Organigramm des DHB auftaucht, zugleich repräsentiert durch die Funktionen seiner Mitglieder informell auf den gesamten Leistungssport des DHB maßgeblichen Einfluss nimmt.

Mit diesem „Selbstverständnis“ identifiziert es eigenständig notwendige Anpassungsleistungen an Entwicklungen und Anforderungen (vor allem) des internationalen Hockeys („Hockey Five“/Regeländerungen) und versucht schnelle Umsetzungen in relevanten Teilen der DHB Organisation anzuregen. Dies in einer Verbandsorganisation, deren bisherige Entscheidungsfindungen hierarchisch strukturiert und mit den gegebenen Kommunikationsprozessen basierend auf Informations- und Verständnisdefiziten der höheren Ebenen (Präsidium als politisch verantwortliche Entscheider) und aus Sicht des Leistungssports kaum akzeptablen Verlangsamungen produzieren.

Aufgrund seiner gewollt fehlenden „organisationalen Eingebundenheit“ nahmen Präsidium und Vorstand – trotz einer gemeinsamen Schnittstelle zweier Vorstandsmitglieder im Steuerungsteam – formal keine „Kenntnis“ von der Existenz des Steuerungsteams. Die Lücke zwischen im Steuerungsteam angeregten und ohne definierte Prozesse nicht zuordnungsbaaren Entscheidungen der „Hierarchie“ führte immer erkennbarer zu Spannungen in der Organisation des DHB.

Hier ein unter hohem Anpassungsdruck stehender Leistungssport, der rechtzeitig und adäquat auf Anforderungen seiner weltweiten Konkurrenz (re)agieren muss, um den existentiellen Code „Erfolg“ zu bedienen. Andererseits eine Entscheidungshierarchie, welche diesen „Druck“ als sich stetig wiederholend/eskalierend wahrnimmt und zunehmend skeptischer/vorurteilsvoller reagiert (Thiel, 1997).

Vor dem Hintergrund der Stellgröße wachsende „Komplexität“ werden diese organisationalen (auch personalen) Spannungen für beide Seiten zunehmend belastender, indem die Binnenkomplexität des Verbandes den extern dynamisch steigenden Anforderungen nicht mehr entsprechen kann. Um seitens des Steuerungsteams als notwendig angesehene organisationale Veränderungsschritte kommunikativ anzuregen, wurden in den ersten Monaten des Jahres 2015 sogenannte „Dialog-Foren“ (jetzt im Juli findet das dritte statt) angeboten, bei denen Präsidiumsmitglieder zu Workshops des Steuerungsteams eingeladen werden und ein offener Informationsaustausch initiiert wird.

## 2.2 Personalentwickelnde Prozesse

Dem systemischen Grundverständnis folgend, dass organisationale Veränderungen ihre strukturell gekoppelten Akteure zu entsprechenden Anpassungsleistungen fordern, begegnet NextTrain pragmatisch mit verschiedenen Impulsen zur Personalentwicklung.

Aus dem eigenen Erleben heraus formuliert und als einer der wesentlichen emotionalen „Treiber“ für die Gründung des Steuerungsteams identifiziert, fand bis 2012 zwischen den im Leistungssport des DHB Verantwortlichen nur eine rudimentäre und ungeordnete Kommunikation statt. Obwohl der Leistungssport die größten Planungs- und Finanzvolumina des DHB umfasst, gab (und gibt) es zwischen den Bundestrainern, dem Vorstand und Präsidium keine definierten Prozesse (als organisationale Grundlage für Entscheidungsfindungen und deren Umsetzungen) und eine als „unklar erlebte“ Regelkommunikation (Wimmer et al., 2009).

Ein erster Projektschritt war deshalb 2013 die Etablierung von regelmäßigen und schnell einzuberufenden Telefonkonferenzen mit allen Steuerungsteam-Mitgliedern, in denen der dringend benötigte Informationsaustausch und auch wichtige Entscheidungen zwischen zwei Workshops – jährlich finden insgesamt vier Workshops statt – bearbeitet werden können. Im zweiten Jahr des Projektes (2014) trugen jeweils zwei Mitglieder des Steuerungsteams die Verantwortung für die Vorbereitung des anstehenden Workshops und aller einzuberufenden Telefonkonferenzen.

Zwischen den beiden Vorstandmitgliedern (Direktor Leistungssport und Direktor Bildung-Wissenschaft) – selbst ehemalige U 21 Bundestrainer – und den derzeit hauptamtlichen vier Bundestrainern wurden verständliche „Interessenskonflikte“ im Rahmen verbandspolitischer und operativer Themen im Steuerungsteam sichtbar und konstruktiv ausgetragen.

Da externe Führung seitens des Steuerungsteams als fehlend wahrgenommen wurde (und aktuell immer noch wird), entwickelte das Projekt im Sinne einer gezielten Personalentwicklung den Aufbau einer Steuerungsteam-„internen Führungskultur“ mit Werten der Offenheit, Transparenz und konstruktiven Bearbeitung von Konflikten.

Bei jedem der acht Workshops (2013-14) wurde ein halber Tag für die Durchführung einer vertrauensbildenden Feedback-Kultur innerhalb des Steuerungsteams zur Verfügung gestellt. In Form einer „Hot-Chair-Übung“ wurden nacheinander acht vereinbarte Führungsmerkmale – mit konkreten Fragen hinterlegt und den Teilnehmenden vor den Workshops zugeschickt – als Selbst- und Fremdeinschätzung dann offen rückgemeldet, die subjektiv verstandenen Ergebnisse mit einem vorher selbstgewählten Tandempartner anschließend aufgearbeitet und – wenn erwünscht – in Personal Coachings seitens des Projektleiters übergeleitet.

Folgende acht Führungsmerkmale wurden in dem oben beschriebenen Prozedere immer in Bezug auf die jeweilige Funktion rückgemeldet (die angefügten Fragen sollen die „Stoßrichtung“ des jeweiligen Merkmals andeuten):

*I Teamfähigkeit – soziale Intelligenz:* wie differenziert nimmt die Person in ihren Aufgabenbereichen bestimmte Rollen und Verantwortlichkeiten wahr – wie balanciert kann sie im Spektrum konkurrierender und kooperierender Kontexte handeln – wie gut entschlüsselt sie soziale Situationen und kann sich dementsprechend in ihnen verhalten – wie differenziert vermittelt sie zwischen persönlichen und sozialen Interessen in ihren beruflichen Umgebungen?

*II Selbstbewusstsein – Mind Set:* wie „bewusst“ ist sich die Person ihrer selbst, wie differenziert beobachtet sie sich in relevanten Kontexten, welche „Muster“ kann sie identifizieren und in Bezug auf ihre Auswirkungen „selbstkritisch“ beeinflussen, welche Denkstile scheinen im Umgang mit beruflichen Anforderungen bei ihr bestimmend (analytische-intuitive)?

*III Out-of-the-Box-Denken – Zukunftsorientierung:* wie offen für „veränderte“ Prozesse und „andere“ Denkanstöße ist die Person, wie flexibel und „kreativ“ balanciert sie zwischen „Anpassung“ und „Veränderung“, wie ist ihre Fähigkeit ausgeprägt, „innovative Impulse“ in berufliche Kontexte einzubringen, wie kann sie sich auf unvorhergesehene Ereignisse einstellen?

*IV Spieler/Spielerinnen entwickeln – Wertschöpfung aus „Sozialem Kapital“:* mit welchen „Menschen-Bildern“ arbeitet die Person, wie entwickelt sie Personen aus und in ihrem (un-)mittelbaren Umfeld, wie kann sie mit alters- und geschlechtsspezifischen Unterschieden/Mustern umgehen, wie „nachhaltig“ investiert sie in die Karriere Anvertrauter, mit welcher Tragfähigkeit und Perspektive, wie „produktiv“ erleben die relevanten Personen ihre eigene Entwicklung?

*V Führungsstil/-kultur:* wie setzt die Person ihre „Persönlichkeit“ in Führung um (Führungsstil), wie vermittelt sie Orientierung, wie erfolgreich verbindet sie Ziele und mögliche Ergebnisse, welche Werte leiten ihr Handeln und wie glaubhaft finden sich diese in ihren beruflichen Kontexten wieder, wie kongruent sind kommunizierte und gelebte Werte als Basis gemeinsamer Handlungen?

*VI Kommunikation:* wie „glaubhaft-authentisch“ gestaltet die Person ihre kommunikativen Handlungen, wie differenziert kann sie die „Sachebene“ (Information-Fakten), wie differenziert die „Beziehungsebene“ (Emotionen, Vertrauen) bedienen, wie versteht sie das Zusammenspiel beider Ebenen, wie ausdifferenziert ist ihr Umgang mit Konflikten (Provokation, De-/Eskalation, Lösung), welche „Energien“ kann sie in ihren Umfeldern „aktivieren“?

*VII Belastbarkeit:* welchem „Stresstyp“ ist die Person zuzuordnen (Typ A-B), wie balanciert sie zwischen „Eu- und Dis-Stress“, wie koordiniert sie Belastungen und regenerative Phasen, welche Ausprägungsgrade erreichen ihre physische und psychische Belastbarkeit, wie „kompensiert“ sie unterschiedlich vorhandene „Ressourcen“, wie bewusst und flexibel handhabt sie ihren Umgang mit „Grenzen“?

*VIII Fachkompetenzen:* wie ausgeprägt sind die Kernkompetenzen der Person und in welchem Verhältnis stehen sie zu ihrem Anforderungsprofil, wie realistisch schätzt die Person dieses Verhältnis ein, wie flexibel kann sie ihre fachlichen Kompetenzen an sich verändernde Rahmenbedingungen anpassen, wie ausgeprägt ist ihre Bereitschaft und Fähigkeit, sich „weiter“ zu bilden, wie lernfähig erlebt die Person sich selbst und wie wird sie von ihrer Umwelt wahrgenommen?

Diese Feedbackrunden erfahren im Steuerungsteam bis zum heutigen Zeitpunkt sehr hohe Wertschätzung und haben in spürbarer Weise zu einer deutlich verstärkten Vertrauensbildung in der Zusammenarbeit aller beigetragen. Ebenso nutzen Mitglieder des Steuerungsteams das Angebot des persönlichen Coachings im Anschluss an erfahrene und erlebte Rückmeldungen durchaus offensiv (Storch & Krause, 2003).

Auch Neubesetzungen von Bundestrainerstellen werden in Vorgesprächen entlang dieser Merkmale geführt und die getroffene Vorauswahl dann im Steuerungsteam entschieden.

Die hier nur skizzierten Maßnahmen der Personalentwicklung hatten in der alltäglichen Projektbegleitung ein deutlich umfassenderes und aufwendigeres Volumen. Alleine die Tatsache, dass ehemalige Bundestrainer in neue Funktionen mit deutlich unterschiedlichen Anforderungsprofilen innerhalb des Vorstandes „berufen“ wurden, ohne „passende“ Auswahlkriterien und ohne managerielle Kompetenzen in ihrem Profil aufzuweisen, erfordert ein ausgedehntes Spektrum von „Coaching on the Job“ und verweist nebenbei auf Hintergründe, warum der „Verschleiß“ auf hauptamtlichen Stellen in Sportverbänden als sehr hoch wahrgenommen wird.

### 3 Abschließende Gedanken und Perspektiven

Ursprünglich beim BISp als anwendungsorientiertes Anschlussprojekt (Cachay/Borgrefe, 2013) beantragt, in dem primär die Coachingfähigkeit der Trainer in konkreten Trainings- und Wettkampfprozessen weiter entwickelt werden sollte, hat sich der Projektrahmen in eine deutlich umfassendere Personal- und Organisationsentwicklung des DHB-Leistungssports ausgedehnt. Die in dieser Organisationsberatung wissenschaftliche Hinterlegung im Sinne „Systemischer“ Beobachtungen und Interventionen bezieht sich auf die Komplexität von ineinandergreifenden und rückbezüglichen Prozessen, hier in einer Sportorganisation (Wimmer et al., 2009; Willke, 2011). Damit verpflichten sich die oberflächlich als Beratungs- und Entwicklungsansätze gekennzeichneten Interventionen durchaus einem wissenschaftlich geleiteten „Steuerungsanliegen“ (Thiel, 1997), sind allerdings deutlich außerhalb des herkömmlich „empirischen“ Wissenschaftsverständnisses vieler Forschungsansätze angesiedelt.

Neben dem schon naiv deutlich erkennbaren und umfassend bekannten Faktum, dass Sportverbände – hier der DHB – in ihren Strukturen und darum gebildeten Organisationen eine Überfälligkeit von Veränderungsnotwendigkeiten aufweisen, bedarf es neuer Schnittstellen anwendungsorientierter Beratung.

In Funktion eines „Practicing Theoretician“ bemüht sich der Projektleiter und Verfasser seit gut zweieinhalb Jahren eine Brücke zwischen den Codes und Paradigmen sozialwissenschaftlicher Forschung und vielschichtigen Beratungsnotwendigkeiten in einem Sportverband zu bilden (Klößner, 2013).

Scheinbar fällt es der sportwissenschaftlichen „Scientific Community“ – hier angesiedelt beim BISp-schwer, das tradierte Dilemma eines Theorie-Praxis-Grabens mit „anderen Ansätzen“ anzugehen, zugleich weisen immer stärkere Überforderungen im organisierten Sport des DOSB (personell und organisational) zunehmend deutlicher auf weiterführende Beobachtungs- und Interventionsansätze hin.

Dem stellen sich aktuell die hier beschriebenen Projekte, denn mit Auslaufen der Förderung seitens des BISp Ende 2014 haben sich das Steuerungsteam und der DHB entschieden, beide Projekte (NextTrain und NextCoach) eigenständig weiter zu finanzieren, dies bereits mit Perspektive auf 2016.

Es darf abschließend an dieser Stelle angeregt werden, sich in der wissenschaftlichen Förderung (BISp) für derartige „Überbrückungsansätze“ weiter zu öffnen und im Sinne systemischer Prozessbeobachtungen und Interventionen Sportverbänden sinnvolle Hilfestellungen zukommen zu lassen (Weick, 1995).

## 4 Literatur

- Backhausen, W. & Thommen, J.-P. (2003). *Coaching. Durch systemisches Denken zu innovativer Personalentwicklung*. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Cachay, K. & Borgrefe, C. (2013). *Jetzt muss er das nur noch in die Köpfe der Spieler bringen. Kommunikative Anforderungen an Trainer im Spitzensport*. 4. BISp-Symposium: Theorie trifft Praxis, 29.-30. April 2013, Brühl.
- Klößner, W. (2012). „Denn wir wissen nicht, was wir tun“. Zeiten der Umbrüche suchen auch im Leistungssport andere Wege. Ein Erfahrungsbericht. *Leistungssport*, 3, S. 5-8.
- Klößner, W. (2013). *NextTrain 2013: wohin erweitern sich die Kompetenzprofile von Trainern, wenn sie sich als Umwelten ihrer Mannschaften verstehen (lernen)? Von der Rationalität zur Intelligenz. Beobachtungen eines „Practicing Theoretician“*. 4. BISp-Symposium: Theorie trifft Praxis, 29.-30. April 2013, Brühl.
- Storch, M. & Krause, F. (2003). *Selbstmanagement-ressourcenorientiert*. Bern: Hans Huber Verlag.
- Thiel, A. (1997). *Steuerung im organisierten Sport. Ansätze und Perspektiven. Sozialwissenschaften des Sports 4*. Stuttgart: Stephanie Naglschmid Verlag .
- Weick, Karl E. (1995). *Making Sense of the Organization*. Oxford: Blackwell Business Verlag.
- Willke, H. (2011). *Einführung in das systemische Wissensmanagement*. Heidelberg: Carl-Auer-Verlag.
- Wimmer, R., Meissner, J. & Wolf, P. (2009). *Praktische Organisationswissenschaft*. Heidelberg: Carl-Auer-Verlag.
- Wimmer, R., Glatzel, K. & Lieckweg, T. (2014). *Beratung im Dritten Modus. Die Kunst, Komplexität zu nutzen*. Heidelberg: Carl-Auer-Verlag.

# Sportpsychologische Betreuung der deutschen Dressurreiter mit Handicap bei den Weltreiterspielen 2014

(AZ 071614/14)

*Bernd Strauß (Projektleiter) & Kathrin Staufenbiel*

Universität Münster, Institut für Sportwissenschaft, Arbeitsbereich Sportpsychologie

## 1 Problem

Die fortschreitende Professionalisierung im Dressurreiten mit Handicap (Para-Equestrian) macht auch in der sportpsychologischen Betreuung nicht Halt. Im Rahmen der Paralympischen Spiele 2012 wurden die deutschen Reiterinnen und Reiter erstmals umfassend sportpsychologisch betreut. Das damalige Betreuungsprojekt beinhaltete vier Vorbereitungs- und einen Nachbereitungstermin und wurde vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft finanziell gefördert (AZ 071609/12). Das Reitteam kehrte äußerst erfolgreich von den Paralympics 2012 zurück. Die erbrachten Leistungen waren das Ergebnis langjähriger Trainings und einer intensiven Vorbereitung auf die Paralympischen Spiele in London. In dieser Vorbereitung war die sportpsychologische Betreuung ein wichtiger Bestandteil. Dies zeigte sich auch in der Evaluation des Betreuungsprojekts. Insgesamt wurde im Evaluationsfragebogen eine sehr hohe Zufriedenheit mit dem Betreuungsprojekt angegeben. Das Reitteam sowie die Mitglieder des Trainerstabs gaben darüber hinaus an, dass sie es für wichtig erachten, dass es auch in Zukunft sportpsychologische Betreuungsangebote geben wird.

Auf diese Erfahrungen aufbauend sollte die sportpsychologische Betreuung im Rahmen der Weltreiterspiele (WEG) 2014 in Caen weiter entwickelt und erneut durch den Arbeitsbereich für Sportpsychologie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster (Lehrstuhl: Prof. Dr. Bernd Strauß) wissenschaftlich begleitet werden. Hierbei sollte ein Fokus auf die Teamentwicklung gelegt werden, erstmals auch unter Einbeziehung der Grooms (Pferdepflegerinnen bzw. -pfleger), die im Reitsport mit Handicap eine besondere Rolle einnehmen. Diese systematische Weiterentwicklung der sportpsychologischen Betreuung konnte durch die finanzielle Unterstützung des Bundesinstituts für Sportwissenschaft realisiert werden. Um eine nahe Anbindung zwischen Theorie und Praxis zu gewährleisten, kooperierte der Arbeitsbereich Sportpsychologie mit Dr. Gaby Bußmann, psychologische Psychotherapeutin und praktizierende Sportpsychologin am Olympiastützpunkt Westfalen. Seit 2003 ist Dr. Bußmann bereits als Sportpsychologin im Reitsport tätig, seit 2010 unterstützt sie auch die Dressurreiterinnen und -reiter mit Handicap.

## 2 Methode

Neben der bereits bestehenden Erfahrung und der Evaluation des Betreuungsprojekts 2012 fußte dieses wissenschaftliche Betreuungsprojekt auf einer Erwartungsabfrage, welche im Vorfeld im Reiter- und Trainerteam durchgeführt wurde. Bei einer Abfrage per E-Mail wurden neben individuellen Themen mehrfach Teamentwicklung und Kommunikation als wichtige Inhalte für die sportpsychologische Betreuung genannt.

Das wissenschaftliche Betreuungsprojekt bestand aus drei thematischen Hauptschwerpunkten. Zum einen wurden individuelle (sportpsychologische) Strategien für die Reiterinnen und Reiter erarbeitet. Dabei wurden in den Einzelgesprächen jeweils die sportpsychologischen Themen vertieft, die für die jeweilige Person im Vordergrund standen (z. B. Vorstellungstraining oder Konzentrationsfähigkeit).

Der zweite Schwerpunkt bezog sich auf die Ressourcen der Reiterinnen und Reiter. Hierbei wurde auch das System in die Beratung einbezogen, neben dem Trainerstab auch erstmalig die Grooms. Als drittes wurde ein Schwerpunkt auf Teamentwicklung und Kommunikation gelegt. Dies wurde im Vorfeld des Projekts ausdrücklich von den Reiterinnen und Reitern gewünscht. Das Team formierte sich für die Weltreiterspiele neu und eine gute Kommunikation untereinander sollte den Austausch von Erfahrungen und Informationen fördern. Als besondere Eigenart im Reitsport wurde das Team auch auf die Interaktion mit den Pferden erweitert (Bußmann, 2012).

Insgesamt war das Betreuungsprojekt in drei Vorbereitungstermine und einen Nachbereitungstermin der Weltreiterspiele unterteilt. Darüber hinaus war Dr. Gaby Bußmann bei den Weltreiterspielen in Caen vor Ort und neben anderen Disziplinen auch für das Reitteam mit Handicap im Einsatz. Dies wurde über ein DOSB Projekt finanziert (DOSB Projekt Sportpsychologie Reiten).

Der erste Vorbereitungstermin fand im Juni während der Deutschen Meisterschaften in Werder/Havel statt. Bei diesem ersten Termin wurde jedem Kadermitglied (insgesamt sechs Reiterinnen und ein Reiter) ein Einzelgespräch angeboten. Aus mehreren Berichten zu BISP-Betreuungsprojekten in paralympischen Disziplinen geht hervor, dass ein hohes Maß an individuellem Coaching erforderlich ist, da besonders im Leistungssport mit Handicap hohe Anforderungen an die Selbstständigkeit und das Selbstmanagement der Sportlerinnen und Sportler gestellt werden (Brand, Delow & Steven, 2011; Engbert, Werts & Beckmann, 2011). Aus diesem Grund wurden an jedem Termin individuelle Sitzungen durchgeführt. Im ersten Einzelgespräch wurde besprochen, was der aktuelle Stand ist und welche sportpsychologischen Themen im Vorfeld der Weltreiterspiele thematisiert werden sollten. Der Erstgesprächsleitfaden für sportpsychologische Betreuung und Beratung (Kraus, Engbert, Dollinger, Heiss, & Brand, 2012) diente dabei als Orientierung. Zudem wurde eine Sitzung zur Unterstützung des Trainerteams durchgeführt (Coach the Coach) und die Prüfungen wurden beobachtet, um auf diese Weise zu weiteren Erkenntnissen für die Betreuungsarbeit zu gelangen. Die Deutschen Meisterschaften stellen eine Stresssituation dar, ähnlich wie die Weltreiterspiele. Daher können gerade bei der Beobachtung der Abläufe rund um die Prüfungen entscheidende Informationen für die Betreuung gewonnen werden.

Der zweite Vorbereitungstermin wurde im Juli bei einem Kaderlehrgang in Münster durchgeführt. Auch hier gab es die Möglichkeit für ein individuelles Einzelgespräch. Daran konnten auch die jeweiligen Grooms teilnehmen, um auf diese Weise die Zusammenarbeit zwischen Reiterin/Reiter und Groom weiter zu stärken. In diesen Sitzungen wurden für jeden Reiter und jede Reiterin individuelle Strategien erarbeitet. Ziel hierbei war, dass die erarbeiteten Strategien bei dem Stress und der Nervosität im Zuge eines großen Turniers für Orientierung sorgen. Eine dieser Strategien war beispielsweise: „Zur Vorbereitung durchlaufe ich vor meinem inneren Auge in Turnierkleidung mein Drehbuch in der realen Zeit des Rittes. Ich stelle mir genau vor, was ich tun will und wie ich die passenden Hilfen gebe“. Neben den Einzelsitzungen wurde an diesem Termin auch eine Mannschaftssitzung mit den Reiterinnen und Reitern durchgeführt, bei dem das Thema Kommunikation und einige Kommunikationsübungen (Sullivan, 1993; Weinberg & Gould, 2011) im Mittelpunkt standen. Besonders im Sport mit Handicap sind Teams von einer hohen Heterogenität geprägt (Werts, Delow, Steven, Hlawan & Engbert, 2012). Auch das deutsche Team der Dressreiter weist große Unterschiede im Alter, in der Erfahrung, Profession und im Schweregrad des Handicaps auf. Dadurch kann es schnell zu Missverständnissen kommen, denen Sitzungen zur Förderung der Kommunikation entgegen wirken können. Zum Abschluss erarbeitete die Gruppe gemeinsam Teamregeln. Im Team erarbeitete Regeln haben sich in vielen Sportarten als besonders effektive Methode der Teamentwicklung erwiesen (Linz, 2009). Eine dieser Regeln ist: „Wir akzeptieren uns in unserer Verschiedenheit. Wir akzeptieren die Abläufe und Bedürfnisse anderer und erlauben Raum für Rückzug.“

Schwerpunkt des Betreuungsprojekts lag auf der unmittelbaren Vor- und Nachbereitung der Weltreiterspiele (August und September). Der dritte Vorbereitungstermin fand vor der Abreise zu den Weltreiterspielen in Langenfeld statt. In den Einzelgesprächen wurde viel Wert auf ein positives Briefing gelegt und die erarbeiteten Strategien wurden durchgegangen. Die Reiterinnen und Reiter erhielten eine laminierte Version ihrer individuellen Strategien, welche zudem das eigene Ziel und die Ressourcen vor Augen führten. Gerade in schwierigen Situationen ist die Besinnung auf die eigenen Ressourcen und Stärken eine wichtige Grundlage, um erfolgreich zu sein (Engbert, 2011). Neben den individuellen Coachings stand bei diesem Termin die Unterstützung des „Teams behind the Team“, insbesondere der Grooms im Vordergrund. Im Sport mit Handicap sind die Athletinnen und Athleten – stärker als im Sport ohne Handicap – einigen unkontrollierbaren oder zumindest schwer kontrollierbaren Faktoren (z. B. Krämpfen) ausgesetzt (Brand, Delow & Steven, 2011). Hinzu kommt im Reitsport die Abhängigkeit vom eigenen Pferd. Um einen Wettkampf erfolgreich zu meistern, sind die Reiter und Reiterinnen mit Handicap daher auch auf ein professionelles und gut funktionierendes Umfeld angewiesen, welches somit eine wichtige Ressource und Unterstützung darstellt. Neben dem Trainerstab spielen dabei die Grooms eine entscheidende Rolle. Die Grooms regeln häufig viele Abläufe insbesondere kurz vor Wettkämpfen, kümmern sich um Reiterin/Reiter und Pferd, um eine reibungslose Prüfung zu gewährleisten. Diese Aufgaben erfordern ein hohes Maß an Zeitmanagement, Kommunikationsfähigkeit und Selbstregulation. Im besten Fall kann sich ein Groom selbst regulieren und auf die erforderlichen Schritte zur optimalen Vorbereitung von Reiterin bzw. Reiter und Pferd fokussieren. Um dies zu fördern, wurden die Grooms in die sportpsychologische Betreuung einbezogen und die Möglichkeiten der systemischen Beratung für diesen Bereich genutzt (Liesenfeld & Beckmann-Waldenmayer, 2012). Dabei wurde auch ein Austausch unter den Grooms angeregt und nach Wegen gesucht, wie sie sich gegenseitig unterstützen können. Danach wurden in einer Sitzung mit dem gesamten Team die Mannschaftsregeln unterzeichnet und eine Auseinandersetzung mit Medien und Presse angeregt. Hierbei standen die Fragestellungen „Was sind unsere Botschaften? Wie wollen wir diese vermitteln?“ im Vordergrund. Zudem verbrachte das Gesamtteam bei dem dritten Vorbereitungstermin ein paar Stunden fernab der Ställe, im Schokoladenmuseum Köln, treu dem Teammotto „Normandie – so schön wie nie“. Da im Sport mit Handicap viele gebräuchliche Maßnahmen zur Teamentwicklung durch die sehr unterschiedlichen Belastungsgrade der Athletinnen und Athleten nicht möglich oder zumindest erschwert sind, erwies sich das Schokoladenmuseum als gute Alternative.

Aufgrund der Verletzung eines Pferdes konnte eine Reiterin kurzfristig nicht zu den Weltreiterspielen in die Normandie reisen. Auch die Unterstützung in dieser krisenhaften Situation war Teil der sportpsychologischen Betreuung. Bei den Weltreiterspielen in Caen erfolgte eine Betreuung durch Dr. Gaby Bußmann. Die gute Vorbereitung, die in Caen z. B. durch das Aufhängen der gemeinsam erarbeiteten Teamregeln und der individuellen Strategien in der Stallgasse präsent war, hatte sich dabei bewährt: „In Caen hatten wir ein sehr starkes Zusammengehörigkeitsgefühl im Team, geprägt von gegenseitiger Hilfe, Vertrauen und Aufmerksamkeit. Ich denke, dass viele Situationen im Vorfeld besprochen wurden und man sich immer zurück erinnern und auf die einzelnen Punkte der Gruppenbesprechungen beziehen konnte,“ so resümiert Hanne Brenner, die bei den Weltreiterspielen Gold und Silber erreichen konnte. Das Team kehrte insgesamt zufrieden mit Mannschaftsbronze von den Weltreiterspielen zurück.

Da im Anschluss an die Weltreiterspiele kein Kaderlehrgang stattfand, wurden telefonische Nachbesprechungen mit den Reiterinnen und Reitern geführt, um aus den diesjährigen Weltreiterspielen Lehren zu ziehen. Zudem hatte das Gesamtteam die Möglichkeit, Ideen und Anregungen für zukünftige Turniere in einem Onlinefragebogen zu notieren. Dies wurde ausgewertet und dem Team zur Verfügung gestellt. Um die Nachhaltigkeit des Projekts weiter zu fördern, wurde neben diesem

Abschlussbericht ein Artikel über sportpsychologische Möglichkeiten im Reitsport für die Zeitschrift „Therapeutisches Reiten“ (Ausgabe 2015), dem Kommunikationsorgan des Dachverbandes für Reiten mit Handicap, verfasst. Schlussendlich wurde ein Vortrag über sportpsychologische Möglichkeiten vor dem Beirat Leistungssport des Kuratoriums für therapeutisches Reiten gehalten und darüber gesprochen, wie die sportpsychologische Betreuung in Zukunft aussehen könnte.



Abb. 1: Das erfolgreiche Team mit Mannschaftsbronze bei den Weltreiterspielen 2014

### 3 Ergebnisse

Mit jeweils einer Gold-, Silber- und Bronzemedaille in den Einzelwertungen sowie Bronze in der Mannschaftswertung kehrte das Reitteam mit Handicap erfolgreich von den Weltreiterspielen 2014 zurück. Das Team konnte die hohen Erwartungen, die an es gestellt worden waren, erfüllen. Auch die sportpsychologische Betreuung hatte aus Sicht der Reiterinnen und Reiter an diesem Erfolg einen Anteil.

Insgesamt wurde in dem abschließenden Onlinefragebogen eine sehr hohe Zufriedenheit mit der sportpsychologischen Betreuung angegeben. Die einzige Kritik betraf die zeitliche Planung. Da das Projekt erst sehr spät beginnen konnte, war insbesondere der letzte Vorbereitungstermin stark gefüllt. Hier wäre eine Verteilung auf vier statt drei Vorbereitungstermine sinnvoll gewesen. Positiv bewertet wurde insbesondere die Fokussierung auf die Kommunikation im Team und die Einbeziehung der Grooms in die sportpsychologische Betreuung. Durch die Erarbeitung von Teamregeln, durch den Austausch über mögliche Schwierigkeiten vor Ort und wie dies gelöst werden könnte (gedankliche Vorwegnahme) und die sportpsychologische Förderung des „Teams behind the Team“ (z. B. Grooms) konnten sich die Reiterinnen und Reiter auf das Abrufen der eigenen Leistung fokussieren. Elke Phi-

lipp, die bei den Weltreiterspielen in der Kür Bronze erreichte, kommentierte: „Die sportpsychologische Betreuung brachte mir die Fokussierung auf das Wesentliche und die Stärkung des Teams.“ Auch die Anwesenheit von Gaby Bußmann bei den Weltreiterspielen brachte dem Team Ruhe und Sicherheit.

## 4 Diskussion

Die Ergebnisse der Weltreiterspiele können als Erfolg gewertet werden. Die Ergebnisse zeigen jedoch auch, dass die Weltspitze im Reiten mit Handicap näher zusammen rückt. Für das Team der deutschen Dressurreiterinnen und Dressurreiter mit Handicap bedeutet dies, dass talentierte Nachwuchssportathletinnen und -athleten an die Leistungen der erfahrenen Teammitglieder heran geführt werden müssen. Auf diese Weise können auch kurzfristige Ausfälle leichter verkraftet werden. Darüber hinaus könnten die Paralympics 2016 auch das Karriereende einzelner Athletinnen und Athleten bedeuten. Dieser Wechsel sollte sportpsychologisch begleitet werden. Aus Sicht der Forschung stellt sich die Frage, wie sportpsychologische Methoden von einem systemischen Beratungsansatz weiter profitieren können. Es bestehen bereits erste Ansätze, die weiterentwickelt werden sollten (Liesenfeld & Beckmann-Waldenmayer, 2012). Auch sollten Methoden der sportpsychologischen Betreuung für den Sport mit Handicap weiterentwickelt und an unterschiedliche Ausgangslagen (z. B. starke Heterogenität) angepasst werden.

## 5 Literatur

- Brand, R., Delow, A. & Steven, B. (2011). *Sportpsychologische Eingangsdiagnostik und Betreuung der Nationalmannschaft Behindertensport-Schwimmen*. Retrieved 27.01.2014, from [www.bisp.de](http://www.bisp.de)
- Bußmann, G. (2012). Sportpsychologische Beratung im Reit- und Pferdesport. In D. Beckmann Waldenmayer & J. Beckmann (Hrsg.), *Handbuch sportpsychologischer Praxis. Mentales Training in den olympischen Sportarten* (S. 161-171). Balingen: Spitta.
- Engbert, K. (2011). *Mentales Training im Leistungssport*. Stuttgart: Neuer Sportverlag.
- Engbert, K., Werts, T. & Beckmann, J. (2011). *Sportpsychologische Betreuung des paralympic Skiteam Alpin des Deutschen Behindertensportverbandes (DBS)*. Retrieved 27.01.2014, from [www.bisp.de](http://www.bisp.de)
- Kraus, U., Engbert, K., Dollinger, A., Heiss, C. & Brand, R. (2012). Evaluation eines Erstgesprächsleitfadens für die Sportpsychologische Beratung. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 19 (4), 1-18.
- Linz, L. (2009). *Erfolgreiches Teamcoaching: Ein sportpsychologisches Handbuch für Trainer* (3. Auflage). Aachen: Meyer & Meyer.
- Liesenfeld, M. & Beckmann-Waldenmayer, D. (2012). Systemische Beratung in der Sportpsychologie – Grenzen und Möglichkeiten. In D. Beckmann-Waldenmayer & J. Beckmann (Hrsg.), *Handbuch sportpsychologischer Praxis. Mentales Training in den olympischen Sportarten* (S. 60-69). Balingen: Spitta.
- Sullivan, P. A. (1993). Communication Skills Training for Interactive Sports. *Sport Psychologist*, 7 (1), 79-91.
- Weinberg, R.S. & Gould, D. (2011). *Foundations of Sport & Exercise Psychology*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Werts, T., Delow, A., Steven, B., Hlawan, A. & Engbert, K. (2012). Behindertenleistungssport. In D. Beckmann-Waldenmayer & J. Beckmann (Hrsg.), *Handbuch sportpsychologischer Praxis. Mentales Training in den olympischen Sportarten* (S. 95-110). Balingen: Spitta.



# Sportpsychologische Eingangsdiagnostik und Betreuung der Nationalmannschaft Behindertensport – Schwimmen

*Ralf Brand (Projektleiter), Anke Delow & Birte Steven-Vitense*

Universität Potsdam, Exzellenzbereich Kognitionswissenschaften, Department Sport- und Gesundheitswissenschaften, Professur für Sportpsychologie

## 1 Hintergrund

Die sportpsychologische Betreuung der Nationalmannschaft Behindertensport Schwimmen richtet sich auf die Paralympischen Spiele in Rio 2016 aus. Nach London wurden die Erfahrungen des paralympischen Zyklus ausgewertet und eine konzeptionelle Überarbeitung vorgenommen. Die Bundestrainerin und das Trainer-Team hatten sich wiederum entschieden, die Zusammenarbeit fortzuführen. Außerdem begannen wir, 2013/14, mit Hilfe eines Betreuungsprojektes des BISp die sportpsychologische Betreuung der Nachwuchsnationalmannschaft Schwimmen des DBS aufzubauen. Diese Konstellation brachte viele Synergien mit sich und ist deshalb äußerst sinnvoll und gewinnbringend. Wir konnten also weiter Sportpsychologie in einem Verbands-Setting betreiben und Erfahrungen zu Herangehensweisen und Wegen sportpsychologischer Leistung im deutschen Spitzensport sammeln.

## 2 Methoden

Verlässliche Grundlage der Arbeit ist und bleibt das Modell des systematischen Aufbaus der sportpsychologischen Betreuung mit seinen drei Ebenen Grundagentraining, 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).

Zusammenfassung der fachlichen Betreuungsaspekte:

- Sportpsychologische Eingangsdiagnostik (ggf. für Behinderte modifiziert) für Neuzugänge
- Auswertung der Fragebögen für Neuzugänge
- Diagnostik und Auswertung zum PCQ (Gardner & Moore, 2006)
- Rückmeldung der Ergebnisse der Diagnostik an Trainer/Trainerin und Athlet/Athletin, anlassbezogene Auffrischungen
- Einzelbetreuung für ausgewählte Athleten und Athletinnen, teilweise am Heimatstützpunkt sowie auf den Lehrgängen und Wettkämpfen der Nationalmannschaft
- Coach-the-Coach, u.a. für die Stützpunkttrainer und -trainerinnen
- Teambuilding in der Nationalmannschaft und mit dem Stab der Betreuer und Betreuerinnen
- Themenbezogene Vermittlung von Grundfertigkeiten während der Lehrgänge und am Stützpunkt über ein personenbezogenes Sportpsychologie-Handbuch
- Wettkampfbeobachtung und -betreuung des Teams zum Wettkampfhöhepunkt und nach Bedarf

- Debriefing
- Sportartspezifische Spezifika (Liesenfeld, 2012) sind zu beachten und beim jeweiligen inhaltlichen Schwerpunkt in Betracht zu ziehen.

Zusammenfassung der inhaltlichen Schwerpunkte:

- Zielsetzungstraining (Linz, 2004)
- Selbstgesprächsregulation (Eberspächer, 1990)
- Psychoregulation (Kellmann & Beckmann, 1993)
- Mentales Training / Visualisierung (Eberspächer, 1990)
- Kommunikationsoptimierung (Schulz von Thun, 1981)
- Konfliktmanagement (Lobinger, 2003)
- Teambuilding (Linz, 2004)
- Coach the Coach (Linz, 2004)
- Selbstwirksamkeits- / Prognosetraining (Eberspächer, 1990)
- Wettkampfvorbereitung und -betreuung (Kratzer, 2000), (Langenkamp, 2009), (Liesenfeld, 2009)
- Verletzungsmanagement
- Krisenmanagement (Kleinert, 2003).

Folgende Diagnostische Verfahren fanden Anwendung:

- AMS-Sport (Wenhold, Elbe, & Beckmann, 2009a)
- SOQ (Wenhold, Elbe, & Beckmann, 2009b)
- HOSP (Beckmann & Wenhold, 2009)
- VKS (Wenhold, Elbe, & Beckmann, 2009c)
- WAI-T (Brand, Ehrlenspiel, & Graf, 2009)
- PCQ (Gardner & Moore, 2006).

Tab. 1: Fragebogen-Profilübersicht als Grundlage für die Bundestrainerin

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	+	+					

### 3 Verlauf und Ergebnisse

Die konzeptionelle Neuorientierung nach den Paralympics in London wurde durch die Saison 2014 noch einmal bestätigt.

Die sportpsychologische Betreuung stützt sich auf eine Reihe von Komponenten, welche in ihrem Zusammenwirken die Qualität des Ergebnisses ausmachen:

- Wir haben wie geplant auf ausgewählten Lehrgängen entlang unserer Konzeption arbeiten können.  
Als Leitfaden stand das Handbuch Sportpsychologie zur Verfügung, aus dem individuell Schwerpunkte ausgewählt und bearbeitet wurden.  
Dabei arbeiteten teilweise die Coaches mit, so dass die jeweils unterschiedliche Expertise anlassbezogen gebündelt werden konnte.  
Aus dem Nachwuchs aufrückende Athleten und Athletinnen wurden auf den Lehrgängen weiter mit sportpsychologischem Grundlagenwissen versorgt und darauf aufbauend in die individuelle Betreuung mit einbezogen.
- Für alle beteiligten Akteure, also auch für Trainer und alle Team-Mitglieder, bestand speziell auf den Lehrgängen die Möglichkeit, sportpsychologische Leistungen in Anspruch zu nehmen.  
Darüberhinaus etablierte sich weiterhin eine Zusammenarbeit mit der Ärztin, den Physiotherapeutinnen und anderen Betreuenden des Teams in Bezug auf sportpsychologische Themen.
- Die Komponente Coach-the-Coach wurde auch außerhalb der Lehrgänge durch regelmäßige Konsultationen gepflegt und für die Verbesserung des Wirkungsgrades aller Aktivitäten genutzt.
- Dies gilt auch für die Betreuung ausgewählter Sportler im Heimtraining, welche die Effektivität der Maßnahmen zum Wettkampfhöhepunkt entscheidend erhöht.
- Auch ausgewählte Vorbereitungswettkämpfe wurden sportpsychologisch begleitet.
- Die Zusammenarbeit mit der Bundestrainerin gestaltet sich eng und vertrauensvoll, so dass die sportpsychologische Expertise als Mittel der Leistungsentwicklung und als selbstverständlicher Aspekt leistungssportlicher Entwicklung für alle Akteure forciert wird.
- Die Kooperation und Koordination der sportpsychologischen Angebote von Verbandsseite gehörte zum Projektumfang (Beckmann-Waldenmayer, 2012). Wenn Athleten bzw. Athletinnen von Kollegen sportpsychologisch betreut werden, stimmen wir uns mit ihnen ab.
- 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.
- Dementsprechend war die sportpsychologische Betreuung zur Europameisterschaft gut vorbereitet und konnte in ihrer Wirksamkeit gut greifen.

Der Jahreshöhepunkt war in der Saison 2014 die Europameisterschaft in Eindhoven.



Abb. 1: Siegerehrung mit zwei deutschen Medaillen

Deutschland trat mit neunzehn Schwimmerinnen und Schwimmern an, von denen sechs zum ersten Mal einen internationalen Höhepunkt im Erwachsenenbereich bestritten. Mit Denise Grahl errang eine Newcomerin mit zweimal Silber und einmal Bronze dabei bereits beachtliche Erfolge. Auch insgesamt konnte das Team sechs Gold-, acht Silber- und zehn Bronzemedailles überzeugen.

## 4 Fazit und Ausblick

Mit der Europameisterschaft 2014 liegt bereits wieder der halbe paralympische Zyklus bis Rio 2016 hinter uns. Die Abteilung Schwimmen nutzt sportpsychologische Ressourcen inzwischen zielgerichtet und diszipliniert. Abläufe und Routinen haben sich eingespielt, die Aufmerksamkeit für sportpsychologische Ansatzpunkte zur Leistungsentwicklung ist da, entsprechende Maßnahmen können dementsprechend frühzeitig angesetzt werden und entfalten ihre Wirkung.

Gerade die Saison 2015 wird dafür noch einmal Gelegenheiten bieten, bevor der Countdown in Richtung Paralympics an Fahrt gewinnt.

Um dafür auch langfristig die Rahmenbedingungen zu schaffen, muss es gelingen, die sportpsychologische Betreuung unabhängig von der Förderung durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft zu machen, so wie es in der Projektförderung auch angelegt ist. Die Förderung hat die Möglichkeiten eröffnet, eine sportpsychologische Konzeption für die Abteilung Schwimmen im DBS zu erarbeiten und umzusetzen, sogar für die Praxis anzupassen und weiterzuentwickeln. Fachlich ist eine belastbare Basis geschaffen, die Athleten und Athletinnen, Coaches und das Gesamtteam der DBS-Nationalmannschaft Schwimmen sportpsychologisch hochwertig zu versorgen und so zur Erfüllung der hohen Leistungsziele beizutragen. Diese Vorarbeiten werden sich allerdings nur dauerhaft auszahlen, wenn sich auch im DBS das Bewusstsein um die Einbeziehung sportpsychologischer Maßnahmen festigt und in die Bereitschaft zur Finanzierung umgemünzt wird.

## 5 Literatur

- Beckmann-Waldenmayer, D. (2012). Ein systemisches Betreuungsmodell für den Nachwuchsleistungssport. In D. Beckmann-Waldenmayer & J. Beckmann (Eds.), *Handbuch sportpsychologischer Praxis. Mentales Training in den olympischen Sportarten* (pp. 70-81). Balingen: Spitta.
- Beckmann, J., & Wenhold, F. (2009). *Handlungsorientierung im Sport (HOSP), Manual*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Brand, R., Ehrlenspiel, F., & Graf, K. (2009). *Wettkampf-Angst-Inventar (WAI). Manual zur komprehensiven Eingangsdiagnostik von Wettkampfängst, Wettkampfangstlichkeit und Angstbewältigungsmodus im Sport*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Eberspächer, H. (1990). *Mentales Training. Ein Handbuch für Trainer und Sportler* (5. ed.). München: Copress 2001.
- Gardner, F. L., & Moore, Z. E. (2006). *Clinical sport psychology*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kellmann, M., & Beckmann, J. (1993). Sport und Entspannungsverfahren. In D. Vaitl & F. Petermann (Eds.), *Entspannungsverfahren. Das Praxishandbuch* (3. ed., pp. 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* (pp. 175). München; Wien; Zürich: BLV Verlagsgesellschaft mbH.
- Kratzer, H. (2000). Psychologische Inhalte der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung. *Leistungssport*, 3, 4-10.
- Langenkamp, H. (2009). Sportpsychologische Betreuung der Olympiamannschaft – Teil Leichtathletik – bei den Olympischen Spielen in Peking 2008. In G. Neumann (Ed.), *Sportpsychologische Betreuung des deutschen Olympia- & Paralympicteams 2008. Erfolgsbilanzen – Erfahrungsberichte – Perspektiven* (pp. 35-53). Köln: Sportverlag Strauß.
- Liesenfeld, M. (2009). Sportpsychologische Betreuung der Schwimernationalmannschaft. In G. Neumann (Ed.), *Sportpsychologische Betreuung des deutschen Olympia- & Paralympicteams 2008. Erfolgsbilanzen – Erfahrungsberichte – Perspektiven* (pp. 55-58). Köln: Sportverlag Strauß.
- Liesenfeld, M. (2012). Sportpsychologische Beratung im Schwimmsport. In D. Beckmann-Waldenmayer & J. Beckmann (Eds.), *Handbuch sportpsychologischer Praxis. Mentales Training in den olympischen Sportarten* (pp. 316-324). Balingen: spitta.
- Linz, L. (2004). *Erfolgreiches Teamcoaching. Ein sportpsychologisches Handbuch für Trainer*. Aachen: Meyer&Meyer.
- Lobinger, B. (2003). Verständigungsprobleme. Wenn die Chemie nicht mehr stimmt. In J. Kleinert (Ed.), *Erfolgreich aus der sportlichen Krise. Mentales Bewältigen von Formtiefs, Erfolgsdruck, Teamkonflikten und Verletzungen* (pp. 151-168). München/Wien/Zürich: BLV Verlagsgesellschaft mbH.
- Schulz von Thun, F. (1981). *Miteinander reden 1. Störungen und Klärungen. Allgemeine Psychologie der Kommunikation* (Vol. 1). Reinbek bei Hamburg: Rowohlt 1998.

- Wenhold, F., Elbe, A.-M., & Beckmann, J. (2009a). *Fragebogen zum Leistungsmotiv im Sport (AMS-Sport), Manual*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Wenhold, F., Elbe, A.-M., & Beckmann, J. (2009b). *Leistungsorientierung im Sport (SOQ), Manual*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Wenhold, F., Elbe, A.-M., & Beckmann, J. (2009c). Testgütekriterien des Fragebogens VKS zur Erfassung volitionaler Komponenten im Sport. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 16 (3), 91-103.

# Sportbezogene Sonderauswertung der Freiwilligen-surveys in der Altersgruppe „Ältere“

(AZ 080905/14)

Sebastian Braun

Humboldt-Universität zu Berlin

## 1 Problem

Der demografische Wandel in der Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland ist eng mit einem Strukturwandel des Alter(n)s verbunden – in zeitlicher, sachlicher, sozialer und kultureller Hinsicht. In diesem Kontext ist auch eine Akzentverschiebung in den öffentlichen Debatten über freiwilliges und ehrenamtliches Engagement als Teilhabemöglichkeit älterer Menschen an gesellschaftlichen Sozialzusammenhängen zu erkennen: Während lange Zeit die Sorge um eine mangelnde soziale Integration älterer Menschen im Vordergrund stand, werden zunehmend die „Leistungspotenziale“ älterer Menschen hervorgehoben. Dabei geht es sowohl um die Nutzbarmachung dieser Potenziale zur Bearbeitung gesellschaftlicher Herausforderungen als auch für den Prozess des „erfolgreichen Alterns“.

Diese Diskussionen haben längst auch den vereinsorganisierten Sport erreicht und sichtbar verändert. Darauf verweisen u. a. ausgewählte Ergebnisse der vorliegenden Studie, die das Ziel verfolgte, die Aktivität und insbesondere das freiwillige und ehrenamtliche Engagement der „Älteren“ in Deutschland in der zivilgesellschaftlichen Infrastruktur des Handlungsfeldes „Sport und Bewegung“ – also in Sportvereinen, selbstorganisierten Projekten und Initiativen – über den Zehnjahreszeitraum von 1999 bis 2009 auf der Basis einer Sonderauswertung der Freiwilligen-surveys von 1999, 2004 und 2009 zu beschreiben. Mit der Untersuchung wird auf früheren sportbezogenen Sonderauswertungen der Freiwilligen-surveys aufgebaut, die seinerzeit vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) in Kooperation mit dem Deutschen Olympischen Sportbund (DOSB) bzw. der Deutschen Sportjugend (dsj) gefördert wurden (vgl. Braun, 2011; 2013a).

## 2 Methode

Die Freiwilligen-surveys wurden vom Bundesministerium für Familien, Senioren, Frauen und Jugend (BMFSFJ) in Auftrag gegeben und von TNS Infratest Sozialforschung durchgeführt. Die zugrunde liegenden Datensätze der Freiwilligen-surveys von 1999, 2004 und 2009 gelten zum jeweiligen Erhebungszeitpunkt als repräsentativ für die Bevölkerung der Bundesrepublik Deutschland im Hinblick auf die Merkmale Alter ab 14 Jahre, Geschlecht, Bundesland und Gemeindegrößeklasse. Sie umfassen relativ große Stichproben personenbezogener Daten über die Bevölkerung in Deutschland, die auch Analysen einzelner Gruppen wie z. B. der „Älteren“ und einzelner Handlungsfelder wie z. B. des „Sportbereichs“<sup>1</sup> erlauben (vgl. Gensicke & Geiss, 2010).

Auf dieser Grundlage werden in den Freiwilligen-surveys verschiedene relevante Subgruppen identifiziert, die in den empirischen Analysen maßgeblich sind: Zunächst sollten die Befragten angeben, ob sie sich in einem oder mehreren Tätigkeitsfeldern der Zivilgesellschaft wie z. B. dem Sportbereich „aktiv beteiligen“ („aktive Personen“). Die Frage, die als Grundlage zur Ermittlung der „Aktivitätsquoten“ in zivilgesellschaftlichen Kontexten dient, war bewusst breit angelegt: Es erfolgte keine Einschränkung auf eine bestimmte Assoziationsform, sondern es waren insgesamt 14 verschiedene

1 Zur sprachlichen Vereinfachung wird das in den Freiwilligen-surveys als „Sport und Bewegung“ operationalisierte Handlungsfeld mit dem Begriff „Sportbereich“ bezeichnet.

Bereiche (z. B. Sport und Bewegung, Freizeit und Geselligkeit, Kultur und Musik, Politik und politische Interessenvertretung) aufgelistet.

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 all jene „freiwillig übernommenen Aufgaben und Arbeiten [umfasst], die man unbezahlt oder gegen geringe Aufwandsentschädigung ausübt“. Auf dieser Basis sind insbesondere Aussagen über die Engagementsquote, d. h. die Verbreitung des Engagements in der Bevölkerung und deren Veränderungen im Zeitverlauf möglich. Zur Ermittlung dieser Quote werden die Befragten gezählt, die sich freiwillig und ehrenamtlich engagieren. Bei Personen, die sich mehrfach und in verschiedenen Bereichen engagieren, wurden zudem Angaben zu dem vergleichsweise zeitaufwendigsten Engagement abgefragt, um diejenigen Personen zu berücksichtigen, die sich z. B. primär im Sportbereich engagieren („zeitaufwendigste Tätigkeit im Sportbereich“).

Bei den Datenauswertungen wurden jeweils die von TNS Infratest Sozialforschung gewichteten Datensätze verwendet, die in der folgenden Tabelle überblicksartig dargestellt sind.

Tab. 1: Fallzahlen in den Bevölkerungstichproben der Freiwilligensurveys (FS) 1999, 2004 und 2009 und den gewichteten Substichproben im Sportbereich.

	Bevölkerungstichprobe		Stichprobe im Sportbereich (gewichtet)		
	gesamt	Engagierte	Aktive	Engagierte	zeitaufwendigste Tätigkeit
<b>FS 1999</b>	14.922	5.076	5.459	1.674	1.380
<b>FS 2004</b>	15.000	5.350	5.984	1.658	1.338
<b>FS 2009</b>	20.005	7.173	8.380	2.026	1.600

### 3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Sonderauswertung lassen erkennen, dass die aktive Beteiligung im Sportbereich bis heute vor allem eine Angelegenheit der Jugend und jungen Erwachsenen ist. Die Aktivitätsquote im Sportbereich bewegt sich z. B. bei den 14- bis 29-Jährigen um die 50 %-Marke (vgl. Tab. 2). Gleichwohl sind es über den betrachteten Zehnjahreszeitraum hinweg die älteren Bevölkerungsgruppen, deren Aktivitätsquote im Sportbereich mit Abstand am dynamischsten gewachsen ist. So sind z. B. die Aktivitätsquoten der 65- bis 74-Jährigen von 1999 bis 2009 von rund 23 % auf fast 40 % gestiegen. Bei den ab 75-Jährigen hat sich Quote sogar von 15 % auf rund 28 % erhöht. Infolgedessen hat sich auch die Altersstruktur der aktiv beteiligten Bevölkerung im Sportbereich zugunsten der älteren Bevölkerungsgruppen verschoben (vgl. Braun, 2011, S. 48).

Tab. 2: *Aktivitäts- und Engagementquoten im Sportbereich, differenziert nach Altersgruppen.*

	14-29 Jahre	30-49 Jahre	50-64 Jahre	65-74 Jahre	75 +
<b>Aktivität</b>					
<b>1999</b>	48,6	39,0	33,6	23,3	15,0
<b>2004</b>	50,9	42,8	39,0	31,5	17,9
<b>2009</b>	49,9	44,4	37,3	39,5	27,9
<b>Engagement</b>					
<b>1999</b>	13,8	12,8	10,8	6,1	4,5
<b>2004</b>	13,0	12,7	11,8	7,5	3,3
<b>2009</b>	11,8	12,2	9,5	7,9	3,6

Im Hinblick auf die Engagementquoten im Sportbereich ergibt sich ein tendenziell anderes Bild: Während die entsprechende Quote bei den jüngeren Altersgruppen rückläufig ist, stieg sie zwischen 1999 und 2009 bei den 65- bis 74-Jährigen kontinuierlich von rund 6 % auf fast 8 % an (vgl. Tab. 2). Dabei haben offenbar immer „ressourcenstärkere“ Gruppen von Älteren freiwillige und ehrenamtliche Engagements aufgenommen. Beispielsweise ist der Anteil der höher Qualifizierten unter den engagierten Älteren deutlich gewachsen, was nicht alleine auf das insgesamt gestiegene Bildungsniveau der heute älteren Generationen zurückzuführen ist. Zudem engagiert sich im Zeitverlauf ein immer höherer Anteil der Älteren für die Zielgruppe der Älteren, also quasi zugunsten der Sport- und Bewegungsangebote der eigenen Generationen. Und schließlich ist ein zunehmender Anteil der Engagierten grundsätzlich bereit, sein Engagement auszudehnen, sofern sich interessante Aufgaben und Tätigkeiten finden lassen. In diesem Kontext zeigt sich auch, dass die Engagementbereitschaft der Älteren, die im Sportbereich aktiv waren, sich aber nicht freiwillig engagierten, deutlich zugenommen hat.

## 4 Diskussion

Vor dem Hintergrund altersstruktureller Veränderungen im Sportbereich haben der DSB bzw. der DOSB das Thema „Ältere“ seit den 1990er Jahren immer weitreichender aufgegriffen. Ähnlich wie in den öffentlichen Diskussionen waren die entsprechenden Positionen zwar lange Zeit durch „Belastungs- und Problemperspektiven“ wie auch „Ressourcen- und Chancenperspektiven“ charakterisiert. Im Zeitverlauf zeichnet sich aber eine sukzessive Verschiebung zugunsten der „Ressourcen“ und „Chancen“ älterer Menschen im und für den vereins- und verbandsorganisierten Sport ab. Dabei betont der DOSB heute vor allem seine „gesellschaftliche Verantwortungsrolle“ und seinen Beitrag zur Gesundheitsförderung im Prozess des „erfolgreichen Alter(n)s“ durch die Schaffung geeigneter Sport- und Bewegungsangebote für Ältere (vgl. Reymann & Braun, 2013). Beispielsweise knüpft das Arbeitsprogramm des DOSB für die Jahre 2011 bis 2014 explizit an gesellschaftliche „Potenzial- und Ressourcendebatten“ über ältere Menschen an, indem Ältere explizit als „Perspektivgruppe“ des vereins- und verbandsorganisierten Sports bezeichnet und Vorstellungen von Älteren als „Problemgruppe“ zurückgewiesen werden.

Für die Weiterentwicklung des Handlungsfeldes „Sport der Älteren“ erscheint es mit Blick auf das freiwillige und ehrenamtliche Engagement im Sportverein empfehlenswert, die postulierten Potenziale der „Perspektivgruppe“ der Älteren unter mindestens drei Perspektiven differenzierter herauszuarbeiten: Auf der Mikroebene des Individuums wäre zu zeigen, welche besonderen Chancen und Vorteile, aber auch welche Herausforderungen für Ältere mit einem solchen Engagement im Sportverein verbunden sind. Auf der Mesoebene der Sportvereine und -verbände wäre zu diskutieren, welche spezifischen Handlungs- und Unterstützungsbedarfe mit einer weitergehenden Gewinnung älterer Bevölkerungsgruppen für ein ehrenamtliches und freiwilliges Engagement im Verein einhergehen. Auf der Makroebene der Gesellschaft wäre das besondere Leistungspotenzial des vereins- und verbandsorganisierten Sports im Hinblick auf die Ermöglichung von Engagement und Partizipation für ältere Menschen differenzierter darzustellen und öffentlich zu kommunizieren.

## 5 Literatur

- 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.
- Reymann, D. & Braun, S. (2013). Das Ehrenamt im Alter(n)sprozess? Engagementpolitische Perspektiven für ein neues Alter(n) im Sport? In S. Braun (Hrsg.). *Der Deutsche Olympische Sportbund in der Zivilgesellschaft. Eine sozialwissenschaftliche Analyse zur sportbezogenen Engagementpolitik* (S. 70-97). Wiesbaden: VS-Verlag für Sozialwissenschaften.

# Aktualisierung des Sportsatellitenkontos

(AZ 081803/13-14)

Gerd Ahlert<sup>1</sup> (Projektleiter) & Iris an der Heiden<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gesellschaft für wirtschaftliche Strukturforchung (GWS)

<sup>2</sup>zhm Research. Consulting. Implementation

Für eine faktenbasierte Beratung von Sportpolitik und Sportpraxis ist eine wissenschaftliche Unterstützung von elementarer Bedeutung. In diesem Sinne verfolgt das Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) das Ziel, Entscheidungsträger in Sportpolitik und Sportpraxis mit validem Datenmaterial zu versorgen. Vor diesem Hintergrund sowie aufgrund der im SSK 2008 ermittelten hohen Relevanz des Wirtschaftsfaktors Sport wurde im November 2012 eine Verwaltungsvereinbarung zwischen Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und BISp unterzeichnet, welche – beginnend in 2013 – für einen Zeitraum von zehn Jahren vorsieht, das Sportsatellitenkonto (SSK) im zweijährigen Turnus aktualisieren zu lassen. Im Jahr 2013 hat das BISp die zhm & Associates GmbH (Mainz) und die GWS mbH (Osnabrück) gemeinsam mit der fortlaufenden Aktualisierung der Ergebnisse des SSK beauftragt.

Die Sportwirtschaft als Querschnittsbranche setzt sich aus einer Vielzahl von Wirtschaftszweigen bzw. Teilen dieser Wirtschaftszweige zusammen, weswegen Umsatz-, Beschäftigungs- und Wertschöpfungsbeiträge nicht direkt aus der amtlichen Statistik abgeleitet werden können. Diese Problematik haben auch andere Querschnittsthemen wie z. B. die Gesundheit oder der Tourismus. Durch die Erstellung von Satellitenkonten zu den Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnungen (VGR) bietet die Wirtschaftsstatistik ein etabliertes Verfahren zur nachvollziehbaren Ermittlung der direkten ökonomischen Bedeutung von Querschnittsaktivitäten.

Bereits im Zeitraum 2009 bis 2013 wurde im Auftrag des BISp und des BMWi für das Berichtsjahr 2008 erstmals ein SSK erstellt (vgl. Ahlert, 2013). Dieses wurde auf der Grundlage von Daten der Input-Output-Rechnung des Statistischen Bundesamtes angefertigt. Darüber hinaus wurden im Rahmen dieses Forschungsprojekts umfangreiche Primärerhebungen durchgeführt und deren Ergebnisse anschließend VGR-konform in das Satellitenkonto eingearbeitet. Erst das Vorliegen dieser vertiefenden Detailinformationen zum Sportkonsum der privaten Haushalte (Preuss, Alfs & Ahlert, 2012), zum Sportsponsoring und zur sportbezogenen Werbung (vgl. an der Heiden, Meyrahn & Ahlert, 2012) und zum Sportstättenbau (vgl. an der Heiden, Meyrahn, Huber, Ahlert & Preuß, 2012) ermöglichten die fundierte Abschätzung der ökonomischen Bedeutung des Sports in Deutschland.

Das für Deutschland entwickelte SSK orientiert sich konsequent an den auf europäischer Ebene erarbeiteten Empfehlungen zu seiner Erstellung. Zudem berücksichtigt es auch die generellen methodischen Erläuterungen und Erfahrungen zur Erstellung von Satellitenkonten für andere Themenfelder (European Communities et al., 2009). Außerdem wurde in der „Vilnius-Definition des Sports“ eindeutig festgelegt, für welche Produktionsaktivitäten innerhalb der Klassifikationen der Wirtschaftsstatistik ein Sportbezug gegeben sein kann (SpEA, 2007).

## 1 Sportsatellitenkonto 2010 für Deutschland

Die Entwicklung der wirtschaftlichen Bedeutung des Sports im Berichtsjahr 2010 ist primär vor dem Hintergrund, dass das Jahr 2010 als konjunkturelles Krisenjahr durch eine schwache gesamtwirtschaftliche Entwicklung geprägt gewesen ist, einzuordnen. Die Aktualisierung des Sportsatellitenkontos zeigt, dass im Zeitraum 2008 auf 2010 dennoch die wirtschaftliche Bedeutung des Sports insgesamt gestiegen ist. Absolut nahm die Bruttowertschöpfung um 4,3 Mrd. EUR auf 77,4 Mrd. EUR zu. Auch der Anteil an der gesamtwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung erhöhte sich von 3,3 % auf 3,5

%, das entspricht einer relativen Steigerung von ca. 6 %. Im Vergleich dazu stieg die Bruttowertschöpfung der Querschnittsbranche Gesundheit im gleichen Zeitraum ebenfalls positiv von 10,1 % auf 10,8 % der gesamtwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung. Dies entspricht einer relativen Steigerung von ca. 7 %.

Vergleicht man die gesamte auf die Querschnittsbranche Sport bezogene und umfassend berechnete Bruttowertschöpfung (3,5 %) zur Einordnung mit der direkten Wertschöpfung eines klassischen Wirtschaftszweiges, in der nur seine direkten Produktionseffekte berücksichtigt werden, liegt die Querschnittsbranche Sport stabil im Bereich des Wirtschaftszweigs Fahrzeugbau in Deutschland (3,3 %; vgl. Abb. 1).

*Abb. 1: Vergleich der Bruttowertschöpfungsanteile verschiedener Wirtschaftsbereiche mit Ergebnissen für die Querschnittsbranchen Gesundheit, Tourismus und Sport für das Berichtsjahr 2010 (Quelle: Ahlert & an der Heiden, 2015).*

## 2 Ausgewählte Detailergebnisse

Tab. 1 zeigt für die Berichtsjahre 2008 und 2010 die Entwicklung zentraler ökonomischer Kennzahlen des SSK im Vergleich zur Gesamtwirtschaft. Im Jahr 2010 konnte in Deutschland durch die **Produktion** von Sportwaren und Dienstleistungen ein Umsatz in Höhe von 171,6 Mrd. EUR erwirtschaftet werden. Damit ist die innerhalb des SSK erfasste Sportwirtschaft während der Wirtschaftskrise im Gegensatz zur Gesamtwirtschaft nicht geschrumpft (-0,5 %), sondern um 4 % gegenüber 2008 gewachsen. Dieses spiegelt sich auch in der Dynamik der **Bruttowertschöpfung** wider. Von 2.235 Mrd. EUR gesamtwirtschaftlicher Bruttowertschöpfung sind 77,4 Mrd. EUR sportbezogen. Im Krisenjahr 2010 machte damit die sportbezogene Leistungserstellung knapp 3,5 % der gesamtwirtschaftlichen Bruttowertschöpfung aus. Dies stellt gegenüber dem Berichtsjahr 2008 eine Erhöhung des sportökonomischen Anteils um 0,2 Prozentpunkte und eine relativen Steigerung von ca. 6 % dar. Insbesondere die mit dem Sport verbundenen Konsum- und Investitionsaktivitäten haben konjunkturstabilisierend gewirkt. In diesen Bereichen haben sich zwischen 2008 und 2010 die jeweiligen sportbezogenen Anteile an der Gesamtwirtschaft erhöht. Im Vergleich der Sportwirtschaft mit der Gesamtwirtschaft wird deutlich, dass Sport in vielen wirtschaftlichen Aspekten vergleichsweise konjunkturunabhängig ist.

Der sportbezogene Konsum im Inland in Höhe von 113,1 Mrd. Euro wird am stärksten durch die **Konsumausgaben der privaten Haushalte** – sowohl aufgrund der aktiven sportlichen Betätigung als auch aufgrund des allgemeinen passiven Sportinteresses – determiniert. Mit etwa 92,2 Mrd. EUR sind diese die größte Verwendungskomponente der Endnachfrage nach sportbezogenen Waren und Dienstleistungen. Es entfielen damit 2010 ca. 6,8 % aller Konsumausgaben der privaten Haushalte (1.361,5 Mrd. EUR) auf den Sport. Dieses stellt gegenüber dem Berichtsjahr 2008 eine Erhöhung des sportbezogenen Anteils am Gesamtkonsum um 2,7 % dar. Offensichtlich hat sich der sportbezogene gegenüber dem gesamtwirtschaftlichen Konsum der privaten Haushalte von 2008 bis 2010 deutlich dynamischer entwickelt (+5,8 % vs. +3,5 %).

Die **Sportvereine und Sportverbände** haben im Jahr 2010 ihren Mitgliedern konsumtive Leistungen im Wert von knapp 2,2 Mrd. EUR unentgeltlich zur Verfügung gestellt. Gegenüber dem Berichtsjahr 2008 ist das eine Zunahme um 0,34 Mrd. EUR. Der Konsumanteil der Sportorganisationen am gesamtdeutschen Konsum der privaten Organisationen ohne Erwerbszweck verzeichnete damit im Beobachtungszeitraum ein Wachstum von ca. 7 % auf 5,6 % in 2010.

Der Konsum des Staates für Sportzwecke hatte im Jahr 2010 eine Höhe von 18,6 Mrd. EUR. Dieses sind ca. 3,8 % der staatlichen Konsumausgaben. Der relative Anstieg des Anteils der sportbezogenen Konsumausgaben am gesamten Staatskonsum gegenüber 2008 um ca. 6 % verteilt sich in etwa gleichmäßig über alle Leistungen des sportbezogenen Staatskonsums. Damit zeigt das für den Beobachtungszeitraum 2008 bis 2010 durchgeführte Monitoring, dass sich auch der sportbezogene Staatskonsum im Vergleich zum allgemeinen Staatskonsum dynamischer entwickelt hat.

Die für den Sport charakteristischen Wirtschaftsbereiche haben im Jahr 2010 insgesamt **Investitionen** in Höhe von knapp 7,8 Mrd. EUR getätigt. Dieses sind ca. 1,8 % der gesamtwirtschaftlichen Investitionstätigkeit. Im Zuge des Neubaus und der Modernisierung von Sportanlagen entfielen deswegen insgesamt ca. 8,5 Mrd. EUR auf Bauten und zugehörige Ausrüstungen. Im Gegensatz zur gesamtwirtschaftlichen Investitionsnachfrage, die sich zwischen 2008 und 2010 aufgrund der allgemeinen Wirtschaftskrise rückläufig entwickelt hat (-9,8 %), sind die aufgrund von Sport getätigten Investitionen gestiegen (+2 %). Das liegt primär daran, dass einerseits die regulär zugunsten des Sports getätigten Infrastrukturinvestitionen nicht krisenbedingt eingebrochen sind, und andererseits daran, dass auch der Sport von den staatlichen Maßnahmen zur Stabilisierung der Konjunktur profitiert hat.

Tab. 1: Überblick zur Entwicklung ausgewählter Kennzahlen des SSK für die Berichtsjahre 2008 und 2010

	2008	2010	Veränderung in Prozent
<b>Erwerbstätige, in Mill.</b>			
Gesamte Volkswirtschaft	40,35	40,59	0,6%
sportbezogen	1,77	1,85	4,6%
% an gesamt	4,4	4,6	3,4%
<b>Produktion, in Mrd. EUR</b>			
Gesamte Volkswirtschaft	4.692	4.667	-0,5%
sportbezogen	165,0	171,6	4,0%
% an gesamt	3,5	3,7	5,0%

<b>Bruttowertschöpfung, in Mrd. EUR</b>			
Gesamte Volkswirtschaft	2.217	2.235	0,8%
sportbezogen	73,1	77,4	5,9%
% an gesamt	3,3	3,5	5,0%
<b>Aufkommen an Nettogütersteuern, in Mrd. EUR</b>			
Gesamte Volkswirtschaft	257	260	1,1%
sportbezogen	18,2	18,7	2,8%
% an gesamt	7,1	7,2	1,5%
<b>Bruttoinlandsprodukt, in Mrd. EUR</b>			
Gesamte Volkswirtschaft	2.474	2.495	0,9%
sportbezogen	91,3	96,1	5,3%
% an gesamt	3,7	3,9	4,1%
<b>Konsum der privaten Haushalte, in Mrd. EUR</b>			
Gesamte Volkswirtschaft	1.315	1.362	3,5%
sportbezogen	87,2	92,2	5,8%
% an gesamt	6,6	6,8	2,7%
<b>Konsum der privaten Organisationen ohne Erwerbszweck, in Mrd. EUR</b>			
Gesamte Volkswirtschaft	35	39	11,5%
sportbezogen	1,8	2,2	18,6%
% an gesamt	5,2	5,6	7,3%
<b>Konsum des Staates, in Mrd. EUR</b>			
Gesamte Volkswirtschaft	453	487	7,6%
sportbezogen	16,4	18,7	14,1%
% an gesamt	3,6	3,8	6,4%
<b>Investitionen, in Mrd. EUR</b>			
Gesamte Volkswirtschaft	479	433	-9,8%
sportbezogen	7,6	7,8	2,0%
% an gesamt	1,6	1,8	12,0%
<b>Exporte, in Mrd. EUR</b>			
Gesamte Volkswirtschaft	1.167	1.166	-0,1%
sportbezogen	2,1	2,5	18,6%
% an gesamt	0,2	0,2	6,6%
<b>Importe, in Mrd. EUR</b>			
Gesamte Volkswirtschaft	975,5	991	1,6%
sportbezogen	23,8	27,2	14,1%
% an gesamt	2,4	2,7	14,3%

Quelle: Ahlert & an der Heiden, 2015.

Der sportspezifische Außenhandel wird primär durch die Importe von Sportwaren determiniert. Es wurden aufgrund der direkten Nachfrage von sportbezogenen Aktivitäten Güter im Wert von ca. 27,6 Mrd. EUR (ca. 2,8 % aller nach Deutschland importierten Güter) importiert. Konjunkturbedingt entwickelten sich die sportspezifischen Importe zwischen 2008 und 2010 dynamischer (+14,1 %) als die gesamtwirtschaftlichen Importe (+1,6 %). Der Export von sportspezifische Waren machte lediglich knapp 2,5 Mrd. EUR im Jahr 2010 aus.

Infolge der sportbezogenen Leistungserstellung wurden im Jahr 2010 von den Unternehmen **Nettogütersteuern** in Höhe von ca. 18,7 Mrd. EUR an den Staat abgeführt. Neben den geleisteten Subventionen umfassen diese die nichtabziehbare Umsatzsteuer (Mehrwertsteuer), Importabgaben und sonstige Gütersteuern. Das sportbezogene Aufkommen an Nettogütersteuern machte ca. 7,2 % des Gesamtaufkommens aus.

Die aufkommens- und verwendungsseitige Betrachtung lässt auch die Berechnung des sportspezifischen **Bruttoinlandsprodukts** in Höhe von 96,1 Mrd. EUR zu, was einem Anteil von 3,9 % am gesamtdeutschen Bruttoinlandsprodukt entspricht. Dies stellt gegenüber dem Referenzjahr 2008 eine Zunahme des sportbedingten Anteils am BIP um ca. 4 % dar.

Aufgrund von sportbezogenen Aktivitäten wurde in Deutschland im Jahr 2010 Beschäftigung für knapp 1,8 Mill. Erwerbstätige gesichert. Dies waren 4,6 % aller 40,6 Mill. Erwerbstätigen. Damit schlägt sich die für den Sport während der Krise durchaus günstige Entwicklung auch positiv auf die Beschäftigung nieder. Der gegenüber dem Wertschöpfungsanteil von 3,5 % deutlich erhöhte Beschäftigungsanteil ist auf den innerhalb der für den Sport charakteristischen Dienstleistungsbereiche deutlich erhöhten Anteil an Teilzeit- und geringfügig entlohnten Beschäftigten zurückzuführen.

### 3 Ausblick auf das Jahr 2012

Im Zuge des Monitorings zeigen erste Schätzungen für das Jahr 2012, dass sich der Anteil des Sports an der gesamtdeutschen Wertschöpfung mit ca. 3,4 % weitgehend stabil entwickelt haben könnte. Die letzten Zahlungen im Rahmen des Konjunkturpaketes II waren Ende 2011 abgeschlossen, so dass in 2012 das sportbezogene Investitionsvolumen mit 7,6 Mrd. EUR wieder das Niveau des Jahres 2008 erreicht hat. Darüber hinaus entwickelt sich der sportbezogene Konsum jedoch mit einem jährlichen Wachstum von knapp 4 % zwischen 2010 und 2012 weiterhin etwas dynamischer als der gesamtwirtschaftliche Konsum, der im Durchschnitt lediglich um 3,3 % p. a. gewachsen ist.

## 4 Literatur

- Ahlert, G. (2013): *Satellitenkonto Sport 2008*. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt für das Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp), GWS Research Report, Osnabrück.
- Ahlert, G. & an der Heiden, I. (2015): *Die ökonomische Bedeutung des Sports in Deutschland – Ergebnisse des Sportsatellitenkontos 2010 und erste Schätzungen für 2012*. GWS Themenreport 15/1, Osnabrück.
- an der Heiden, I., Meyrahn, F. & Ahlert, G. (2012): *Bedeutung des Spitzen- und Breitensports im Bereich Werbung, Sponsoring und Medienrechte*. Forschungsbericht (Langfassung) im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Mainz.
- an der Heiden, I., Meyrahn, F., Huber, S., Ahlert, G. & Preuß, H. (2012): *Die wirtschaftliche Bedeutung des Sportstättenbaus und ihr Anteil an einem zukünftigen Sportsatellitenkonto*. Forschungsbericht (Langfassung) im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), Mainz.
- European Communities, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development, United Nations and World Bank (2009): *System of National Accounts 2008*. New York.
- Preuss, H., Alfs, C. & Ahlert, G. (2012): *Sport als Wirtschaftsbranche – Der Sportkonsum privater Haushalte in Deutschland*. Springer Gabler Research, Wiesbaden.
- SpEA (2007): *The Vilnius Definition of Sport*, Official Manual. Vienna.

# Sportanlagen und Sporttechnologie



# Entwicklung und Evaluation eines Messschlittschuhs für die Sportart Short Track

(AZ 071504/12-14)

*Sabine Felser, Susanne Fischer, Martin Behrens, Enrico Heinrich, Ralf Salomon (Projektleiter) & Sven Bruhn (Projektleiter)*

Universität Rostock, Institut für Sportwissenschaft & Institut für Angewandte Mikroelektronik und Datentechnik

## 1 Problem

Wie bereits in eigenen vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft geförderten Projekten (IIA1-070712/06-07 und IIA1-070501/09) zur Sportart Short Track herausgearbeitet werden konnte, sind unter den leistungsdeterminierenden Faktoren die spezifischen Kraftfähigkeiten der unteren Extremität, die Bewegungskoordination und die Leistungsfähigkeit des Stoffwechsels im anaeroben Bereich von besonderer Bedeutung (Behrens et al., 2010; Laabs et al., 2011, Felser et al., 2012, Felser, 2013). Die vorliegenden Studien deuten darauf hin, dass die Leistungsfähigkeit auf den kurzen Strecken maßgeblich durch den Start und dabei durch die Maximalkraft und die Explosivkraft der Bein-streckerschlinge determiniert ist (Kwon et al., 1997, Gerizza et al., 1997).

Die Muskelkraft muss beim Short Track allerdings zunächst auf das Eis übertragen werden, damit sie sich leistungsfördernd auswirken kann. Durch die Fortbewegung auf den dünnen Kufen und dem glatten Eis bestehen beim Short Track spezifische Anforderungen an die Standstabilisation und daher auch an die sensorische Rückmeldung über den Bodenkontakt, sowie an die koordinierte Kraftentfaltung beim Abdruck. Die genauen Mechanismen der Bewegungsregulation bei der Übertragung der Kraft auf das Eis sind bislang noch unklar. Darüber hinaus sind derzeit noch keine Aussagen über den mechanischen Wirkungsgrad der individuellen Lauftechnik der Athletinnen und Athleten beim Short Track möglich. Die Übertragung der Muskelkraft auf das Eis ist die zentrale Antriebskomponente, die es im Trainingsprozess zu optimieren gilt. Dabei ist einerseits das Ausmaß der Muskelkraft, andererseits die ökonomische, verlustfreie Kraftübertragung für eine optimale Beschleunigung beim Start und bei Zwischensprints, für hohe Maximalgeschwindigkeiten auf der Geraden und im Kurvenlauf sowie für eine Minimierung der Leistungsverluste über die Wettkampfdauer relevant. Die Gewichtung von Kraft und Koordination sowie deren Interdependenzen beim Vortrieb können in Bezug auf eine Leistungsstruktur der Sportart Short Track derzeit nur grob abgeschätzt werden. Im Hinblick auf die Leistungsoptimierung der Athletinnen und Athleten können die Trainingsmaßnahmen und deren Belastungsparameter nur auf der Grundlage der Erfahrung von Trainern bzw. Trainerinnen festgelegt werden. Um empirische Aussagen über den optimalen Vortrieb auf dem Eis und die leistungsrelevanten Voraussetzungen bezüglich der Kraft und der Koordination treffen zu können, müssen die Antriebskräfte in Situ gemessen werden. Dazu bedarf es einer Messeinrichtung, mit der Kräfte, die vom Athleten bzw. der Athletin generiert werden, bei der Übertragung auf das Eis gemessen werden können.

## 2 Methode

Das absolvierte Forschungsprogramm kann grob in drei Arbeitsschritte unterteilt werden. Im ersten Schritt wurde von den ingenieurwissenschaftlichen Projektpartnern eine Messkufe konstruiert und realisiert, mit der die Kräfte an den vorderen und hinteren Stegen der Kufe erfasst werden können. Desweiteren wurde für die Erfassung der Kniewinkel während der Untersuchungen auf dem Eis ein Elektrogoniometer entworfen und angefertigt.

Im zweiten Schritt, der teilweise parallel zum ersten verlief, wurde die grafische Auswertesoftware durch eine Informatikerin entwickelt und realisiert. Das System beinhaltet drei Komponenten, von denen eine microcontrollerseitig für die Datenaufnahme von der Hardware sowie die drahtlose Weiterleitung an einen Arbeits-PC zuständig ist. Die zweite Komponente ermöglicht eine synchrone Datenerfassung und -verarbeitung für Kraft-, EMG- und Kniewinkeldaten auf dem PC. Desweiteren besteht die Möglichkeit ein Video zu integrieren. Eine dritte Komponente unterstützt den Sportwissenschaftler bzw. die -wissenschaftlerin bei der Auswertung der aufgezeichneten Daten.

Im dritten Schritt erfolgte die praktische Validierung durch die trainingswissenschaftlichen Projektpartner. Dafür wurde eine umfangreiche Leistungsdiagnostik an 19 Rostocker Short Track Athleten und Athletinnen durchgeführt. Hierbei wurden schwerpunktmäßig Parameter erhoben, die Aussagen zu den Kraftfähigkeiten und den Muskelaktivitäten verschiedener Beinmuskeln/Muskelketten zulassen, sowie Parameter, die die Laufgeschwindigkeit determinieren, wie z. B. die mit dem Messkufen aufgezeichneten Kraft-Zeitverläufe und die mit den Elektrogoniometern registrierten Winkel-Zeitverläufe.

Die Auswertung der Daten sah neben Parametern der deskriptiven Statistik verschiedene Zusammenhänge vor, die in Abhängigkeit von der Datenlage bestimmt werden sollten. Die ursprünglich vorgesehene Implementation der Parameter (Maximal-, Explosivkraft, Kraftimpuls), die mittels des entwickelten Messsystems gewonnen werden sollten, in das Strukturgleichungsmodell konnte nicht vorgenommen werden, da auf Grund ausgefallener bzw. defekter Sensoren nicht ausreichend Daten extrahiert werden konnten. Durch die hohe Anzahl fehlender Werte wäre eine Modellverletzung dieses statistischen Ansatzes unvermeidbar gewesen. Aus diesem Grund wurden diese Daten qualitativ ausgewertet.

### 3 Ergebnisse

Nach einer Recherche über mögliche Technologien zur Kraftmessung am Short Track Schlittschuh erschien das resistive Messverfahren mittels Dehnungsmesstreifen (DMS) als am besten geeignet (Wesemann, 2012).

In der ersten Aufbauvariante, die am Institut für industrielle Informationstechnik an der Hochschule Ostwestfalen-Lippe in Lemgo entwickelt und gefertigt wurde, waren die DMS (WFLA-6, Preusser Messtechnik) paarweise an den Stehbolzen der Kufenträger angebracht. Die insgesamt acht DMS waren paarweise mit vier Messverstärkern verbunden, wodurch sich vier Wheatstone-Halbbrücken ergaben. Am ersten und letzten Stehbolzen wurde die reine Stauchung des Bolzens durch Belastung in Z-Richtung gemessen, an den beiden mittleren Stehbolzen wurde die Biegung des Bolzens in Y-Richtung gemessen. Somit waren beim Prototyp die Messbrücken je nach Aufgabe in zwei verschiedenen Versionen beschaltet. Die Ergebnisse der anschließenden Validitätsmessungen haben es allerdings notwendig gemacht, die Konfiguration der Messelektronik zu überarbeiten. Das Messen des Drucks über lediglich zwei der vier Stege je Kufe lieferte zwar einen guten Eindruck vom zeitlichen Verlauf der Krafteinwirkung, eine genaue Berechnung der Gesamtkraft hätte jedoch eine nichtlineare Korrekturrechnung erfordert. Eine solche Berechnungsvorschrift erschien offensichtlich, hätte aber eine erhöhte Ungenauigkeit bei der Kraftberechnung zur Folge gehabt. Weitere Untersuchungen ergaben, dass bei Beschaltung aller vier Messbrücken je Kufe in Z-Richtung die Messung der Gesamtkraft mit deutlich höherer Genauigkeit erfolgt. Allerdings entfällt in dieser Konfiguration die Messung der seitlich auftretenden Kräfte. Da die in diesem Projekt geplanten Untersuchungen eine genaue Kraftmessung erforderten, lautete der Konsens aller Projektbeteiligten, die Messung der seitlichen Kräfte aufzugeben.

Die aktuelle Messhardware umfasst insgesamt acht Messsysteme für insgesamt 8 Paar Winkel für die Kufe „Maple Premium Chrome“. Ein Messsystem besteht aus drei Komponenten: (1) die DMS (FLS-3-350-11, Preusser-Messtechnik) an den Stegen der Winkel, (2) einer Vorverstärkerschaltung in einem Gehäuse direkt am Schuh und (3) einer zweiten Verstärkerschaltung und Mikrocontrollerplatine (Atmel XMEGA 128B1 Explained) zur Messwertaufnahme und -übermittlung mittels WLAN.



Abb. 1: Messsystem mit DMS an den Stegen (1), Vorverstärker (2) und Mikrocontrollerboard (3)

Die Untersuchungsergebnisse der Validitätsmessungen im Labor haben gezeigt, dass nicht alle Sensoren bei gleicher Kraftdifferenz die gleiche Messwertdifferenz anzeigen. Um den Messfehler so gering wie möglich zu halten, wurden für alle Kraftsensoren sog. Vorkalibrierungsfaktoren (VKF) bestimmt. Desweiteren hat sich gezeigt, dass bei Messungen mit und ohne Ausgangs-Hochpassfilter eine Verschiebung des Nullkraftniveaus (Mittellinie bei Entlastung) festzustellen ist und diese durch den Hochpass-Filter nicht wie erwartet behoben wird. Ein Vergleich beider Varianten bezüglich der Verhältnisse der Extrema zeigte bei Einsatz des Kondensators deutlich nicht-reale Verhältnisse. Zudem zeigte sich eine geringe Verschlechterung des Signal-Rausch-Verhältnisses im gefilterten Signal. Aus diesem Grund wurde bei den Untersuchungen auf dem Eis der Hochpass überbrückt.

Die Auswertung der aufgezeichneten Kraft-Zeitverläufe brachte zum Vorschein, dass bei knapp der Hälfte aller Messungen die Daten von mindestens einem Kraftsensor auf Grund von Defekten/Ausfällen fehlen. Der Fakt, dass schon fehlende Werte eines Sensors keine Berechnung der Gesamtkraft des jeweiligen Beines bzw. Seitenverhältnisse (Rechts-Links-Vergleich) zulassen, brachte enorme Schwierigkeiten bei der Datenauswertung mit sich. Trotzdem wurde der Versuch unternommen, ausgewählte Datensätze auszuwerten um typische Lauf- bzw. Bewegungsmuster zu erkennen. Die Ergebnisse zeigen sehr unterschiedliche Laufmuster. So variieren z. B. die Schrittdauern zwischen 0,5 und 1 Sekunden, was sich auf die einzelnen Phasenlängen (Aufsatz-, Statische- und Abdruckphase) auswirkt. Die Winkelgeschwindigkeiten in der Abdruckphase variieren ebenfalls sehr stark. Außerdem unterscheidet sich die Anzahl der Schritte pro Runde, die die Testpersonen setzen. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass bei hohen Geschwindigkeiten in der Kurve die Kraftbeiträge (Maximalkraft und Impuls) des rechten Beines deutlich höher sind als links. Auf der Geraden zeigen die Ergebnisse für beide Beine

in etwa gleich hohe Impulse. Ein Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Maximalkraft bzw. Kraftimpuls konnte auf Grund der Datenlage nicht nachgewiesen werden.

Neben den Daten, die mit dem neu entwickelten Messsystem gemessen wurden, wurden noch zahlreiche weitere Parameter auf dem Eis und im Labor erhoben. Die Auswertung dieser Daten zeigt, dass nicht nur die isometrische Maximalkraft der Beinmuskulatur einen enormen Einfluss auf die Laufleistung beim Short Track hat (Kwon et al., 1997; Felser, 2013), sondern vor allem die konzentrische Maximalkraft der Beinstreckmuskulatur die Laufgeschwindigkeit entscheidend beeinflusst. Um die Kraft optimal auf das Eis übertragen zu können, bedarf es einer Stabilisierung vor allem der Knie- und Sprunggelenke, welche hauptsächlich durch die Mm. quadrizeps femoris, peroneus longus und tibialis anterior erfolgt.

## 4 Diskussion

Trotz der aufgetretenen Probleme der aktuellen Messhardware sind die erzielten Ergebnisse aus verschiedenen Blickwinkeln sehr interessant. Die Auswertung der Kraftkurven und der Laufzeiten deutet darauf hin, dass einige Grundannahmen über die unmittelbaren Zusammenhänge zwischen Maximalkraft und Laufgeschwindigkeit teilweise kritisch hinterfragt und näher untersucht werden sollten. Hierzu müssten einerseits neue Messungen durchgeführt werden, für die andererseits eine weiterentwickelte Messtechnik benötigt wird. So erfordert die synchrone und genaue Messung der Gesamtkraft und der seitlichen Kräfte weitergehende Änderungen an der Messschaltung oder die Unterbringung von mehr Sensoren an den vier Stegen. Entwicklungsmaßnahmen sind speziell hinsichtlich der Stabilität der Sensoren und der Empfindlichkeit der Elektronik gegen die außerordentlich hohe mechanische Belastung erforderlich. Zudem muss der Zeitbedarf bei den Messungen verringert werden, um den Einsatz des Systems im Trainingsbetrieb zu ermöglichen. Daher sollte das Ziel eine robuste und kalibrierungsfreie Technik sein.

Desweiteren geben die in diesem Projekt gewonnenen Daten Anlass zur Überlegung, in zukünftigen Arbeiten von dem Konzept der Gesamtkraft abzurücken und die Parametrisierung an den einzelnen Kräften der vorderen und hinteren Sensoren vorzunehmen, da diese aufschlussreicher erscheinen. Ferner deutet das vorhandene Datenmaterial darauf hin, dass die Berücksichtigung weiterer Parameter, wie beispielsweise der Winkel zwischen Eisfläche und Kufe, von Nutzen sein könnten. Zukünftig wäre es auch interessant zu untersuchen, inwiefern eine Anpassung des Trainingsbetriebes an die erweiterte Datenlage für die Athleten von Nutzen sein kann. Die aufgezeichneten Messwerte haben noch einen weiteren Aspekt zutage gefördert: Sie geben Hinweise auf einzelne Aspekte der Bewegungsausführung, die auch für geübte Trainer bzw. Trainerinnen nicht sichtbar sind. Insofern wäre eine Erweiterung des bestehenden Systems zur Bewegungsanalyse, -kontrolle und -verbesserung von besonderem Interesse, um den Trainingsprozess der Athletinnen bzw. Athleten ganzheitlich zu betreuen.

## 5 Literatur

- Behrens, M., Mau-Möller, A., Laabs, H., Felser, S. & Bruhn, S. (2010). Combined sensorimotor and resistance training for young short track speed skaters: A case study. *Isokinetics and Exercise Science*, 18 (4), 193-200.
- Cerizza, C., Conti, S. & Roi, G. S. (1997). Caratteristiche del pattinaggio di velocita su pista corta. Scuola dello Sport (sds). *Rivista di Cultura sportiva* 16, 38, S. 56-62.
- Felser, S. (2013). *Modellierung einer Leistungsstruktur am Beispiel der Sportart Short Track*. Dissertation. Universität Rostock.
- Felser, S., Mau-Möller, A., Behrens, M., Bäumlner, M. & Bruhn, S. (2012). Adaptationen der Kraftfähigkeiten, der neuromuskulären Aktivierung und der Kurvenlaufzeit infolge eines kombinierten Balance- und Krafttrainings bei Short-Track-Kaderathleten. *Leistungssport*, 42 (6), 53-56.
- Laabs, H., Behrens, M. & Bruhn, S. (2009). The effects of a combined sensorimotor and strength training on selective muscles of the ankle joint: Adaptations in muscle strength and neuromuscular activation. In A. Hökelmann, K. Witte & P. O'Donoghue (Eds.), *Current trends in Performance Analysis* (S. 276-279). Aachen: Shaker Verlag.
- Kwon, Y-H., Cho, S-G., Lee, D-G. & Jun, M-K. (1997) The effects of short-term power training on the starting technique of Korean elite female short-track speed skaters. *Korean Journal of Sport Science* 9, 45-57.
- Wesemann, D. (2012). *Sensorik zur Erfassung von Kräften an Schlittschuhen: Recherche und Möglichkeiten*. Lemgo: Institut für industrielle Informationstechnik.



# WVL-Projekte



# Individuelles Gesundheitsmanagement im Olympischen Nachwuchssport (GOAL): Verlängerungsjahr 2013-2014

(AZ 081907/09-14)

Ansgar Thiel<sup>1</sup> (Projektleiter), Astrid Schubring<sup>1</sup>, Jochen Mayer<sup>1</sup>, Alexia Schnell<sup>1</sup>, Katharina Diehl<sup>3</sup>, Katrin Giel<sup>2</sup>, Anne Werner<sup>2</sup>, Sven Schneider<sup>3</sup> (Projektleiter) & Stephan Zipfel<sup>2</sup> (Projektleiter).

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

<sup>2</sup>Abteilung für Psychosomatische Medizin und Psychotherapie des Universitätsklinikums Tübingen

<sup>3</sup>Mannheimer Institut für Public Health, Sozial- und Präventivmedizin der Universitätsmedizin Mannheim

## 1 Problemstellung und Projektkontext

Im WVL-Forschungsprojekt „Individuelles Gesundheitsmanagement im Olympischen Nachwuchssport (GOAL)“ haben wir uns als Forschungsteam von 2009-2013 mit den Bedingungen der Erhaltung der Gesundheit jugendlicher Spitzenathletinnen und -athleten auseinandergesetzt (siehe Thiel et al., 2011; Thiel et al., 2014). Die Ausgangsfrage lautete, wie sich negative Folgen der Jagd nach Höchstleistung im Nachwuchsspitzenbereich verhindern lassen. Dabei ging die Forschergruppe davon aus, dass dem konkreten gesundheits- und ernährungsbezogenen Verhalten die subjektiven Vorstellungen zugrunde liegen, welche die jugendlichen Athletinnen und Athleten von Gesundheit und Ernährung haben. Da diese Konzepte wiederum vom sozialen Kontext bestimmt werden, wurden in den Analysen auch Bezugssysteme, wie Spitzensportorganisationen, Familie, Schule, Sportinternate und Olympiastützpunkte in den Blick genommen.

Um die Gesundheitssituation deutscher Nachwuchsathletinnen und -athleten möglichst differenziert erfassen zu können, haben wir die Datenerhebung multimethodisch angelegt (vgl. Thiel et al., 2011). Im Wesentlichen besteht die Studie aus vier Untersuchungsbereichen:

- › Einer repräsentativen Fragebogenerhebung der 14-18-jährigen (2010/2011) Bundeskader (mindestens D/C-Kader) aus 51 olympischen Sportarten (Datenbasis N = 1138; Rücklaufquote 62 %).
- › Fallstudien in den Sportarten Biathlon, Geräteturnen, Handball und Ringen. In den Fallstudien wurden 24 Interviews mit Athletinnen und Athleten und 28 Interviews mit deren zentralen Betreuungspersonen (Trainerinnen und Trainer; Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten, Ärztinnen und Ärzten) geführt, sowie ausgewählte Trainings- und Wettkampfeinheiten vor Ort beobachtet.
- › Organisationsanalysen deutscher Olympiastützpunkte. Zur Erfassung der ernährungs- und gesundheitsbezogenen Organisationsstrukturen wurde eine Befragung der Olympiastützpunktleiter mittels Fragebogen realisiert (Datenbasis: N = 13, Rücklauf 68 %).
- › Körperbildstudien mit Athletinnen der Sportarten Handball, Judo und nicht-leistungssportaktiven Mädchen gleichen Alters. Befragt wurden mittels eines experimentellen Designs insgesamt 129 Handballspielerinnen (Kaderathletinnen) und 42 weibliche Judoka (Kaderathletinnen). Als Kontrollgruppe dienten 144 Schülerinnen im Alter von 14 bis 17 Jahren.

Im Verlängerungsjahr März 2013 bis Februar 2014 lag der Fokus auf der Auswertung bestehender Daten und deren Veröffentlichung, der methodischen Aufarbeitung zielgruppenspezifischer Erhebungsmethoden, sowie dem Transfer von Ergebnissen in Praxis und Öffentlichkeit.

## 2 Methode

Da im Verlängerungsjahr methodologisch der Fokus auf der Datenanalyse lag, beschränken wir uns nachfolgend auf eine kurze Beschreibung unsere Auswertungsmethode<sup>1</sup>. Der interdisziplinäre Zugang der GOAL Studie spiegelt sich auch in den verwendeten Analyseverfahren wider. Zum einen kamen dabei neben deskriptiven Auswertungen komplexe statistische Verfahren, wie Clusteranalysen, multiple Regressionsanalysen und Baumanalysen zum Einsatz. Zum anderen war unser Zugang bei der Auswertung der Fallstudien hermeneutischer Natur, wobei je nach Fragestellung verschiedene qualitative Analyseverfahren zum Einsatz kamen. Für die Auswertung der narrativen Interviews und biografischen Mappings, waren biografierekonstruierende Verfahren zentral. Sie ermöglichten unter anderem Zusammenhänge zwischen Krankheitsepisoden und Karriereentwicklungen im Leistungssport herauszuarbeiten. Weiter verwendeten wir thematische und konversationsanalytische Analyseverfahren, um beispielsweise Handlungsprobleme von Trainerinnen und Trainern im Nachwuchsbereich zu identifizieren oder strukturelle Zwänge im Sportsystem offenzulegen. Der systematische Vergleich zwischen einzelnen Fällen ermöglichte es schließlich, Bedingungen für eine nachhaltigere Karriereentwicklung von Nachwuchsathletinnen und -athleten zu erkennen.

## 3 Ausgewählte Ergebnisse

Nachfolgend stellen wir ausgewählte Ergebnisse aus den im Verlängerungsjahr angefertigten Veröffentlichungen kurz vor. Der Fokus liegt hierbei auf den qualitativen Daten der Fallstudien.

Das Zusammentreffen von Jugendalter, steigenden Anforderungen des Spitzensports und die Bewältigung schulischer und beruflicher Übergänge birgt für die Gesundheit von Nachwuchsathletinnen und -athleten Risiken (Thiel et al., 2011). Ein bisher aus sozialwissenschaftlicher Sicht nur wenig beachtetes Thema ist der Umgang im Spitzensport mit der Wachstumsphase junger Athletinnen und Athleten (Schubring & Thiel, 2011; 2014a). Unsere Analysen zeigen, dass ein Großteil der befragten Athletinnen und Athleten diesen 'natürlichen' und für die Leistungsentwicklung langfristig zentralen Entwicklungsprozess als krisenhaft erlebt. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn sich ihre Körper nicht konform mit dem Körperideal einer Sportart entwickeln, wenn das Entwicklungstempo nicht der Altersklasse oder den Anforderungen des Fördersystems entspricht. Wenn zudem in dieser Zeit die Leistung stagniert oder sich im Vergleich zur Bezugsgruppe verschlechtert, treten gerade im Jugendalter Selbstzweifel und Ängste, Schuldgefühle oder auch die Frage nach dem Sinn des leistungssportlichen Engagements auf (Schubring & Thiel, 2014a; 2014b).

Die Wachstumsphase wird vor allem auch dann zur Krise, wenn körperliche Beschwerden wie chronische Schmerzen oder Verletzungen auftreten. Dabei haben nur wenige der betroffenen Nachwuchsathletinnen und -athleten ihre langfristige Gesundheit im Blick, sondern deuten die Beschwerden als Schwächung ihrer sportlichen Leistungsfähigkeit und als Bedrohung ihrer Karriere und Identität als Leistungssportler bzw. Leistungssportlerin (Schubring & Thiel, 2014b). So berichtet ein 16-jähriger

---

1 Eine ausführliche Darstellung zentraler Erhebungsinstrumente findet sich im Studienprotokoll (Thiel et al., 2011).

Athlet<sup>2</sup>, der beim Training einen Wachstumsfugenriss erlitt, von dem Gefühl „jetzt ist ALLES vorbei“<sup>3</sup> und den quälenden Gedanken in den Monaten der Rehabilitation: „(Ich dachte) ob ich das überhaupt wieder SCHAFF'. Ob ich jemals wieder voll springen kann auch OHNE Angst und alles, ob ich überhaupt wieder ... auf den STAND komm', auf dem ich davor war?“

In unseren Analysen fragten wir auch nach den Entstehungsmechanismen derartiger Verletzungen. Insbesondere die biografisch rekonstruktiven Analysen zeigen, dass viele Krankheits- und Verletzungsepisoden eine längere Vorgeschichte des Verschweigens, Bagatellisierens oder Nicht-Wahrhaben-Wollens haben (Schubring & Thiel, 2014a; Schubring, Mayer & Thiel, i. V.). Von Seiten der Jugendlichen hat dies zum einen mit fehlenden Verletzungserfahrungen und dem alterstypischen Gefühl der 'Unverwundbarkeit' zu tun, aber oft auch mit hohen Ambitionen und dem Wunsch, sich als leistungsstark zu zeigen (Schubring & Thiel, 2014a; Schnell, Mayer, Diehl, Zipfel & Thiel, 2014). Allerdings tragen auch Erfolgserwartungen durch das Umfeld, Kadernormen und Anforderungsprofile der Sportarten dazu bei, dass jugendliche Athletinnen und Athleten oftmals dysfunktionale Bewältigungsstrategien im Umgang mit Schmerzen und Verletzungen in der Wachstumsphase entwickeln (Schubring & Thiel, 2014b). Beispielsweise erklärt eine 16-jährige Athletin, die zunächst nicht ihre chronischen Kniebeschwerden verschwiegen und dann schließlich mehrere Wochen nicht mehr trainieren konnte: „Ich hatte schon ein schlechtes Gewissen, dass ich nicht trainier' und alle andern dafür trainieren. Hatte ich SCHON, OFT ... man hat schon ein schlechtes Gewissen. Was denkt'n jetzt der TRAINER? Man ist NUR verletzt.“ (Schubring & Thiel, 2014a)

Konkret konnten im kontrastierenden Vergleich der Einzelfälle typische Bewältigungsstrategien identifiziert werden. Mehrheitlich versuchten die betroffenen Athletinnen und Athleten, Wachstumsprobleme durch verstärkte Körperkontrolle, Selbstdisziplin oder Zusatztraining in den Griff zu bekommen. Der im Leistungssport vorherrschende riskante Umgang mit der eigenen Gesundheit ist also bereits im Nachwuchsbereich verbreitet und es fehlt Nachwuchsathletinnen und -athleten an alternativen Handlungsstrategien. Nur wenige scheinen in der Lage, beispielsweise mit Trainerinnen und Trainern selbstinitiiert über Belastungsgrenzen zu sprechen (Schubring & Thiel, 2014b).

Hier liegt Handlungsbedarf vor, denn die Definition der Belastungsgrenze von Nachwuchsathletinnen und -athleten stellt für Trainerinnen und Trainer ein berufsspezifisches Handlungsproblem dar, das komplex, schwer lösbar und extrem folgenreich ist (Schubring, Bub & Thiel, 2014). So ist es einerseits die Aufgabe der Trainerin/des Trainers: „... den Sportler an die HÖCHSTleistung heranzuführen. Dafür muss man AN die Grenze aber auch teilweise ÜBER die Grenze gehen“ (Stützpunktrainer). Andererseits müssen Trainerinnen und Trainer kontinuierlich abwägen: „Kann ich jetzt noch WEITER gehen oder nicht?“ (Co-Bundestrainer). Bei diesen Überlegungen spielt nicht nur die Konstitution eines Athleten/einer Athletin oder die Trainings- und Wettkampfphase eine Rolle, sondern auch Mannschaftsinteressen, struktureller Erfolgsdruck und die Vertragssituation, in der sich Nachwuchstrainerinnen und -trainer befinden. Im systematischen Vergleich zeigte sich, dass sich die Vorstellungen der untersuchten Trainerinnen und Trainer über die Belastbarkeitsgrenze von Nachwuchsathletinnen und -athleten sowohl zwischen Trainerinnen bzw. Trainern als auch intra-individuell stark unterscheiden. Ausschlaggebend dafür, wie hoch Nachwuchsathletinnen und -athleten belastet werden, sind mehrheitlich nicht 'objektive' physiologische Parameter sondern Wissensbestände und Trainingsphilosophien von Trainerinnen und Trainern, Umfeldinteressen sowie strukturelle Zwänge im Leistungssport (ausführlich siehe Schubring, Bub & Thiel, 2014).

2 Aufgrund der den Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern zugesicherten Anonymität, können bei den Zitaten im Text keine weiteren identifizierenden Personenmerkmale genannt werden.

3 Die im Zitat großgeschriebenen Worte kennzeichnen Betonungen des Sprechers.

Neben den vorausgehenden Analysen haben wir uns im Verlängerungsjahr auch mit der methodologischen Aufarbeitung der für die Fallstudien verwendeten „Biografischen System Mapping Methode“ beschäftigt (Thiel, Mayer & Digel, 2010; Mayer, 2010).

Die Methode kombiniert ein narratives Leitfadeninterview mit der Erstellung einer Grafik; im unserem Fall mit einer mehrthematischen Entwicklungsgrafik, die subjektiv wahrgenommene Veränderungen in

- der Leistung
- (dem Wohlbefinden
- der Bedeutung von Gesundheit
- der Bedeutung von Ernährung

abbildet (vgl. Abb. 1).

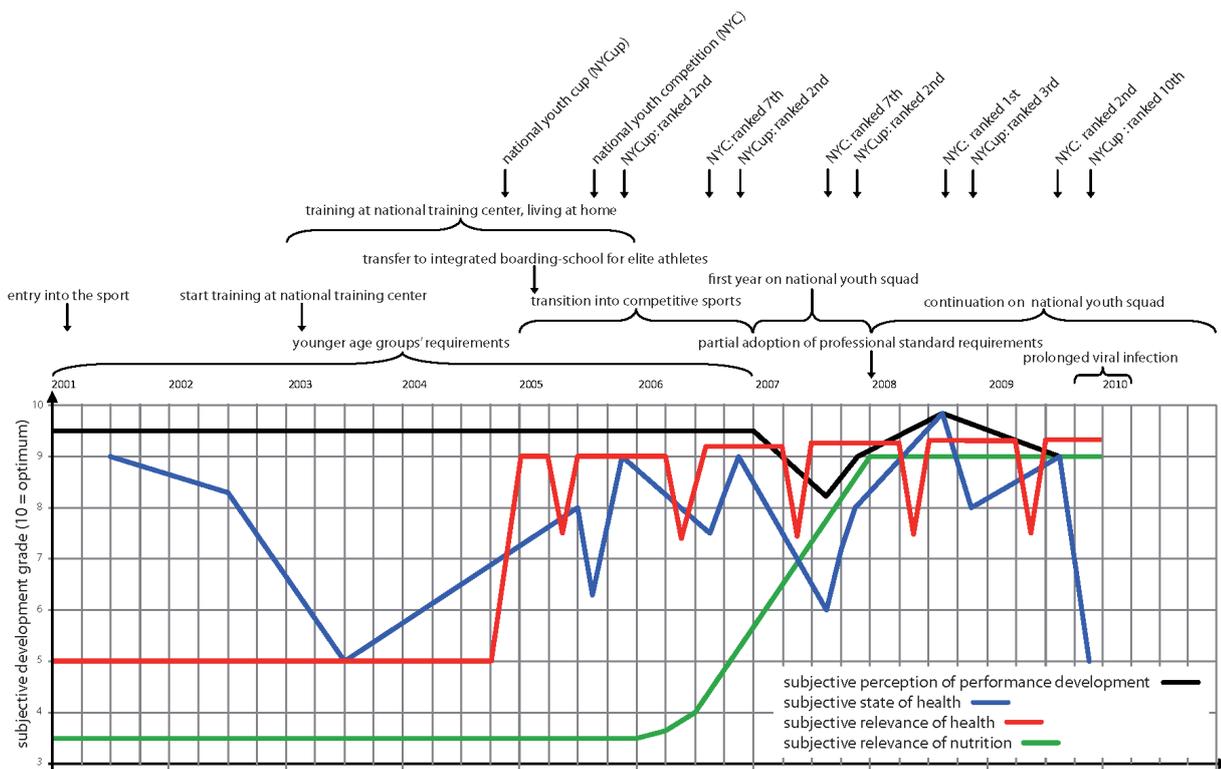


Abb. 1: Beispielgrafik zur Methode des biografischen Mapping (Thiel, Schubring, Schneider, Zipfel, & Mayer, 2015).

Dieses Erhebungsverfahren erwies sich gerade für die Interviews mit Nachwuchsathletinnen und -athleten als erfolgreich, da es den Jugendlichen mehr Anteil an dem Gesprächsverlauf gab und diesen um ein kreatives Element ergänzte. Neben dem reinen Nutzen für die Datenerhebung besitzt das Mappinginstrument auch das Potential, Entwicklungsdynamiken aufzuzeigen, Schlüsselmomente der biografischen Entwicklung im Interviewverlauf zu fokussieren und Reflexions- und Evaluationsprozesse auf Seiten der Befragten anzustoßen (ausführlich dazu Schubring, Mayer, Thiel, i. V.). Darüber hinaus besitzen die in den Interviews von Nachwuchsathletinnen und -athleten erstellten biografischen Mappings auch für die Darstellung unserer Forschungsergebnisse Wert. Sie visualisieren Brü-

che im Entwicklungsprozess, lassen sensitive Karriereübergänge erkennen (z. B. den Wechsel an einen anderen Trainingsort oder den Umzug in ein Internat) und verdeutlichen, dass Entwicklungsprozesse per se nicht linear sind (ausführlich dazu Schubring, Mayer, Thiel, i. V.)

## 4 Transferveranstaltungen und Veröffentlichungen im Verlängerungsjahr 2013-2014

Insgesamt konnten im Verlängerungsjahr und anschließend von der Projektgruppe 15 projektbezogene Zeitschriftenbeiträge und ein Buchbeitrag publiziert werden. Die Veröffentlichungen enthalten sowohl Überblicksdaten zum Gesundheits- und Ernährungsverhalten aller mittels Fragebogen befragten Nachwuchsathletinnen und -athleten, als auch sportartspezifische Analysen und Beiträge zur Methodenforschung. Neben den Veröffentlichungen wurden im Verlängerungsjahr Ergebnisse auf nationalen und internationalen Kongressen in Form von 12 Kongressbeiträgen präsentiert.

Für den Transfer der Ergebnisse in die Sportpraxis konnten zwischen März 2013 bis Februar 2014 sechs thematische Vorträge und Workshops realisiert werden. Ein Schwerpunkt lag dabei auf der Verfügbarmachung und Diskussion der Ergebnisse aus den Fallstudien mit den in den Sportarten tätigen Trainerinnen und Trainern. Der andere Schwerpunkt galt Ärztinnen und Ärzten, die mit der Gesundheitsversorgung im Spitzensport betraut sind. Die Veranstaltungen wurden von uns anonym mittels standardisiertem Fragebogen evaluiert und mit der Statistiksoftware SPSS ausgewertet. Insgesamt wurden die durchgeführten sportartspezifischen Transferveranstaltungen „sehr gut“ bis „gut“ bewertet. Außerdem zeigt die Evaluation, dass die Ergebnisse der Studie für die olympischen Verbände und die im Nachwuchsbereich aktiven Trainerinnen und Trainer von höchster Relevanz sind. Großes Interesse fanden die sportartspezifischen Analysen und Zitate von Athleten und Athletinnen bzw. Betreuungspersonen. Sie sorgten für Wiedererkennungseffekte („da höre ich meine Sportler reden“) und Identifikationsmöglichkeiten. Über alle Sportarten hinweg wurden Überlastungen und Verletzungen, Trainingsmüdigkeit und Ernährungsprobleme und die altersspezifische Belastungsdosierung als besonders wichtig wahrgenommen. Positiv aufgenommen wurde zudem die Darstellung von Handlungsempfehlungen anhand von Beispielen aus anderen nationalen und internationalen Sportverbänden sowie eine von uns erstellte ‚Linksammlung‘ zu gesundheitsrelevanten Themen.

Bei den Transferveranstaltungen äußerten die beteiligten Vertreterinnen und Vertreter den großen Wunsch nach mehr Unterstützung bei der Umsetzung der Ergebnisse. Gefragt wurde beispielsweise nach Schulungsmaterialien für Bundes-, Landes- und Heimtrainer bzw. -trainerinnen sowie nach der langfristigen Verfügbarmachung aktueller Ergebnisse für Verbände. Darüber hinaus stellten die Verantwortlichen heraus, dass es wichtig wäre, die Ergebnisse den Nachwuchsathletinnen und -athleten selbst sowie auch deren Eltern vorzustellen, da hier die Informationsübermittlung von dritter, also objektiverer Seite, oftmals wirkungsvoller sei.

### 4.1 Transferveranstaltungen (Auswahl)

Thiel, A. & Goal Study Group (2013). *Individuelles Gesundheitsmanagement im Nachwuchsleistungssport. Ausgewählte Ergebnisse der GOAL-Studie*. Vortrag am 19.04.2013 beim Landestrainerseminar weiblicher Nachwuchs des DHB in Göppingen.

Thiel, A. & Goal Study Group (2013). *Individuelles Gesundheitsmanagement im Nachwuchsleistungssport. Ausgewählte Ergebnisse der GOAL-Studie*. Vortrag am 19.04.2013 beim DHB Workshop für Bundestrainer, Bundesligaverainstrainer & Landestrainer im Rahmen des Final Four Turniers in Göppingen.

- Schubring, A. & Goal Study Group (2013). *Individuelles Gesundheitsmanagement im Nachwuchsleistungssport. Ausgewählte Ergebnisse der GOAL-Studie*. Vortrag am 19.04.2013 bei Trainern des DTB im Rahmen der Freiburger Gerätturntage.
- Thiel, A. & Goal Study Group (2013). *Individuelles Gesundheitsmanagement im Nachwuchsleistungssport. Ausgewählte Ergebnisse der GOAL-Studie*. Vortrag am 13.07.2013 bei der Landestrainerfortbildung des DHB in Sachsen.
- Thiel, A. & Goal Study Group (2013). *Risikofaktor Leistungssport: Befunde zur Gesundheit und Ernährung. Ausgewählte Ergebnisse der GOAL-Studie*. Vortrag am 23.11.2013 bei der Ärztefortbildung des Bundesleistungszentrums Golf in Pforzheim.
- Thiel, A. & Goal Study Group (2013). *Individuelles Gesundheitsmanagement im Nachwuchsleistungssport. Ausgewählte Ergebnisse der GOAL-Studie*. Vortrag am 30.11.2013 bei der XXIX. Tagung "Sportmedizin im Spitzensport" in Frankfurt/Oberursel.

## 4.2 Konferenzbeiträge (Auswahl)

- Mayer, J. & Thiel, A. (2014). *Elite athletes' willingness to compete while being hurt: a cluster analysis*. 11th European Association for Sociology of Sport Conference. 07.-10. Mai, Utrecht.
- Mayer, J. & Thiel, A. (2013). *The Sense of Coherence in Elite Sports*. 10th Conference of the European Association for Sociology of Sport. 08.-11. Mai, Cordoba.
- Mayer, J. & Thiel, A. (2013). *Hyperinklusion und Playing-Hurt im Spitzensport: Wie bereit sind Spitzenathleten zur Wettkampfteilnahme trotz gesundheitlicher Beschwerden? Jahrestagung der dvs-Sektion Sportsoziologie*. 20.-22. Juni, Paderborn.
- Mayer, J. & Thiel, A. (2013). *Risky Decision Making in Elite Sports: Mechanisms of Playing-Hurt Decision Making*. Research Meeting Loughborough University, 19. November, Loughborough.
- Schubring, A. & Thiel, A. (2014). *Gesundheitspraxen im Nachwuchsleistungssport*. Jahrestagung der dvs-Sektion Sportsoziologie und Sportphilosophie. 03.-05. April, Oldenburg.
- Schubring, A., Mayer, J. & Thiel, A. (2014). *Mapping critical experiences in athletes' life: The use of a graphic data collection tool in qualitative research*. 11th Conference of the European Association for Sociology of Sport. 07.-10. Mai, Utrecht.
- Schubring, A. & Thiel, A. (2013). *Incorporation of Functional Health Practices in Adolescent Elite Sports*. 10th Conference of the European Association for Sociology of Sport. 08.-11. Mai, Cordoba.
- Schubring, A., & Thiel, A. (2013). *Belastbarkeitsdefinitionen von Nachwuchsathleten aus Trainersicht*. 21. dvs-Hochschultag. 25.-27. September, Konstanz.
- Schubring, A. & Thiel, A. (2013). *Growth Problems in Youth Elite Sport*. Research Meeting Loughborough University, 19. November, Loughborough.
- Schubring, A.; Thiel, A. & Goal-Study Group (2013). *Health Identities in Youth Elite Sports: Practices and Constructions in a Culture of Risk*. Transnational Working Group for the Study of Gender and Sport. 13.-14. Dezember, Göteborg.

## 4.3 Buchbeiträge

- Thiel, A., Mayer, J., Schubring, A., Giel, K., Diehl, K., Schnell, A., Zipfel, S. & Schneider, S. (2014). *Individuelles Gesundheitsmanagement im Olympischen Nachwuchssport (GOAL)*. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.). *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2012/2013* (S. 231-240). Köln: Sportverlag Strauß.

#### 4.4 Zeitschriftenbeiträge (peer-reviewed, Verlängerungszeitraum)

- Diehl, K., Thiel, A., Zipfel, S., Mayer, J. & Schneider, S. (2014). Substance use among elite adolescent athletes: Findings from the GOAL Study. *Scandinavian journal of medicine and science in sports*, 24 (1), 250-258.
- Diehl, K., Thielmann, I., Thiel, A., Mayer, J., Zipfel, S. & Schneider, S. (2014) Possibilities to support elite adolescent athletes in improving performance: Results from a qualitative content analysis. *Science & sports*, 29, e115-e125.
- Diehl, K., Yarmoliuk, T., Mayer, J., Zipfel, S., Schnell, A., Thiel, A. & Schneider, S. (2013). Eating Patterns of Elite Adolescent Athletes: Results from a Cross-Sectional Study of 51 Olympic Sports. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 64 (5), 126-131.
- Gerbing, K.-K. & Thiel, A. (2015). Handling of medical knowledge in sports: athletes' medical opinions, information seeking behaviours and knowledge sources. *European journal of sport science*, doi: 10.1080/17461391.2014.989278
- Mayer, J. & Thiel, A. (2014). Health in Elite Sports from a Salutogenetic Perspective: Athletes' Sense of Coherence. *PLoS ONE*, 9 (7): e102030. doi:10.1371/journal.pone.0102030
- Schneider, S., Weiß, M., Thiel, A., Werner, A., Mayer, J., Hoffmann, H., The GOAL Study group & Diehl, K. (2013). Body dissatisfaction in female adolescents: TV exposure and parental comments as important correlates. *European journal of pediatrics*. doi: 10.1007/s00431-012-1897-z
- Schnell, A., Mayer, J., Diehl, K., Zipfel, S., & Thiel, A. (2014). Giving everything for athletic success! – Sports-specific risk acceptance of elite adolescent athletes. *Psychology of sport and exercise*, 15 (2), 165-172.
- Schubring, A. & Thiel, A. (2015). Health-Related Gender Boundary Crossing in Youth Elite Sport. *Sport in society*, doi: 10.1080/17430437.2015.1073948
- Schubring, A. & Thiel, A. (2014). Growth problems in youth elite sports. Social conditions, athletes' experiences, and sustainability consequences. *Reflective practice*, 15 (1), 78-91.
- Schubring, A. & Thiel, A. (2014). Coping with growth in adolescent elite sport. *Sociology of sport journal*, 31 (3), 304-326.
- Schubring, A., Bub, E.-M. & Thiel, A. (2014). "How much is too much?" The social construction of youth elite athlete exercise tolerances from the coaches' perspective. *Journal of sport and social issues*, 1-24. doi:10.1177/0193723514557820
- Thiel, A., Schubring, A., Schneider, S., Zipfel, S. & Mayer, J. (2015). Health in elite sports – a "bio-psycho-social" perspective. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* (in press).
- Thiel, A. (2014). Editorial: Spitzensport und Gesundheit – eine Risikokultur im Fokus. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 65, 147-148. doi:10.5960/dzsm.2014.135
- Thiel, A. & GOAL Study Group (2014). Gesundheit im Nachwuchsleistungssport – die GOAL-Studie. *Medical sports network*, 7, 22-25.
- Werner, A., Thiel, A., Schneider, S., Mayer, J., Giel, K. & Zipfel, S. (2013). Weight-control behavior and weight-concerns in young elite athletes – a systematic review. *Journal of eating disorders*, 1 (18). doi:10.1186/2050-2974-1-18

## 5 Literatur

- Mayer, J. (2010). *Verletzungsmanagement im Spitzensport*. Hamburg: Czwalina.
- Schnell, A., Mayer, J., Diehl, K., Zipfel, S., & Thiel, A. (2014). Giving everything for athletic success! – Sports-specific risk acceptance of elite adolescent athletes. *Psychology of sport and exercise*, 15 (2), 165-172.
- Schubring, A., Mayer, J. & Thiel, A. (i. V.). *Mapping health and illness in youth: The use of a graphic data collection tool in biographical research*.
- Schubring, A., & Thiel, A. (2011). Growth as Crisis Potential in Elite Youth Sports – Origins and construction of growth problems in young elite athletes from a sociological perspective. [Wachstum als Krisenpotenzial im Nachwuchsleistungssport - Genese und Konstruktion von Wachstumsproblemen jugendlicher Nachwuchsathleten aus soziologischer Perspektive]. *Sport und Gesellschaft*, 8 (3), 255-282.
- Schubring, A. & Thiel, A. (2014a). Coping with growth in adolescent elite sport. *Sociology of sport journal*, 31 (3), 304-326.
- Schubring, A. & Thiel, A. (2014b). Growth problems in youth elite sports. Social conditions, athletes' experiences, and sustainability consequences. *Reflective practice*, 15 (1), 78-91.
- Schubring, A., Bub, E.-M. & Thiel, A. (2014). "How much is too much?" The social construction of youth elite athlete exercise tolerances from the coaches' perspective. *Journal of sport and social issues*, 1-24. doi:10.1177/0193723514557820
- Thiel, A., Diehl, K., Giel, K., Schnell, A., Schubring, A., Mayer, J., Zipfel, S. & Schneider, S. (2011). *The German Young Olympic Athletes' Lifestyle and Health Management Study (GOAL Study): design of a mixed-method study*. *BMC Public Health*, 11 (1), 410.
- Thiel, A., Mayer, J. & Digel, H. (2010). *Gesundheit im Spitzensport*. Schorndorf: Hofmann.
- Thiel, A., Schneider, S., Zipfel, S. Mayer, J. Schnell, A., Schubring, A., Diehl, K. Giel, K., Werner, A. & Bradatsch, A. (2014). Individuelles Gesundheitsmanagement im olympischen Nachwuchsleistungssport – die GOAL-Studie. *B & G Bewegungstherapie und Gesundheitssport*, 30, 4, 185-186.

# Implementierung des Lern- und Diagnosetools „iQMsport“ in drei Spitzensportverbänden (DJB, DLV, DTB)

(AZ 071612/13-14)

Frank Hänsel<sup>1</sup> (Projektleiter) & Sören Daniel Baumgärtner<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Technische Universität Darmstadt, Institut für Sportwissenschaft

<sup>2</sup>Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main, Institut für Sportwissenschaften

## 1 Problem

<sup>1</sup>Die Frage nach der Qualität bei der Gestaltung und Steuerung von Trainings- und Wettkampfprozessen wird meist auf der Basis von mehr oder weniger objektiv messbaren Größen beantwortet. **Subjektive Qualitätsbeurteilungen**, beispielsweise die Akzeptanz von Trainingsmaßnahmen und die Zufriedenheit mit der Wettkampfvorbereitung, werden im Leistungssport kaum systematisch angewendet. Dagegen wird in der Forschung zur Qualität beziehungsweise zum Qualitätsmanagement ausdrücklich auf die große Bedeutung subjektiver Qualitätswahrnehmung hingewiesen (Hänsel, Werkmann, Kappes & Schulz, 2013a).

Im WVL-Projekt „Trainings- und Wettkampfqualität aus Athleten- und Trainersicht (QuATraS)“ (AZ 081905/09-12) wurde eine prinzipiell empirisch gestützte, interdisziplinäre und umfassende **Systematik subjektiver Qualitätsaspekte** für den Nachwuchsleistungs- und Spitzensport aus der Perspektive von Athleten<sup>2</sup> und Trainern entwickelt (Hänsel et al., 2013a). Diese Systematik basiert auf einem ereignisorientierten Ansatz zur Erfassung der Qualitätswahrnehmungen und bildet aus Sicht von Athleten und Trainern kritische Ereignisse im Nachwuchsleistungs- und Spitzensport ab, die für eine langfristige Leistungsentwicklung eines Athleten bedeutungsvoll sind.

Bisherige Forschungsergebnisse zeigen (Hänsel, Werkmann, Kappes & Schulz, 2013b), dass Athleten und Trainer zur Qualitätsbeurteilung unterschiedliche Aspekte heranziehen und deren Relevanz nicht in gleicher Weise beurteilen. Nicht nur, aber auch aufgrund dieser empirisch feststellbaren Differenzen zwischen Athlet beziehungsweise Team und Trainer ist davon auszugehen, dass es eines professionellen Umgangs mit dem zugrundeliegenden Wahrnehmungs- oder Bewertungskonflikt bedarf.

Auf der Basis der Systematik subjektiver Qualitätsaspekte wurde ein elektronisch gestütztes, modular und hierarchisch aufgebautes sowie prinzipiell für die Weiterentwicklung offenes Instrument zur Vermittlung (**Lerntool**) und zur Selbstevaluation (**Diagnosetool**) für Trainer und Athleten, aber auch für Ausbilder, Lehrwarte, Betreuer, Funktionäre, Laufbahnberater und Sportpsychologen entwickelt (**Integriertes Qualitätsmanagement im Leistungssport – iQMsport**).

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 Athleten im Rahmen von Trainer Aus-, Fort- und Weiterbildung. Inhalt ist unter anderem die Einführung in die Verwendung und Auswertung des im Folgenden beschriebenen Diagnosetools.

1 Einige Textteile wurden in ähnlicher Form bereits in der Zeitschrift *Leistungssport* veröffentlicht (Hänsel, Werkmann, Kappes & Schulz, 2013a, 2013b; Hänsel & Baumgärtner, 2015).

2 Zur Verbesserung der Lesbarkeit werden in diesem Bericht Personenbezeichnungen in der männlichen Form verwendet; gemeint sind dabei in allen Fällen Frauen und Männer.

Das entwickelte **Diagnosetool** eignet sich einerseits zur Feststellung des Status quo, andererseits aber auch zur Messung von Veränderungen bzw. zum Monitoring von Entwicklungsverläufen. Hier können Athleten und Trainer, beispielsweise in (1) Form eines Screenings, (2) einer selbst zusammengestellten Teil-Diagnostik oder (3) einer umfassenden Diagnostik, strukturiert ihre Einschätzungen zu Qualitätsaspekten abgeben. Die Auswertung zeigt (a) welche Bereiche wie beurteilt und (b) ob sie unterschiedlich, ähnlich oder gleich wahrgenommen werden.

Darüber hinaus kann das Instrument zur Bestimmung individueller Belastungs- und Beanspruchungsparameter von Training und Wettkampf verwendet werden.

Ziel des Betreuungsprojektes war es:

- › iQMsport in die drei Spitzensportverbände Deutscher Judo-Bund (DJB), Deutscher Leichtathletik-Verband (DLV) und Deutscher Turner-Bund (DTB) einzuführen,
- › Trainer und Athleten bei der Anwendung zu unterstützen sowie (3) mögliche Anwendungsszenarien und konkrete Handlungsoptionen zu erarbeiten und die Handlungsoptionen in das Auswertungstool von iQMsport zu integrieren.

## 2 Methode und Ergebnisse

Folgende Maßnahmen sollten die Verbände bei der nachhaltigen Verwendung des Lern- und Diagnosetools unterstützen: (2.1) Schulung von Trainern in Aus-, Fort- und Weiterbildung, (2.2) Dissemination unter Athleten, (2.3) Betreuung von Trainer-Athlet-Dyaden bei der Verwendung des Diagnosetools sowie (2.4) Einbindung von Fachbetreuern (Sportpsychologen) durch einen Workshop.

### 2.1 Schulung von Trainern in Aus-, Fort- und Weiterbildung

Ein Teilziel des Betreuungsprojektes war es, Trainer des Nachwuchsleistungs- und Spitzensports zur Bedeutung subjektiver Qualitätswahrnehmungen bei der Steuerung und Gestaltung von Trainings- und Wettkampfprozessen und zur Verwendung des Diagnosetools zu informieren beziehungsweise zu schulen sowie die Bereitschaft zur Nutzung des Diagnosetools herzustellen. Hierfür wurde ein Ausbildungscurriculum entwickelt und durchgeführt.

In Absprache mit den Verbänden wurden in Traineraus-, -fort- und -weiterbildungen, Symposien und Lehrreferententagungen die oben genannten Inhalte durch Experten vermittelt.

Geplant war die Gestaltung und Durchführung von zwei bis drei Schulungsmaßnahmen pro Spitzensportverband. Aufgrund der geringen Anzahl an angebotenen Lehrgängen durch die beteiligten Verbände erfolgte eine Erweiterung der Zielgruppe auf interessierte Verbandspartner aus dem Projekt „QuATraS“ (Hockey- und Volleyballverband).

Insgesamt wurden 8 Schulungsmaßnahmen auf A-/B-Trainer-Niveau durchgeführt (auf 3 Ausbildungs- bzw. 4 Fortbildungslehrgängen sowie einer Lehrreferententagung). Dabei kann über die Maßnahmen hinweg von einem hohen Interesse am Einsatz von iQMsport berichtet werden.

### 2.2 Dissemination unter Athleten

Einen weiteren Schwerpunkt des Projektes stellte die Dissemination des Diagnosetools (Nutzen, Ziele, Anwendung, Auswertung) bei Athleten des Nachwuchsleistungs- und Spitzensportbereichs. Dazu wurden primär die Informationskanäle der beteiligten Verbände verwendet (Homepage, E-Mail, Verbandszeitschriften etc.). Außerdem wurden Kongresse, Symposien und weitere Publikationsorgane

– auch anderer Spitzensportverbände (Hockey-Verband, Volleyball-Verband, Tischtennis-Bund) – sowie die direkte Ansprache bei Kaderlehrgängen als Disseminationsplattform genutzt. Sportartübergreifend erfolgte eine Publikation in der Zeitschrift *Leistungssport* (Hänsel & Baumgärtner, 2015).

### **2.3 Betreuung von Trainer-Athlet-Dyaden bei der Verwendung des Diagnosetools**

Ein weiteres Vorhaben des Betreuungsprojektes war die Förderung der standardisierten Verwendung des Diagnosetools in der Praxis des Nachwuchsleistungs- und Spitzensports. Die Betreuung von Trainer-Athlet-Dyaden wurde, trotz der Kontaktaufnahme über die Sportdirektoren sowie eine Erweiterung auf zusätzliche Spitzensportverbände (Hockey-Verband, Volleyball-Verband und Tischtennis-Bund), nur wenig nachgefragt. Die Betreuung beschränkte sich zumeist auf eine Einführung in iQMsport. Eine Dyaden-Begleitung über den gesamten Qualitätsmanagementprozess (Einführung ins Tool, Diagnose, Auswertung, Gespräch mit Zielvereinbarung und Terminierung einer erneuten Diagnostik) wurde als nicht notwendig eingeschätzt. Dies ist nach Aussagen der betreuten Dyaden darauf zurückzuführen, dass sich das Tool einfach und selbsterklärend anwenden lässt und eine transparente Struktur für den weiteren Qualitätsmanagementprozess vorgibt.

### **2.4 Workshop mit Fachbetreuern (Sportpsychologen)**

Ein weiteres Teilziel des Betreuungsprojektes war es, im Anschluss an die Analyse durch das Diagnosetool Trainern Handlungsoptionen zur Verfügung zu stellen. Vor allem bei Differenzen zwischen Athlet/Team und Trainer ist davon auszugehen, dass es eines professionellen Umgangs mit dem zugrundeliegenden Wahrnehmungs- oder Bewertungskonflikt bedarf. Den Trainern sollten daher Möglichkeiten einer diskursiven Verständigung bei Konflikten zur Verfügung gestellt werden. Dazu sollten praktikable Lösungsmöglichkeiten für Trainer im Setting des Spitzensports benannt werden. Zudem galt es die Fachbetreuer (Sportpsychologen) bei der Verwendung, Auswertung und Handlungsplanung einzubinden.

Der Workshop wurde am 01.04.2014 in den Räumen des BISp (Bonn) durchgeführt. Eingeladen waren Vertreter des DOSB, des BISp sowie die Verbandspsychologen und die am oben genannten Projekt QuATraS beteiligten zehn Verbände (Bundesverband Deutscher Gewichtheber, Deutscher Fechter-Bund, Deutscher Hockey-Bund, Deutscher Judo-Bund, Deutscher Leichtathletik-Verband, Deutscher Skiverband, Deutscher Turner-Bund, Deutsche Triathlon Union, Deutscher Volleyball-Verband, Snowboard Verband Deutschland). Im Workshop erfolgte neben der Einführung in das Tool die Sammlung von Anwendungsszenarien und Handlungsoptionen.

Im Anschluss an den Workshop wurde eine Delphi-Studie zur Evaluation der im Workshop gesammelten und diskutierten Anwendungsszenarien und Handlungsoptionen durchgeführt. Hierzu wurden die Anwendungsszenarien und Handlungsoptionen kategorisiert und in Verbindung mit dem Protokoll des Workshops per E-Mail an alle Teilnehmenden verschickt. Diese wurden gebeten, die Sammlung und Kategorisierung der Anwendungsszenarien und Handlungsoptionen zu prüfen und gegebenenfalls zu ergänzen. Die zugegangenen Rückmeldungen wurden dann in die bestehende Systematik eingearbeitet und den Teilnehmenden wiederum digital zur Verfügung gestellt.

Nach Abschluss der Delphi-Studie konnte die in Tab. 1 dargestellten Anwendungsszenarien ermittelt und zehn Kategorien zugeordnet werden:

- › Zusammenarbeit fördern
- › vorangegangene Perioden analysieren
- › konkrete Wettkampfsituationen analysieren
- › Verletzungen
- › leistungsbezogene Schlüsselereignisse
- › soziale Schlüsselereignisse
- › Sensibilisierung für die Bedeutung subjektiver Qualität
- › Initiator
- › Konfliktmanagement
- › Teammanagement.

Tab. 1: Ergebnisse der Kategorisierung der Anwendungsszenarien.

Kategorien	Gesammelte Aussagen
Zusammenarbeit fördern	Leistungsbewertung Athlet; Einschätzung eines Athleten von Heim-/ Bundestrainer; Athlet neu im Kader; Erstgespräch LBB/OSP
Analyse vorangegangener Perioden	strukturiertes Gespräch; Jahresgespräch mit Topathleten; Halbjahresgespräche; Vierteljahresgespräche zwischen Sportpsychologe/Trainer/Athlet; Jahresauswertung; Auswertung Makrozyklus; Saisonabschluss; Reflexion einer Wettkampfphase; nach Wochenenden; nach Wettkampfwochenenden; Bewertung und Wahrnehmung des Trainingslagers; nach einem Lehrgang
Analyse konkreter Wettkampfsituationen	nach Wettkämpfen; vergebene Matchbälle; verspielte Führung; Wettkampfunterbrechungen
Verletzungen	nach Verletzungen; Risikomanagement in Bezug auf Verletzungen
Leistungsbezogene Schlüsselereignisse	nach Misserfolgen; nach Erfolgen; bei Leistungsstagnation; bei Leistungskrisen; Diskrepanz zwischen Trainings- und Wettkampfleistung; abnehmender Erfolg
Soziale Schlüsselereignisse	nach der Schulausbildung; nach Karriereende; Wechsel Trainingsort
Sensibilisierung für die Bedeutung subjektiver Qualität	Einbindung in Traineraus- und -fortbildungen; Kaderlehrgänge; Nachwuchsarbeit
Initiator	Einsatz auf Traineranfrage; unter Anleitung von Verband/Sportpsychologen
Konfliktmanagement	Objektivieren von Konfliktsituationen; Trainer „kommt nicht mehr an Athlet heran“; Athlet kann nicht gut mit Emotionen umgehen; große Differenzen zwischen Eigen- und Fremdwahrnehmung; unzufriedene Athleten; Probleme zwischen Trainer und Athlet; Identifikation kritischer Elementen
Teammanagement	Anwendung aufgrund der Größe einer Trainingsgruppe; Teamsportarten; verbesserte Identifikation des Trainers mit dem Team

Die gesammelten und kategorisierten Handlungsoptionen sind in Tab. 2 dargestellt. Sie enthalten die vier Kategorien

- › Eigenreflexion
- › Gesprächsführung
- › Unterstützung
- › Konsequenzen.

Die letztendlich für iQMsport ausgearbeiteten und im Auswertungstool integrierten Handlungsoptionen lassen sich drei möglichen Einsatzformen zuordnen: (1) Selbstreflexion des Trainers, (2) Trainer-Athlet- bzw. Trainer-Team-Vergleich sowie (3) Gespräch mit externer Unterstützung.

Tab. 2: Ergebnisse der Kategorisierung der Handlungsoptionen.

Kategorien	Gesammelte Aussagen
Eigenreflexion	Eigenreflexion
Gesprächsführung	Kommunikation Athlet und Trainer; Begründung der Bewertung; Vergleichen mit anderen Athleten, um Einzelfälle ausschließen zu können; angeleitete Problemlösung; Zielvereinbarung zur Verbesserung von Übereinstimmungen; gemeinsamer Austausch; Schuldzuweisung vermeiden; Rollen klären; Auswertung mit Übereinstimmungen beginnen; ggf. entemotionalisieren; Analyse warum Diskrepanzen entstehen; Schuldzuweisung fragwürdig; Wertschätzung dem anderen gegenüber bewusst machen; Auswertungssetting vorher besprechen; mögliche Auswirkungen der Differenzen auf Leistungsentwicklung aufzeigen; jeder Teilnehmer muss Bewertung erklären können ohne unterbrochen zu werden; professionelle Gesprächssituation herstellen; Optimierungschancen bewusst machen; Einsatz zweimal im Jahr, um Orientierungsmöglichkeiten von Trainer- und Athletenseite zu erkennen
Unterstützung	Externe Rückmeldung einholen; Hinzuziehen eines Sportpsychologen; Mediation; Hinzuziehen eines Mediators; Hinzuziehen eines Moderators; Begründung der Bewertung (ggf. durch Moderator); Coaching von Drittperson; Abstimmung Trainer-Athlet, ob Psychologe vermitteln soll; Möglichkeit der Kontaktaufnahme mit Verbandspsychologen
Konsequenzen	konkrete Maßnahmen zu späterem Zeitpunkt überprüfen; getrennte Wege gehen (letzte Lösung), Umstellung Trainingsmethodik

### 3 Diskussion

Die drei primären Projektziele (1) Einführung von iQMsport in die drei beteiligten Spitzensportverbände, (2) Unterstützung der Trainer und Athleten bei der Anwendung sowie (3) die Erarbeitung und Integration von Anwendungsszenarien und Handlungsoptionen konnten erreicht werden.

Die Informationen zu iQMsport wurden über zahlreiche Plattformen, wie Webseiten, E-Mails, Kongresse, Symposien, Verbandszeitschriften und über weitere Publikationsorgane (u. a. Zeitschrift *Leistungssport*) disseminiert. Dies geschah nicht nur in den im Betreuungsprojekt beteiligten Verbänden (Deutscher Judo-Bund, Deutscher Leichtathletik-Verband, Deutscher Turner-Bund), sondern darüber hinaus auch noch in weiteren Sportverbänden (Hockey-Verband, Volleyball-Verband und Tischtennis-Bund).

Das Betreuungsprojekt zeigt, dass sich iQMsport flexibel in die Traineraus-, -fort- und -weiterbildungsstrukturen der Verbände integrieren lässt. Beispielsweise ist es mittlerweile systematisch in die Trainerausbildung des Deutschen Turner-Bundes eingebunden. Ein entsprechendes Curriculum für die Trainerausbildung wurde erstellt und liegt einsatzbereit vor. Darüber hinaus wird iQMsport von den Anwendern (z. B. Fachvertreter, Trainer und Athleten auf unterschiedlichem Niveau) positiv bewertet.

Die im Workshop mit den Fachbetreuern ermittelten Optimierungsbedarfe wurden ebenso entwickelt und in iQMsport implementiert wie die gesammelten Anwendungsszenarien und Handlungsoptionen. Eine systematische und nachhaltige Implementierung eines Tools wie iQMsport – dessen reflexive und umfassende Ausrichtung an der komplexen „Arbeitssituation“ Leistungssport eine selbstverständliche Platzierung in den Arbeitsprozessen des Leistungssports erschwert – stellt in der Praxis eine Herausforderung an alle Beteiligten dar. Die Etablierung von iQMsport scheint aber ein gangbarer Weg zur Förderung eines notwendigen selbstbestimmten Qualitätsmanagements in den Spitzensportverbänden zu sein.

## 4 Literatur

- Baumgärtner, S. D. & Hänsel, F. (2014). Wie gut ist Ihr Training? – Qualitätsmanagement von Training und Wettkampf mit iQMsport. *Tischtennis Lehre*, 30 (4), 30-31.
- Baumgärtner, S. D. & Hänsel, F. (2014). iQMsport: Vorstellung eines webbasierten Lern- und Diagnosetools zum Qualitätsmanagement im Leistungssport für Trainer und Athleten. In N. Hagemann, F. Loffing, A. Albert, S. Fischer, T. Heyer & F. Sölter (Hrsg.), *Sport.Spiel.Trends: interdisziplinär, innovativ, international. Abstractband zum 9. Symposium der dvs-Kommission Sportspiele vom 24.-26. September 2014 in Kassel* (S. 87). Hamburg: Czwalina.
- Baumgärtner, S. D. & Hänsel, F. (2014). Integriertes Qualitätsmanagement im Leistungssport (iQM-sport) – ein webbasiertes Lern- und Diagnosetool für Athleten und Trainer. In R. Frank, I. Nixdorf, F. Ehrlenspiel, A. Geipel, A. Mornell & J. Beckmann (Hrsg.), *Performing Under Pressure – Internationales und interdisziplinäres Symposium: 46. ASP-Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie (asp) & Art in Motion 2014 vom 29.-31. Mai 2014 in München* (S. 87). Hamburg: Czwalina.
- Hänsel, F. & Baumgärtner, S. D. (2015). iQMsport – ein webbasiertes Instrument zur Erfassung der wahrgenommenen Qualität und der Wahrnehmungskongruenz zwischen Athleten und Trainern in der leistungssportlichen Praxis. *Leistungssport*, 45 (1), 43-48.
- 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.

Weitere Informationen unter: [www.iqmsport.de](http://www.iqmsport.de)