Bundesinstitut
für Sportwissenschaft

Wir helfen
dem Sport

BISp-Jahrbuch

Forschungsförderung 2017/18



Bundesinstitut für Sportwissenschaft

BISp-Jahrbuch

Forschungsförderung 2017/18

Impressum

Herausgeber
Bundesinstitut für Sportwissenschaft
Graurheindorfer Straße 198 · 53117 Bonn
info@bisp.de
www.bisp.de

Ansprechpartner
Elke Hillenbach
Tel.: 0228 99 640 9052
E:Mail: elke.hillenbach@bisp.de

Stand
Dezember 2018

BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2017/18
ISBN 978-3-96523-004-0

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

Editorial

Das Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) unterstützt eine Vielfalt von Projekten im Bereich der sportwissenschaftlichen Forschung. Auch in diesem Jahr möchten wir das „BISp-Jahrbuch Forschungsförderung“ nutzen, um diese Vielfalt abzubilden.

Ergebnisse sportwissenschaftlicher Forschung in die Praxis des Spitzensports umzusetzen und die Transparenz in der Forschungsförderung stetig weiterzuentwickeln – dies ist ein wesentliches Anliegen des BISp. Mit vorliegenden Berichten über die im Berichtszeitraum abgeschlossenen Projekte wenden wir uns an Akteur*innen in (Sport-)Praxis und (Sport-)Wissenschaft, um Forschungsergebnisse darzustellen und Trends aufzuzeigen.

In der Rubrik „Medizin und Naturwissenschaften“ finden Sie in dieser Ausgabe 14 Beiträge zu abgeschlossenen Forschungs- und Transferprojekten. Der Bereich „Sozial- und Verhaltenswissenschaften“ wird mit 15 Projekten abgebildet. Im Kapitel „Sportanlagen und Sporttechnologie“ werden vier Projekte mit ihren Ergebnissen vorgestellt.

Darüber hinaus wurden im Berichtszeitraum zwei so genannte WVL-Projekte (Wissenschaftliches Verbundsystem Leistungssport) gefördert. Über die Ergebnisse wird nach Beendigung der Laufzeit in einem späteren Jahrbuch berichtet.

Aufgrund des großen Bedarfs und den äußerst positiven Rückmeldungen aus der Sportpraxis und Wissenschaft hat das BISp die Service-Forschung als festen Bestandteil in die Projektförderung integriert. Auch in dieser Jahrbuch-Ausgabe erhält die Service-Forschung eine eigene Rubrik – 24 Projekte werden dort dargestellt. Weitere Informationen zu diesem Projekttyp finden Sie auf unserer Homepage (https://www.bisp.de/DE/ForschungFoerdern/Service-Forschung/Service-Forschung_node.html).

Bedanken möchten wir uns bei allen, die uns auch 2018 bei dieser Arbeit unterstützt haben. Ein besonderer Dank gilt dabei den Gutachter*innen für ihr ehrenamtliches Engagement, aber auch all jenen, die bei den Beratungsgesprächen sowie in den Projektbeiräten ehrenamtlich mitgewirkt haben.

Für Fragen und Anregungen stehen Ihnen alle Mitarbeiter*innen des Hauses gerne zur Verfügung. Auf der Homepage des BISp (www.bisp.de, Rubrik „Über uns“) finden Sie die notwendigen Kontaktdaten.

Ralph Tiesler

Direktor des Bundesinstituts
für Sportwissenschaft

Inhalt

Editorial 3

Inhalt 5

Medizin und Naturwissenschaften 11

Anpassung der morphologischen und mechanischen Eigenschaften des Muskels und der Sehne durch exzentrisches Training – Effekt der Reizfrequenz 13
Robert Marzilger und Adamantios Arampatzis (Projektleitung)

Der akute Effekt von unterschiedlichen Krafttrainingsmethoden und Belastungsumfängen auf die Ermüdung und Kontraktionskraft des humanen Skelettmuskels unter besonderer Berücksichtigung des Ryanodin-Rezeptors Typ 1 17
Daniel Jacko (Projektleitung), Käthe Bersiner, Gerrit Friederichs, Patrick Ritter, Linnea Nirenberg, Jan Eisenbraun, Markus de Marées, Wilhelm Bloch & Sebastian Gehlert

Effekte eines dynamischen Ganzkörper-EMS-Trainings auf skelettmuskuläre Anpassung und neue Belastungsmarker im Blut – Konsequenzen für die körperliche Leistungsfähigkeit. 25
Andre Filipovic, Marijke Grau, Sebastian Gehlert, Heinz Kleinöder & Wilhelm Bloch (Projektleitung)

Der „Warburg-Effekt" des Skelettmuskels. Die Glykolyse als essentielles Bindeglied zwischen Energiebereitstellung und Muskelwachstum 33
Sebastian Gehlert, Henning Wackerhage, Daniel Jacko, Axel Przyklenk, Sander Verbrugge, Gabi Kastenmüller & Wilhelm Bloch

Nutzen von c-MicroRNAs als Biomarker zur Belastungs- und Trainingssteuerung im Leistungssport 41
Karsten Krüger, Tim Bosslau, Jochen Wilhelm, Katharina Alack & Frank C. Mooren (Projektleitung)

Nahrungsergänzungsmittel im Sport. Ein experimenteller Zugang zur Erklärung, Vorhersage und Prävention des Konsums von kritischen Substanzen im Nachwuchsleistungssport mit Hilfe der Theorie der Zielsysteme. 49
Franz Baumgarten & Ralf Brand (Projektleitung)

Entwicklung und Evaluation eines biomechanischen Messplatzes mit integrierter Test-Prothese für beinamputierte Radsportler 55
Anja Hirschmüller (Projektleitung), Urs Schneider, Florian Blab & Patrick Kromer

Effekte eines mittelfristigen Trainingskonzepts unter partiell entleerten Glykogenspeichern auf Parameter der Gesundheit und Leistungsfähigkeit bei Ausdauerathleten 65
Anja Carlsohn (Projektleitung), Raul de Souza Silveira & Maximilian von Lippe-Falkenflucht

Schnelligkeitsorientiertes Sprungtraining im Nachwuchsleistungssport 71
Uwe Wenzel, Christine Janke, Caroline Schempp, Joshua Deckert & Maren Witt (Projektleitung)

Training der geteilten Aufmerksamkeit im (Beach)-Volleyball: Durch perzeptuell-kognitive Expertise zum Erfolg 77
Marie-Therese Fleddermann, Karen Zentgraf (Projektleitung), Christian Wolf & Ralph Bergmann

Geschichte der deutschen Sportmedizin seit 1945 – Genese einer medizinischen Disziplin zwischen Gesundheitsprävention und Leistungssport 83
Michael Krüger (Projektleitung), Christian Becker, Stefan Nielsen & Lukas Rehmann

Biomechanische Diagnostik und Sonifikation von Gieren und Stampfen des Rennruderbootes im Nachwuchstraining 89
Klaus Mattes (Projektleitung), Nina Schaffert & Stefanie Manzer

Spielanalyse Para-Tischtennis 95
Daniel Link (Projektleitung), Michael Fuchs & Volker Ziegler

Kinematische Analyse des Sprintschrittes und Vergleich mit dem Modell der Schwung-Zug-Technik in verschiedenen Leistungsklassen 99
Klaus Mattes (Projektleitung), Stefanie Manzer, & Martin Reischmann

Sozial- und Verhaltenswissenschaften 105

Anforderungen und Bewältigungsprozesse im paralympischen Nachwuchsleistungssport unter besonderer Berücksichtigung der Vereinbarung von Schule und Leistungssport 107
Sabine Radtke (Projektleitung) & Lisa Schäfer

Effekte des Hochleistungssports auf die kollektive Identifikation der Bürgerinnen und Bürger 113
Michael Mutz (Projektleitung) & Markus Gerke

Psychische Gesundheit von Trainern: Diagnostik und Intervention 119
Michael Kellmann (Projektleitung), Jens Kleinert (Projektleitung), Paul Schaffran & Christian Zepp

S4WIN – Selbstgesprächsregulation **für W**ettkampferfolge **i**m **N**achwuchsleistungssport 125
Dorothee Alfermann (Projektleitung), Nadja Walter & Felix Wippich

Entwicklung und Evaluation eines instruktionsbasierten Motivationsprogramms zur Optimierung von Leistung im Hochleistungssport 131
Daniel Memmert (Projektleitung), Frowin Fasold, Stefanie Hüttermann, Wolfgang Hillmann, Karsten Schul & Matthias Kempe

Rahmenrichtlinien für Qualifizierung des DOSB und Ausbildungskonzeptionen der Mitgliedsverbände: Trainer/Trainerin Leistungssport zwischen Anspruch und Wirklichkeit (QuaTro) 137
Ralf Sygusch (Projektleitung) &, Raphael Ptack

Individuelle videogestützte Lernbegleitung zur Verbesserung der pädagogischen Trainingsqualität im Nachwuchsleistungssport. 143
Alfred Richartz (Projektleitung), Kathrin Kohake & Jessica Maier

Fortführung der sportpsychologischen Betreuung bei der deutschen Nationalmannschaft des Ski-langlaufs unter dem Aspekt der nachhaltigen Anwendung. 151
Dorothee Alfermann (Projektleitung) & Marie Hengst

Implementierung eines videobasierten Feedbacktools zur Optimierung des Trainerverhaltens im leistungssportlichen Training im Rahmen der Diplomtrainerausbildung an der Trainerakademie Köln des Deutschen Olympischen Sportbundes 155
Dennis Drieschner, Markus Finck, Lutz Nordmann & Harald Lange (Projektleitung)

Schlafqualität und Schlafhygiene unter Höhenbedingungen – Eine explorative Studie in Höhentrainingslagern der paralympischen Nationalmannschaft Schwimmen 157
Anke Delow & Ralf Brand (Projektleitung)

Systemisches Prozess-Coaching im DHoB 163
Filip Mess, Wolfgang Klöckner (Projektleitung) & Ulrich Forstner

Systematische sportpsychologische Betreuung ausgewählter Athleten des Bayerischen und Deutschen Schwimmverbandes am Stützpunkt München 167
Jürgen Beckmann (Projektleitung), Insa Nixdorf & Raphael Frank

Sportpsychologische Betreuung der Rollstuhlcurling Nationalmannschaft 2017/2018 .. 171
Christian Heiss & Ralph Brand

Qualitäts- und Leistungsmessung in nationalen Sportfachverbänden 175
Frank Daumann (Projektleitung), Robin Heinze, Jeremias Kümpel, Michael Barth & Sascha-Gregor Diethold

Sportentwicklungsbericht (Erhebungswellen 5-6) 185
Christoph Breuer (Projektleitung) & Svenja Feiler

Sportanlagen und Sporttechnologie 189

Funkbasierte Laufdiagnostik in der Leichtathletik 191
Martin Lames (Projektleiter), Daniel Linke & Thomas Seidl

Veränderung von Sequencing und Timing der 1-1-Skating-/Doppelstockschub-technik in Endspurtsituationen – Ableitung für die Individualisierung der Technik und die Entwicklung von Leistungsvoraussetzungen 195
Hans-Peter Köhler, Alexandra Eberhardt, Julia Schmidt, Felix Quaas, Hans-Jürgen Dobner & Maren Witt (Projektleitung)

Verbesserung der akustischen Eigenschaften von Sporthallenböden 199
Philip Leistner (Projektleitung)

Antriebs- und Steuerungsoptimierung eines Ruderergometer-Messplatzes 209
Gunnar Treff (Projektleitung), Lennart Mentz, J. M. Steinacker, Georg Schulz & Thomas Engleder

Service-Forschungsprojekte 213

Der schnelle Arm im Tennis – trainings- und bewegungswissenschaftliche Analysen zur Optimierung der Aufschlagqualität im Nachwuchsleistungstennis 215
Alexander Ferrauti (Projektleitung), Daniel Hahn (Projektleitung), Janina Fett, Jo-Lâm Vuong, Stephan Babiel, Nils Oberschelp & Dennis Gatzke

Performance Monitoring: Erfassung und Entwicklung sportpsychologischer Leistungsfaktoren 223
Jürgen Beckmann (Projektleitung), Thomas Ritthaler & Kai Engbert

Einsatz von taktilem Biofeedback für die Technikschulung bei sehbehinderten Langläuferinnen und Langläufern 229
Patrick Wiegel, Lu Li, Dominic Gehring, Christian Leukel (Projektleitung)

Rahmenkonzeption und fachliche Weiterentwicklung der Sportpsychologie im Sport von Menschen mit Behinderungen 237
Bernd Strauß (Projektleitung), Kathrin Staufenbiel, Sydney Querfurth & Charlotte Raue

Vollautomatische zeitkontinuierliche Bestimmung intrazyklischer Phasengeschwindigkeiten zur Leistungsdiagnose von Freiwasser- und Beckenschwimmern im Strömungskanal mittels hochmoderner tiefer neuronaler Netze 243
Rainer Lienhart (Projektleitung), Jürgen Küchler, Dan Zecha & Stefan Fuhrmann

Entwicklung und Validierung eines Tests zur Erfassung der „Reactive Agility“ im Basketball (RAT) 247
Thomas Jaitner (Projektleitung), Mathias Kolodziej, Kevin Nolte & Carina Thomas

Optimierung und Evaluation eines akzentuierten Intervalltrainings an der Geschwindigkeitsbarriere von DBS-Kaderathleten im Skilanglauf 251
Veit Wank (Projektleitung), Corinna Coenning, Benedikt Ferstl, Hendrik Heger, Walter Rapp & Ralf Rombach

Bessere Erholung durch VENEX Regenerations-bekleidung – Untersuchungen zur Wirksamkeit im Hochleistungsschwimmen 259
Daniel Hahn (Projektleitung), Tobias Weingarten & Fridolin Zinke

Förderung der Sozialkompetenz von Trainerinnen und Trainern im Spitzensport – Leitfadenentwicklung und Multiplikatorenschulung 265
Carmen Borggrefe[1] (Projektleitung) & Klaus Cachay

Optimierung des paralympischen Sportgeräts Monoski durch kombinierten Einsatz von Inertialsensorik und Dämpfermessetchnik 271
Maren Goll, Patrick Vogl, Felix Fechner, Kilian Rauner, Laura Trautner, Emil Wörgötter, Volker Junior, Veit Senner & Peter Spitzenpfeil (Projektleitung)

„Impftrain" – Impfungen im leistungssportlichen Training 279
Tim Meyer (Projektleitung), Martina Sester, Barbara Gärtner, Tanja Stenger, David Schub, Tina Schmidt, Alexandra Ledo & Clemens Ziller

Entwicklung eines Instruments zur retrospektiven Analyse biopsychosozialer Gesundheitsverläufe jugendlicher Leistungssportler (bioMAP) 285
Ansgar Thiel (Projektleitung), Jochen Mayer, Hannes Gropper & Valentin Keppler

Koordiniertes Blickverhalten beim Beachvolleyball zur Verbesserung der Entscheidungsfindung von Spitzensportlern/Spitzensportlerinnen 295
Stefanie Hüttermann (Projektleitung), Benjamin Noël, Raphael Harbecke, Juliane Veit & Daniel Memmert

Effektivität einer wattgesteuerten Trainingsintervention mit polarisierten hochintensiven Belastungsintervallen auf sportartspezifische physiologische Parameter und die Wettkampfleistung bei Nachwuchsathleten in der olympischen Radsportdisziplin MTB XCO 301
Patrick Schneeweiß, Inga Krauß, Bernd Ebler, Thomas Kaufmann, Ulrich Theobald & Andreas Nieß (Projektleitung)

Sportpsychologische Unterstützung der DHB-Nachwuchsspielerinnen und -spieler bei der Bewältigung der speziellen Herausforderungen beim Einstieg in den Spitzensport 309
Jeannine Ohlert (Projektleitung), Marion Suprizio & Pia von Keutz

Steigerung der Wurfeffizienz im Goalball – individuelle Technik, konditionelle Voraussetzungen und Bodenbeschaffenheit 315
Renate M. Leithäuser, Max Niemeyer, Thomas Prokein, Johannes Günther & Ralph Beneke (Projektleitung)

Entwicklung eines App-basierten Instruments zur Erfassung der wahrgenommenen Trainingsqualität und Wahrnehmungskongruenz von Athleten und Trainern im Volleyball (iQMvolley) 321
Frank Hänsel (Projektleitung), Sören Daniel Baumgärtner (Projektleitung) & Sabine A. Krawietz

Hockey-spezifische metabolische Beanspruchung, Metabolic Power und Energieumsatz (MetPowerHockey) 329
Petra Platen (Projektleitung), Tillmann Bockhorst & Jan Venzke

Komplexe biomechanische Analyse des Bobanschubs unter Berücksichtigung der tendinösen und neuromuskulären Eigenschaften der unteren Extremität 339
J. P. Goldmann (Projektleitung), B. Braunstein, M. Sanno, B. Stäudle, F. Göll, S. Grothe, A. Droszez & K. Albracht

Der Einsatz eines mobilen Muskel-Sehnen-Funktionslabors zur Strukturanalyse im Spitzensport 349
Kiros Karamanidis (Projektleitung), Gaspar Epro, Matthias König & Falk Schade

Entwicklung und wissenschaftliche Überprüfung einer Testbatterie zur Bestimmung der sportart-spezifischen, motorischen Leistungsfähigkeit in der Sportart Rollstuhl-Basketball 355
Thomas Abel (Projektleitung) & Daniel Jacko

Entwicklung und systematischer Einsatz einer Wettkampf- und Trainingsmethode zur Analyse und Optimierung der strategisch-taktischen und koordinativ-technischen Fähigkeiten im Fechten 359
Mario Weichenberger & Martin Halle (Projektleitung)

Talentselektion im Deutschen Volleyball-Verband: Entwicklung eines standardisierten Erhebungsinstruments zur Erfassung psychologischer Leistungskomponenten DTB 365
Frank Hänsel (Projektleitung), Sören Daniel Baumgärtner (Projektleitung) & Jessica Oppawsky

Dopingbekämpfung im Kontext Olympischer Spiele 371
Martin Nolte

Medizin und Naturwissenschaften

Anpassung der morphologischen und mechanischen Eigenschaften des Muskels und der Sehne durch exzentrisches Training – Effekt der Reizfrequenz

(AZ 070108/14-16)

Robert Marzilger und Adamantios Arampatzis (Projektleitung)
Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Sportwissenschaft,
Abteilung für Trainings- und Bewegungswissenschaften

1 Einleitung und Problemstellung

Regelmäßiges Training kann zu einer Erhöhung des Muskelquerschnittes (radiale Adaptation) und der Muskelfaserlänge (longitudinale Adaptation) führen und somit die Muskelkraft, die Verkürzungsgeschwindigkeit sowie die maximalen Muskelleistung – als Produkt von Kraft und Geschwindigkeit – erhöhen. Neuere Studien belegen, dass exzentrisches im Vergleich zu konzentrisch durchgeführtem Training zu einer höheren Muskelhypertrophie führt (Roig et al., 2009; Vikne et al., 2006); zudem wird mit exzentrischen Kontraktionen eine longitudinale Adaptation assoziiert (Butterfield et al., 2005). In einer vorangegangenen Studie unserer Arbeitsgruppe (Sharifnezhad et al., 2014) zeigte sich dabei eine Spezifität der Bewegungsgeschwindigkeit (Reizfrequenz) bei exzentrischen Kontraktionen hinsichtlich radialer und longitudinaler Muskeladaptation. Aus trainingspraktischer Sicht sind die mit exzentrischen Kontraktionen assoziierten Adaptationen insofern interessant, als dass sie zur Steigerung der sportlichen Leistung (z. B. Kumagai et al., 2000) und zur Verletzungsprophylaxe (z. B. Brockett, Morgan, & Proske, 2004) beitragen können.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Einfluss der Geschwindigkeit von exzentrischen Belastungen auf die mechanischen und morphologischen Muskeleigenschaften zu untersuchen. Wir stellten die Hypothese auf, dass die Durchführungsgeschwindigkeit der applizierten exzentrischen Belastung einen entgegenwirkenden Effekt auf die longitudinale und radiale Muskeladaptation zeigt. Hohe Geschwindigkeiten führen eher zu einer longitudinalen Adaptation während niedrige Geschwindigkeiten eine radiale Hypertrophie begünstigen.

2 Methoden

Zur Überprüfung der Hypothesen wurde ein Pre-Post-Test Design mit einer Trainings- und Kotrollgruppe gewählt. Es wurden 40 Personen rekrutiert und in eine Trainings- (N = 28) und Kontrollgruppe (N = 12) aufgeteilt. Den Teilnehmenden der Trainingsgruppe wurde pro Bein zufällig eines von 4 Trainingsprotokollen zugelost. Die Trainingsprotokolle unterschieden sich nur hinsichtlich der Geschwindigkeit, die durch ein Dynamometer (Biodex System 3, Shirley US) vorgegeben wurde (45°/s; 120°/s; 210°/s und 300°/s). Die Bewegungsamplitude (25-100° Kniegelenkwinkel – 0° = vollständige Kniestreckung) und die Kraftmagnitude (100 %. des isometrischen Kraftmaximums – iMVC) waren in allen Protokollen gleich, ebenso die Dauer und Häufigkeit des Trainings (12 Wochen, 3 x pro Woche, 5 Sätze). Die Anpassung der Wiederholunganzahl (3, 7, 14, 20) in den einzelnen Protokollen sicherte ein identisches Belastungsvolumen d. h. Integral des Momentes über die Zeit (siehe Abb. 1).

Vor und nach der Trainingsintervention wurden die maximalen Knieextensionsmomente mit einem Dynamometer gemessen. Durch die zusätzliche Aufnahme der Bewegungskinematik (Vicon 1.7.1; Vicon Motion Systems, Oxford, UK) konnte das vom Dynamometer gemessene Moment mit einem inversdynamischen Ansatz um Schwerkraft und Achsverschiebung korri-

giert werden (Arampatzis et al., 2004). Weiterhin wurde der maximale Muskelquerschnitt vom m. vastus lateralis (VL) mit Hilfe von Magnet-Resonanz-Tomographie-Aufnahmen (MRT, ESAOTE G-Scan, Genova Italy) bestimmt. Aus Zeit- und Kostengründen erfolgten die MRT-Aufnahmen nur für die vier Trainingsgruppen.

Für den VL erfolgten zudem die Bestimmung der Muskelfaserlänge, des Fiederungswinkels und der Muskeldicke mit Hilfe von Ultrasonographie. Dafür wurde die Muskelarchitektur mit einer ca. 10cm langen Ultraschallsonde bei etwa 50 %. der Oberschenkellänge während passiver Kniegelenkflexionen erfasst und anschließend mit einem halb-automatischen Tracking-Algorithmus ausgewertet (Marzilger et al., 2018).

Der Einfluss der Trainingsprotokolle auf die gemessenen Muskeleigenschaften wurde mit einer zweifaktoriellen-ANOVA (Testtag und Interventionsgruppe) überprüft (α=0.05).

3 Ergebnisse

Für die Teilnehmenden der Trainingsgruppen konnten wir eine signifikante Zunahme der Knieextensionsmomente (Tab. 1) zwischen 12 %. und 16 %. feststellen ($p < 0,05$), jedoch ohne Unterschiede zwischen den einzelnen Trainingsgruppen. Für die Kontrollgruppe zeigte sich keine signifikante Veränderung. Der maximale Querschnitt vom VL zeigte eine signifikante Zunahme ($p < 0,05$) zwischen 4,5 %. und 7 %. nach dem Training (Tab. 1). Auch hier konnten wir keinen Unterschied zwischen den 4 Trainingsbelastungen beobachten.

Die Parameter der Muskelarchitektur wurden im Bereich zwischen 50° und 75° des Kniegelenkwinkels gemittelt. Durch die Intervention nahmen die Faserlängen zwischen 2,5 %. und 7 %. und die Muskeldicke zwischen 6,5 und 10 %. zu (Tab. 1) über alle Gruppen betrachtet waren diese Veränderungen signifikant ($p < 0,05$). Eine trainingsgruppenspezifische Veränderung konnte jedoch nicht gefunden werden. Der Fiederungswinkel zeigte für keine Untersuchungsgruppe einen signifikanten Unterschied zwischen der Prä- und Postmessungen (Tab. 1).

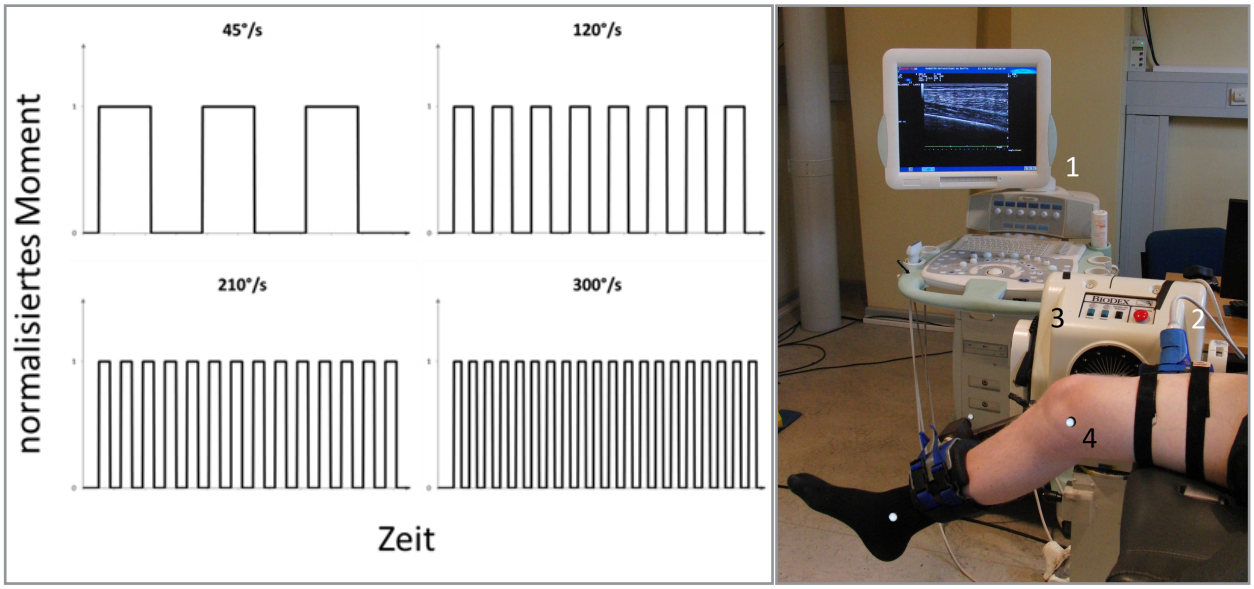


Abb. 1: links, schematische Darstellung der Trainingsstimuli in den einzelnen Protokollen; rechts, Setup zur Bestimmung der Muskelarchitektur, 1 Ultraschallsystem, 2 Ultraschallsonde – fixiert mit elastischen Bändern, 3 Dynamometer, 4 Viconmarker.

Tab. 1: Übersicht der Veränderungen in den untersuchten Parametern (Mittelwert ± Standardabweichung) von Prä- zu Postmessungen.

Parameter		Kont.	45°/s	120°/s	210°/s	300°/s
Maximales Knie-extensions-moment [Nm/Kg]	Prä	3,6 ± 0,5	3,8 ± 0,4	3,9 ± 0,4	3,9 ± 0,4	3,9 ± 0,5
	Post #	3,7 ± 0,4	4,3 ± 0,5*	4,4 ± 0,4*,	4,5 ± 0,7*,	4,4 ± 0,5*,
Maximaler Muskel-quer-schnitt [cm²]	Prä	-	36,0 ± 2,4	34,3 ± 4,3	34,1 ± 5,5	32,8 ± 4,7
	Post °	-	37,6 ± 2,8	36,0 ± 4,6	36,1 ± 5,4	34,9 ± 4,4
Muskelfaserlänge [cm]	Prä	14,1 ± 1,7	14,0 ± 1,8	14,0 ± 1,8	13,8 ± 1,5	13,7 ± 1, 6
	Post °	14,5 ± 1,4	14,6 ± 1,7	14,5 ± 2,0	14,3 ± 1,7	14,6 ± 1,6
Fiederungswinkel [°]	Prä	10,9 ± 1, 8	11,3 ± 1,2	11,0 ± 2,1	10,6 ± 1,7	10,7 ± 1,7
	Post	10,2 ± 0,8	11,7 ± 0,9	11,3 ± 1,9	11,1 ± 1,5	11,0 ± 0,9
Muskeldicke [cm]	Prä	2,4 ± 0,4	2,4 ± 0,3	2,4 ± 0,3	2,4 ± 0,3	2,4 ± 0,3
	Post °	2,4 ± 0,3	2,6 ± 0,3	2,6 ± 0,4	2,5 ± 0,3	2,6 ± 0,3

*# statistisch signifikante Zeit x Gruppe Interaktion, * statistisch signifikanter Unterschied zwischen Prä- und Post-Wert (post-hoc Analyse), ° statistisch signifikanter Prä-Post Effekt.*

4 Diskussion

Die vorliegende Studie konnte zeigen, dass ein ca. 12-wöchiges Training mit exzentrischen Kontraktionen sowohl eine radiale als auch longitudinale Muskelhypertrophie hervorruft. Die radiale Muskelhypertrophie äußert sich in der signifikanten Zunahme der maximalen Muskelquerschnitte und indirekt in der Zunahme der maximalen Knieextensionsmomente. Auf eine longitudinale Muskeladaptation deutet die signifikante Zunahme der Muskelfaserlänge hin. Zwischen den einzelnen Trainingsgruppen konnte jedoch für keinen der untersuchten Parameter ein signifikanter Unterschied gefunden werden. Unsere Hypothese, dass ein Training mit langsamen exzentrischen Kontraktionen eher eine radiale Hypertrophie begünstigt und ein Training mit hohen Geschwindigkeiten eher zu einer longitudinalen Muskeladaptation führt, konnte daher nicht bestätigt werden.

Bei exzentrischen Kontraktionen wird der Muskel während der Kontraktion gedehnt. Hierdurch kann es zu Mikrorupturen im Bereich der Z-Scheiben zwischen zwei Sarkomeren kommen (Shepstone et al., 2005). Um vor erneuter Schädigung in diesem Bereich zu schützen, versucht der Körper die Anzahl der Sarkomere in Serie zu erhöhen (Butterfield et al., 2005). Diese Anpassung scheint über einen recht kurzen Zeitraum zu verlaufen und nach einer gewissen Zeit zu stagnieren (Blazevich et al., 2007; Baroni et al., 2013). Unsere Trainingsinterventionen (ca. 12 Wochen, 3 Mal pro Woche) konnten eine Zunahme der Faserlänge des VL von 4 %. bis 7 %. verursachen. Damit scheinen auch relativ kurze Interventionen von ca. 12 Wochen Dauer eine longitudinale Adaptation hervorrufen zu können. Folglich könnten gezielt in der Vorbereitungsperiode eingesetzte exzentrische Trainingsreize zur Kraftsteigerung und Verletzungsprophylaxe genutzt werden (z. B. Roig et al., 2009; Brughelli et al., 2010). Neben der Möglichkeit, eine longitudinale Muskelanpassung hervorzurufen, ist exzentrisches Training auch konzentrischem und isometrischem Training hinsichtlich der Kraft und Muskelvolumensteigerung überlegen (z. B. Farthing & Chilibeck, 2003). Durch das erhöhte Muskelkraftpotential während exzentrischer Kontraktionen (aufgrund der Kraft-Geschwindigkeitsrelation) ist eine stärkere mechanische Belastung des Muskels, bei gleichzeitig geringerer metabolischer Belastung möglich (Moore et al., 2005).

5 Literatur

Arampatzis, A., Karamanidis, K., De Monte, G. et al. (2004). Differences between measured and resultant joint moments during voluntary and artificially elicited isometric knee extension contractions. *Clinical biomechanics, 19*, 277-283.

Baroni, B. M., Geremia, J. M., Rodrigues, R. et al. (2013). Muscle architecture adaptations to knee extensor eccentric training: Rectus femoris vs. vastus lateralis. *Muscle and nerve, 48*, 498-506.

Blazevich, A. J., Cannavan, D., Coleman, D. R. & Horne, S. (2007). Influence of concentric and eccentric resistance training on architectural adaptation in human quadriceps muscles. *Journal of applied physiology, 103*, 1565-1575.

Brockett, C. L., Morgan, D. L. & Proske, U. (2004). Predicting Hamstring Injury in Elite Athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 36* (3), 379-387.

Brughelli. M., Mendiguchia, J., Nosaka, K., et al. (2010). Effects of eccentric exercise on optimum length of the knee flexors and extensors during the preseason in professional soccer players. *Physical Therapy in sport, 11*, 50-55.

Butterfield, T. A., Leonard, T. R. & Herzog, W. (2005). Differential serial sarcomere number adaptations in knee extensor muscles of rats is contraction type dependent. *Journal of applied physiology, 99*, 1352-1358.

Farthing, J. P. & Chilibeck, P. D. (2003). *The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. European journal of applied physiology, 89*, 578-586.

Kumagai, K., Abe, T., Brechue, W. F., Ryushi, T., Takano, S. & Mizuno, M. (2000). Sprint performance is related to muscle fascicle length in male 100-m sprinters. *Journal of applied physiology, 88*, 811-816.

Marzilger, R., Legerlotz, K., Panteli, C. et al. (2018). Reliability of a semi-automated algorithm for the vastus lateralis muscle architecture measurement based on ultrasound images. *European journal of applied physiology, 0*, 1-11.

Moore, D. R., Phillips, S. M., Babraj, J. A. et al. (2005). Myofibrillar and collagen protein synthesis in human skeletal muscle in young men after maximal shortening and lengthening contractions. *American journal of physiology – Endocrinology and metabolism, 288*, E1153-E1159.

Roig, M., O'Brien, K., Kirk, G., Murray, R., McKinnon, P., Shadgan, B. & Reid, W. D. (2009). The effects of eccentric versus concentric resistance training on muscle strength and mass in healthy adults: a systematic review with meta-analysis. *British journal of sports medicine, 43* (8), 556-568.

Sharifnezhad, A., Marzilger, R. & Arampatzis, A. (2014). Effects of load magnitude, muscle length and velocity during eccentric chronic loading on the longitudinal growth of the vastus lateralis muscle. *Journal of experimental biology, 217*, 2726-2733.

Shepstone, T. N., Tang, J. E., Dallaire, S. et al. (2005). Short-term high- vs. low-velocity isokinetic lengthening training results in greater hypertrophy of the elbow flexors in young men. *Journal of applied physiology, 98*, 1768-1776.

Vikne, H., Refsnes, P. E., Ekmark, M. et al. (2006). Muscular Performance after Concentric and Eccentric Exercise in Trained Men. *Medicine and science in sports and exercise, 38*, 1770-1781.

Der akute Effekt von unterschiedlichen Krafttrainingsmethoden und Belastungsumfängen auf die Ermüdung und Kontraktionskraft des humanen Skelettmuskels unter besonderer Berücksichtigung des Ryanodin-Rezeptors Typ 1

(AZ 070105/15-16)

Daniel Jacko[1,2] (Projektleitung), Käthe Bersiner[3], Gerrit Friederichs[1], Patrick Ritter[1], Linnea Nirenberg[1], Jan Eisenbraun[1], Markus de Marées[4], Wilhelm Bloch[1] & Sebastian Gehlert[1,3]

[1]Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin, Abteilung für molekulare und zelluläre Sportmedizin
[2]Olympiastützpunkt-Rheinland, Köln
[3]Universität Hildesheim, Institut für Sportwissenschaft
[4]Ruhr-Universität-Bochum, Fakultät für Sportwissenschaft, Abteilung für Sportmedizin und Sporternährung

1 Problemstellung

Akute intensive Beanspruchung eines Muskels führt zu einer reversiblen Verminderung seiner Kontraktionskraft bzw. zur muskulären Ermüdung (ME). In zahlreichen sportlichen Disziplinen ist die Ermüdungswiderstands- bzw. Regenerationsfähigkeit der an der Zielbewegung beteiligten Muskulatur ein wesentlicher Faktor, der über den Wettkampferfolg entscheiden kann. Die Identifizierung von molekularen und zellphysiologischen Mechanismen, die der belastungsinduzierten ME zugrunde liegen, stellt die Voraussetzung für eine ursachenorientierte Herangehensweise für die Erforschung und Entwicklung von Strategien zur Erhöhung der Ermüdungswiderstandsfähigkeit sowie regenerativer Maßnahmen dar. Der Ryanodin-Rezeptor 1 (RyR1) ist im Skelettmuskel für eine fein abgestimmte Freisetzung von Kalzium (Ca^{2+}) aus dem sarkoplasmatischen Retikulum (SR) in das Cytosol zuständig und daher essentiell für die Muskelkontraktion (Allen, Lamb, & Westerblad, 2008). Vergangene Studien deuten darauf hin, dass die Modifikation des RyR1 in Form einer Hyperphosphorylierung an Serin 2843 eine mögliche Ursache für ME infolge von chronischer Überbelastung sein könnte (Bellinger et al., 2008; Reiken et al., 2003). In der vorliegenden Studie wurde untersucht,

- ob der Phosphorylierung des RyR1 an Serin 2843 ($_pRyR1^{Ser2843}$) auch eine Relevanz infolge von akuten, praxisnahen Krafttrainingsbelastungen zukommt und
- ob diese Modifikation künftig als molekularer Indikator für den Muskelfunktionsstatus fungieren kann anhand dessen das Verständnis von muskulären Belastungs- und Regenerationsprozessen ausgeweitet und dadurch für die Entwicklung von Interventionen für die Sportpraxis nutzbar gemacht werden kann.

2 Methodik

Die Studie umfasste vier Interventionsgruppen mit je sechs Probanden. Jede Gruppe wurde mit einer unterschiedlichen Krafttrainingsmethode belastet, wobei an separaten Tagen drei verschiedene Volumina/Satzzahlen (1 [I] Satz, 5 [V] und 10 [X] Sätze) durchgeführt wurden.

Gruppe 1 (HYP): hypertrophieorientierte Belastung mit 8-10 Wiederholungen (Wdh)/Satz; Gruppe 2 (MAX): maximalkraftorientierte Belastung mit 3-5 Wdh/ Satz; Gruppe 3 (KA): kraftausdauerorientierte Belastung mit 23-25 Wdh/ Satz. Die genannten Gruppen absolvierten ihre Sätze im Bereich des jeweiligen Wiederholungsmaximums (WM). Das Trainingsgewicht wurde mit zunehmender Ermüdung von Satz zu Satz reduziert, um im entsprechenden WM-Bereich zu bleiben. Gruppe 4 (NI): niedrigintensive Belastung mit 70 %. des 10 WM. Dementsprechend erfolgte in Gruppe 4 keine Ausbelastung. Die Pausendauer zwischen den Sätzen betrug in jeder Gruppe jeweils 2 min und die Kontraktionsdauer umfasste pro Wdh 6 s mit folgendem Kontraktionsmuster: 2 s Konzentrik – 1 s Isometrie – 2 s Exzentrik – 1 s Isometrie. Die Belastung erfolgte einbeinig an einer Beinstreckmaschine, die mit einem rechnergekoppelten Weg- sowie Kraftsensor ausgerüstet war.

2.1 Untersuchungsablauf

Um anhand von humanem Muskelgewebe Prozesse und Ursachen von ME untersuchen zu können, muss die Entnahme der Gewebeprobe zum gleichen Zeitpunkt erfolgen, zu dem auch die potentiell belastungsbedingte Funktionseinschränkung erfasst wurde. Da eine zeitgleiche Erhebung der ME via isometrischer Maximalkraftmessungen ($_{iso}F^{max}$) und Muskelbiopsien organisatorisch nicht möglich sind, erfolgte eine Separierung beider Prozeduren, sodass jeder Satzzahlbereich auf je zwei Tage a und b aufgeteilt wurde (Ia – Ib; Va – Vb; Xa – Xb) (Abb. 1). Tag a, nachfolgend auch als Ermüdungstag bezeichnet, diente der Ermittlung der belastungsinduzierten ME. Hierfür wurde nach einem standardisierten Aufwärmprotokoll die $_{iso}F^{max}$ der Probanden im unermüdeten Zustand erfasst (F-pre). Nachfolgend absolvierte der Proband sein Belastungsprotokoll. 2 min nach Beendigung wurde ein zweiter $_{iso}F^{max}$-Test zur Erfassung der unmittelbaren ME durchgeführt (F-post) und in der 25. Nachbelastungsminute folgte ein dritter isoF-max-Test (F-25post). Tag b diente der Entnahme der Muskelbiopsien. Der Ablauf an Tag b folgte dabei exakt dem gleichen Muster wie an Tag a, mit dem einzigen Unterschied, dass F-25 post durch eine Muskelbiopsie (B) ersetzt wurde.

Vorausgesetzt, dass die Messungen F-pre und F-post an Tag a und b reliabel sind (hohe bis sehr hohe ICC-Scores, Ergebnisse nicht dargestellt), kann davon ausgegangen werden, dass die an Tag a durch F-25post ermittelte ME auch für Tag b Gültigkeit hat. In diesem Fall ermöglicht dieses Vorgehen die Einsicht in molekulare Prozesse zu einem analogen Zeitpunkt, zu dem auch potentielle Funktionseinschränkungen ermittelt wurden und erlaubt die Untersuchung einer möglichen Beziehung zwischen ME und $_{p}RyR1^{Ser2843}$.

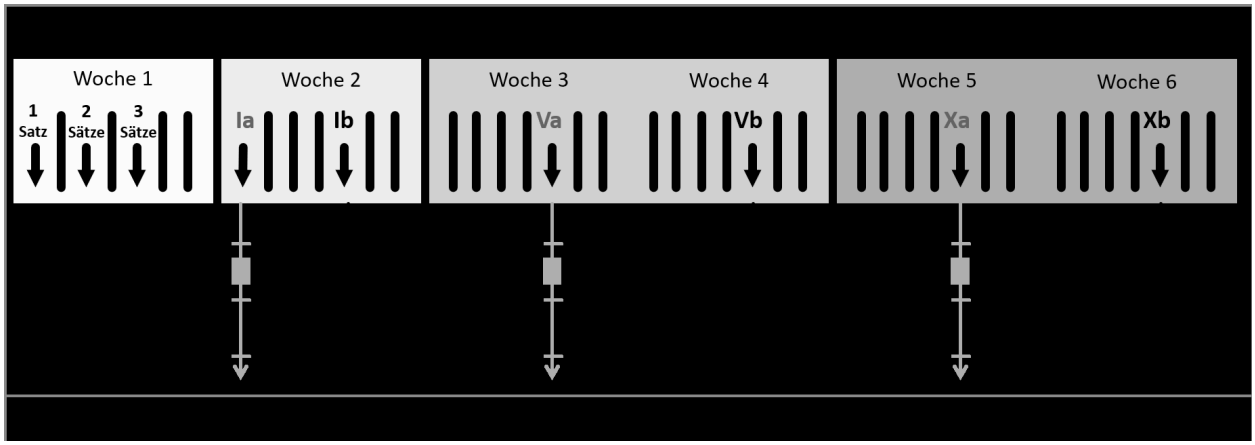


Abb. 1: Studiendesign. F-pre-I, -V, -X = Messung der isometrischen Maximalkraft ($_{iso}F^{max}$) 3 min vor der Ein (I)-, Fünf (V)- und Zehn (X)-Satz-Belastung;
F-post-I, -V, -X = $_{iso}F^{max}$ 2 min nach der I-, V- und X-Satz-Belastung;
F-25post-I, -V, -X = $_{iso}F^{max}$-Messung 25 min nach der I-, V- und X-Satz-Belastung;
B-pre = Ruhebiopsie (unbelastetes Bein);
B-I, -V, -X = Muskelbiopsie 25 min nach der I-, V- und X-Satz-Belastung;
B-0X = Muskelbiopsie nach der X-Satz-Belastung am unbelasteten Bein.

Zusammenfassend: in Woche eins wurde eine Eingewöhnungsphase absolviert.

In Woche zwei begann die Ein-Satz-Belastung mit dem Tag der ME-Messung (Ia) und den Entnahmen der Ruhe- (B-pre) sowie Nachbelastungsbiopsie (B-I) an Tag Ib. In den Wochen drei und vier sowie fünf und sechs erfolgte (exklusive der Ruhebiopsie) das gleiche Prozedere mit fünf (V) bzw. zehn Sätzen (X). An Tag Xb wurde neben der standardmäßigen Biopsie am zuvor belasteten Bein (B-X) auch das unbelastete Bein biopsiert (B-0X), um potentielle, systemisch bedingte Wechselwirkungseffekte erfassen zu können.

3 Ergebnisse

Innerhalb der jeweiligen Belastungsgruppen (HYP, MAX, KA, NI) führten die verschiedenen Belastungsvolumina zu unterschiedlichen Ausprägungen der ME (Abb. 2). Während die Durchführung lediglich eines Satzes (I) in keiner der Gruppen zu einer signifikanten Reduktion der $_{iso}F^{max}$ führte, ist nach V in HYP sowie KA ein signifikanter Abfall zu beobachten. Nach X ist die $_{iso}F^{max}$ gegenüber pre und I verringert, nicht jedoch gegenüber V. In MAX und NI erreicht die ME erst nach X ein signifikantes Niveau – in MAX gegenüber pre sowie I und in LI gegenüber pre, I sowie V.

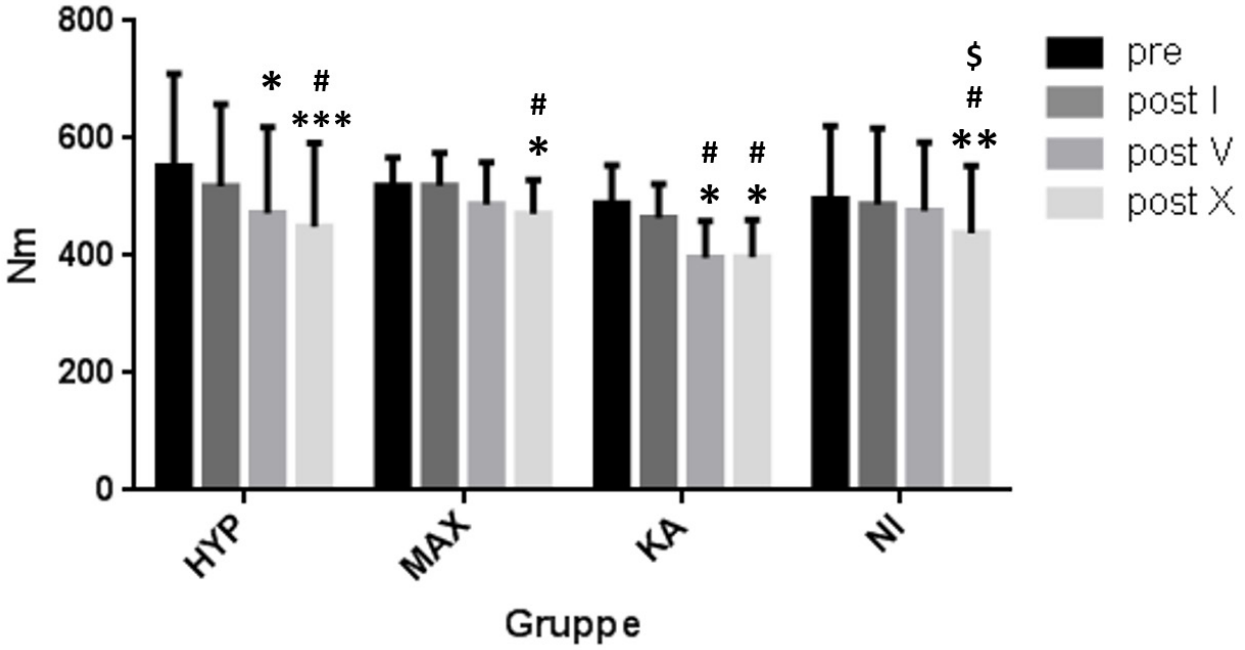


Abb. 2: Abfall des maximalen isometrischen Drehmoments in Abhängigkeit des Belastungsvolumens. Das maximale isometrische Drehmoment wurde vor (pre) sowie 25 min nach der Durchführung eines Satzes (post I), von 5 (post V) und zehn Sätzen (post X) in den folgenden Gruppen erhoben:
HYP: Hypertrophie orientierte Belastung mit 8-10 Wiederholungen (Wdh) im Bereich des Wiederholungsmaximums (WM);
MAX: maximalkraftorientierte Belastung mit 3-5 Wdh WM;
KA orientierte Belastung mit 23-25 Wdh WM;
NI: niedrig intensive, Belastung mit 10 Wdh bei 70 %. des 10 WM.
**= Unterschiedlich zu pre mit p<0,05;*
*** p<0,01;*
**** p<0,001;*
#= unterschiedlich zu I;
$= unterschiedlich zu V. Fehlerbalken stellen die zweifache Standardabweichung dar.

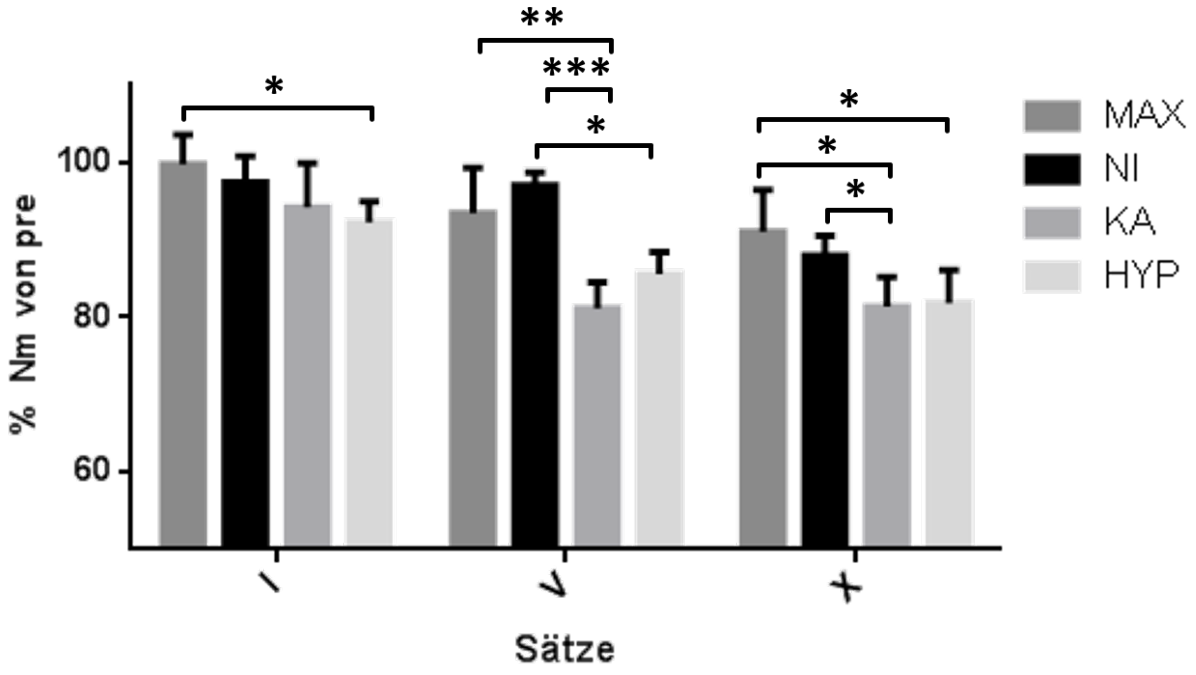


Abb. 3: Vergleich des Abfalls des maximalen isometrischen Drehmoments nach einem (I) fünf (V) und (X) Sätzen zwischen den Belastungsgruppen. Das maximale isometrische Drehmoment wurde vor (pre) sowie 25 min nach der Durchführung eines Satzes (post I), von 5 (post V) und zehn Sätzen (post X) in den folgenden Gruppen erhoben:
HYP: Hypertrophie orientierte Belastung mit 8-10 Wiederholungen (Wdh) im Bereich des Wiederholungsmaximums (WM);
MAX: maximalkraftorientierte Belastung mit 3-5 Wdh WM;
KA orientierte Belastung mit 23-25 Wdh WM;
NI: niedrig intensive, Belastung mit 10 Wdh bei 70 %. des 10 WM. Die Prozentwerte beziehen sich auf die individuellen pre Werte.
**= p<0,05;*
***=p<0,01;*
****=p<0,001. Fehlerbalken stellen die zweifache Standardabweichung dar.*

Betrachtet man den Einfluss der unterschiedlichen Satzzahlen auf die ME zwischen den Belastungsgruppen, zeigt sich bei der Durchführung eines Satzes (I), dass lediglich ein signifikanter Unterschied zwischen MAX und HYP besteht (Abb. 3). Nach V ist die ${}_{iso}F^{max}$ in KA signifikant verringert gegenüber NI sowie MAX bzw. in HYP gegenüber NI. Nach X weist die ${}_{iso}F^{max}$ der Gruppe KA einen stärkeren Abfall gegenüber MAX und NI auf. Des Weiteren ist die ${}_{iso}F^{max}$ in HYP geringer gegenüber MAX.

3.1 ${}_{p}RyR1^{Ser2843}$

Bzgl. der Phosphorylierung des RyR1 konnte in keiner Gruppe und zu keinem Zeitpunkt eine signifikante Auf- oder Runterregulation beobachtet werden. Dies gilt sowohl für die Analyse mittels Western Blot (Abb. 4), als auch für die fasertypspezifische Betrachtung mittels Immunhistologie (Abb. 5, siehe Seite 6). Folglich konnte auch keine Korrelation zwischen der belastungsinduzierten ME und der ${}_{p}RyR1^{Ser2843}$ festgestellt werden (Daten nicht dargestellt).

4 Ergebnisdiskussion

Die Ermüdung bzw. der Kontraktionskraftverlust eines Muskels ist eine immanente Folge seiner Beanspruchung und die Fähigkeit die ME möglichst gering zu halten, bzw. sich von dieser schnell erholen zu können ist in zahlreichen Sportarten von großer Bedeutung für den Wettkampferfolg. In der vorliegenden Stu-

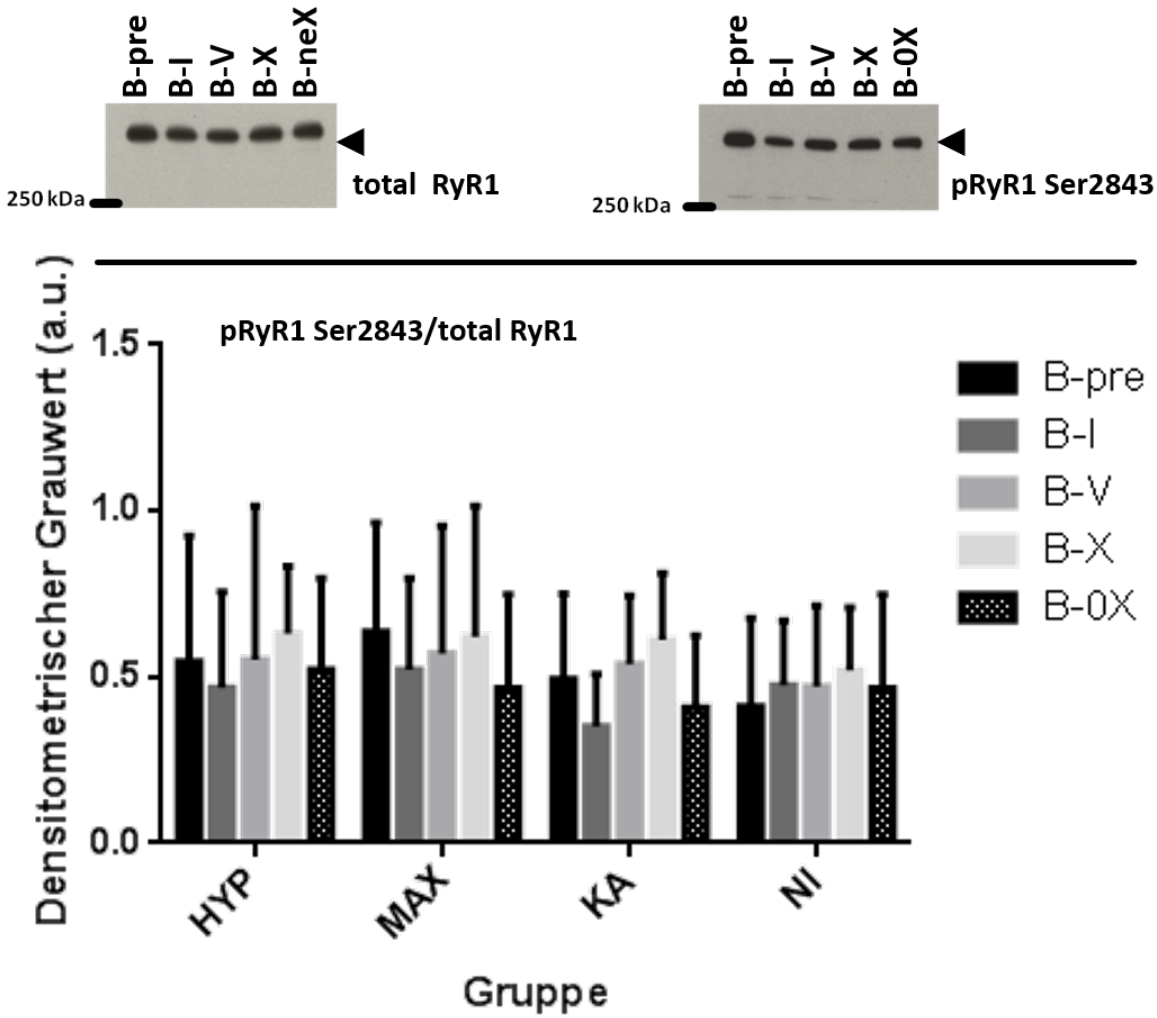


Abb. 4: Western Blot Analyse der Phosphorylierung des Ryanodin Rezeptors 1 an Serin 2843 ($_{p}$RyR1^{Ser2843}) im humanen Skelettmuskel (oben repräsentative Western Blots). $_{p}$RyR1^{Ser2843} wurde in Skelettmuskelproben analysiert, die unter Ruhebedingen (B-pre), 25 min nach der Belastung durch einen Trainingssatz (B-I), fünf (B-V) und zehn Trainingssätzen (B-X) aus dem quadriceps femoris des belasteten Beines, sowie 25-30 min nach X aus dem quadriceps femoris des unbelasteten Beines (B-0X) entnommen wurden. Als Ladungskontrolle wurde das totale Protein (total RyR1) verwendet. Fehlerbalken stellen die zweifache Standardabweichung dar.

die wurde untersucht, ob die $_{p}$RyR1^{Ser2843} einen relevanten Mechanismus für die ME infolge von akuten Belastungen darstellt und somit künftig als molekularer Indikator zur Erforschung und Entwicklung von Trainings- und Regenerationsstrategien zur Steigerung der Ermüdungswiderstandsfähigkeit dienen kann.

Vorangegangene Arbeiten konnten einen Zusammenhang zeigen zwischen einer exzessiven $_{p}$RyR1^{Ser2843} und verringerter Muskelkontraktilität infolge von intensiver chronischer Ausdauerbelastung (Bellinger et al., 2008b) und einem Herzfehler-bedingten chronischen hyperadrenergen Status (Reiken et al., 2003; Rullman et al., 2013). Unklar war bislang, ob der $_{p}$RyR1^{Ser2843} auch bei akuter belastungsindizierter ME eine Bedeutung zukommt. Wir konnten zeigen, dass die verschiedenen Krafttrainingsbelastungen zu unterschiedlichen Ausprägungsgraden der ME führen. Dabei ist das Ausmaß der ME ist zum einen innerhalb der Gruppen abhängig vom Belastungsvolumen bzw. von der Anzahl der durchgeführten Sätze. Zum anderen unterscheiden sich die Gruppen untereinander bzgl. des Ausmaßes induzierter ME im jeweiligen Satzzahlbereich. Es konnte jedoch in keiner Gruppe und zu keinem Zeitpunkt eine signifikante Regulation der $_{p}$RyR1^{Ser2843} beobach-

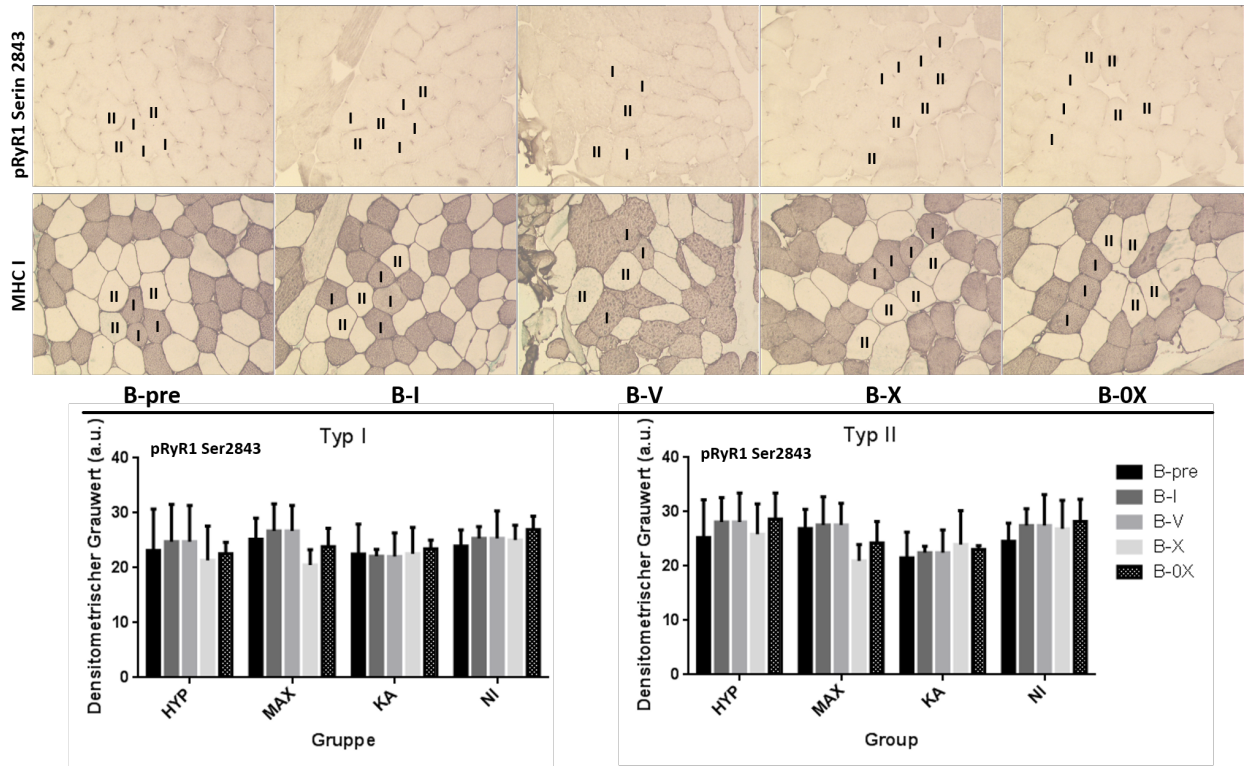


Abb. 5: Immunhistologische Analyse der Phosphorylierung des Ryanodin-Rezeptors 1 an Serin 2843 ($_pRyR1^{Ser2843}$) im humanen Skelettmuskel (oben: repräsentative immunhistologische Bilder). $_pRyR1^{Ser2843}$ wurde in Skelettmuskelproben analysiert, die unter Ruhebedingen (B-pre), 25 min nach der Belastung durch einen Trainingssatz (B-I), fünf (B-V) und zehn Trainingssätzen (B-X) aus dem quadriceps femoris des belasteten Beines, sowie 25-30 min nach X aus dem quadriceps femoris des unbelasteten Beines (B-0X), entnommen wurden. Fehlerbalken stellen die zweifache Standardabweichung dar.
Oberes Bild: Repräsentative Immunhistologie. Oben, $_pRyR1^{Ser2843}$;
unten, Muskelfasertypisierung. Dunkel gefärbte Zellen zeigen Typ 1 und ungefärbte Zellen Typ 2 Muskelfasern an.
MHC I= Myosin Schwerekette 1.

tet werden. Folglich konnte auch kein Zusammenhang zwischen der $_pRyR1^{Ser2843}$ und der ME infolge der hier angewendeten Belastungsmethoden festgestellt werden.

Die Divergenz zwischen den Ergebnissen der vorliegenden und vorangegangenen Studien wird nachfolgend durch die Unterschiedlichkeit der Belastungsmodi zwischen den Interventionen erklärt.

Ein zuvor von Reiken et al. (2003) postulierter Mechanismus der $_pRyR1^{Ser2843}$ basiert auf einer chronischen Erhöhung des Adrenalinstatus, was über die Aktivierung der Adrenalin/PKA (Protein Kinase A) -Achse zur Phopshorylierung bzw. hyperphosphorylierung des RyR1 führt. (vgl. auch Rullman et al. 2013, Bellinger et al. 2008a). Bellinger et al. (2008b) simulierten eine solche chronische hyperadrenerge Stimulation bei Mäusen, indem sie diese einer mehrwöchigen exzessiven Ausdauerbelastung aussetzten. Dabei konnten sie einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen chronischer Überlastung, der $_pRyR1^{Ser2843}$ und der ME nachweisen.

Die Intervention in der vorliegenden Studie jedoch basiert auf akuten Belastungen die Praxisrelevanz besitzen und steht damit in einem gewollten, klaren Kontrast zu o.g. chronischen Be- bzw. Überlastungsmethoden. Zwar kann ebenfalls akut durchgeführtes Krafttraining zu ausgeprägten Anstiegen der venösen Adrenalinkonzentration führen (Pullinen et al., 2002), diese Anstiege sind jedoch von nur kurzer Dauer,

sodass bereits nach spätestens 15 min das Basalniveau wieder hergestellt ist (Goto et al., 2009). Daraus folgernd kann spekuliert werden, dass Erhöhungen des Adrenalinspiegels infolge von akuten Belastungen zu transient sind, um über eine Wirkung an den β2-Rezeptoren der Skelettmuskultur eine manifeste $_{p}$RyR1^{Ser2843} via Adrenalin/AC/PKA-Achse zu bewirken. Dies könnte erklären, weshalb in der vorliegenden Studie in keiner Belastungsgruppe und zu keinem Zeitpunkt eine signifikante Veränderung der $_{p}$RyR-1^{Ser2843} zu verzeichnen war.

Andererseits widerspricht das Ausbleiben jeglicher Regulation infolge von krafttrainingsorientierten Reizen vorangegangenen Befunden von Gehlert et al. (2012), was jedoch durch die Diversität der Belastungsreize in dieser und der vorliegenden Studie erklärt werden könnte. Der bedeutendste Unterschied ist das verwendete Kontraktionsmuster. In der Studie von Gehlert et al. (2012) wurden an einem isokinetischen Beinstrecker drei Sätze mit je acht Wiederholungen maximal exzentrische Kontraktionen durchgeführt, ohne eine vorangegangene Eingewöhnungsphase. Es ist bekannt, dass Belastungen solcher Art ein weitaus höheres Potential besitzen, profunde strukturelle Muskelschäden zu verursachen, als Belastungen mit einem regulären Kontraktionsmuster, womit hier Bewegungen gemeint sind, die aus konzentrischen, isometrischen sowie exzentrischen Kontraktionen bestehen und wie sie in der vorliegenden Studie Anwendung fanden (Allen, Whitehead, & Yeung, 2005). Es wurde gezeigt, dass durch Muskelstrukturschäden, bedingt durch exzentrische Belastungen (Allen et al. 2005), und die Dehnung myofibrillärer Strukturen (Sonobe et al., 2008) eine Erhöhung der intrazellulären Ca^{2+}-Konzentration ([Ca^{2+}]i) resultiert. Zudem ist der Anstieg der [Ca^{2+}]i ausgeprägter nach rein exzentrischen als nach rein isometrischen (Sonobe et al., 2008) oder konzentrischen (McBride, Stockert, Gorin, & Carlsen, Richard, C., 2000) Kontraktionen. Ca^{2+} ist bekannterweise ein Aktivator der Ca^{2+}/Calmodulin-anhängigen Protein Kinase 2 (CamKII), die wiederum wie auch die PKA, den RyR1 phosphoryliert (Hain et al., 1994; Suko et al., 1993).

Dies ist eine mögliche Erklärung dafür,

- wie akute KT-Belastungen in einer Adrenalin/PKA unabhängigen Weise zu einer Erhöhung der $_{p}$RyR-1^{Ser2843} führen könnten und
- weshalb exzentrische – wie in der Studie von Gehlert er al. (2012) – nicht aber „reguläre“ Kontraktionen – wie sie in der vorliegenden Studie zur Anwendung kamen – in einem Anstieg der $_{p}$RyR1^{Ser2843} resultieren.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass akute KT-Belastungen zu einer ME führen. Das Ausmaß dieser ME ist im Wesentlichen vom Belastungsvolumen bzw. von der Anzahl der durchgeführten Sätze, sowie von der KT-Methode abhängig. Allerdings resultierte keine der insgesamt 12 unterschiedlichen Belastungsbedingungen in einer signifikanten Auf- oder Runterregulation der $_{p}$RyR1^{Ser2843}.

Durch die vorliegende Arbeit konnten wir zeigen, dass die $_{p}$RyR1^{Ser2843} keinen relevanten Mechanismus für die ME infolge von akuten Belastungen darstellt, die nicht primär auf eine Muskelschädigung ausgelegt sind. Folglich kann auch ausgeschlossen werden, dass die Modifikation des RyR1 via Phosphorylierung an Serin 2843 künftig als Indikator fungieren kann, um akute Belastungs-/Erholungsprozesse auf molekularer Ebene zu untersuchen und daraus Ableitungen für die Trainingspraxis zu entwickeln.

5 Literatur

Allen, D. G., Lamb, G. D., & Westerblad, H. (2008). Impaired calcium release during fatigue. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md. : 1985), 104* (1), 296-305.

Allen, D. G., Whitehead, N. P., & Yeung, E. W. (2005). Mechanisms of stretch-induced muscle damage in normal and dystrophic muscle: Role of ionic changes. *The Journal of physiology, 567* (Pt 3), 723-735.

Bellinger, A. M., Mongillo, M. & Marks, A. R. (2008a). Stressed out. The skeletal muscle ryanodine receptor as a target of stress. *The Journal of clinical investigation, 118* (2): 445-453.

Bellinger, A. M., Reiken, S., Dura, M., Murphy, P. W., Deng, S.-X., Landry, D. W. ... & Marks, A. R. (2008b). Remodeling of ryanodine receptor complex causes leaky channels: A molecular mechanism for decreased exercise capacity. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 105* (6).

Gehlert, S., Bungartz, G., Willkomm, L., Korkmaz, Y., Pfannkuche, K., Schiffer, T. ... & Suhr, F. (2012). Intense Resistance Exercise Induces Early and Transient Increases in Ryanodine Receptor 1 Phosphorylation in Human Skeletal Muscle. *PLOS ONE, 7* (12).

Goto, K., Ishii, N., Kizuka, T., Kraemer, R. R., Honda, Y., & Takamatsu, K. (2009). Hormonal and metabolic responses to slow movement resistance exercise with different durations of concentric and eccentric actions. *European journal of applied physiology, 106* (5), 731-739.

Hain, J., Nath, S., Mayrleitner, M., Fleischer, S., & Schindler, H. (1994). Phosphorylation modulates the function of the calcium release channel of sarcoplasmic reticulum from skeletal muscle. *Biophysical journal, 67* (5), 1823-1833.

McBride, T. A., Stockert, B. W., Gorin, F. A., & Carlsen, Richard, C., R. C. (2000). Stretch-activated ion channels contribute to membrane depolarization after eccentric contractions. *Journal of applied physiology, 88*, 91-101.

Pullinen, T., Mero, A., Huttinen, P., Pakarinen, A., & Komi, P. V. (2002). Resistance exercise-induced hormonal responses in men, women, and pubescent boys. *Medicine & science in sports & exercise, 34* (5), 806-813.

Reiken, S., Lacampagne, A., Zhou, H., Kherani, A., Lehnart, S. E., Ward, C.. . . & Marks, A. R. (2003). PKA phosphorylation activates the calcium release channel (ryanodine receptor) in skeletal muscle: Defective regulation in heart failure. *The Journal of cell biology, 160* (6), 919-928.

Rullman, E., Andersson, D. C., Melin, M., Reiken, S., Mancini, D. M., Marks, A. R.. . . & Gustafsson, T. (2013). Modifications of skeletal muscle ryanodine receptor type 1 and exercise intolerance in heart failure. *The Journal of heart and lung transplantation : the official publication of the International Society for Heart Transplantation, 32* (9), 925–929.

Sonobe, T., Inagaki, T., Poole, D. C., & Kano, Y. (2008). Intracellular calcium accumulation following eccentric contractions in rat skeletal muscle in vivo: Role of stretch-activated channels. *American journal of physiology. Regulatory, integrative and comparative physiology, 294* (4), R1329-37.

Suko, J., Maurer-Fogy, I., Plank, B., Bertel, O., Wyskovsky, W., Hohenegger, M., & Hellmann, G. (1993). Phosphorylation of serine 2843 in ryanodine receptor-calcium release channel of skeletal muscle by cAMP-, cGMP- and CaM-dependent protein kinase. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Molecular Cell Research, 1175* (2), 193-206.

Effekte eines dynamischen Ganzkörper-EMS-Trainings auf skelettmuskuläre Anpassung und neue Belastungsmarker im Blut – Konsequenzen für die körperliche Leistungsfähigkeit.

(AZ 070101/16-17)

Andre Filipovic[1,2], Marijke Grau[1], Sebastian Gehlert[1], Heinz Kleinöder[2] & Wilhelm Bloch[1] (Projektleitung)

[1]Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Sportmedizin
[2]Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik

1 Einleitung

Die hier vorliegende Studie hat das Ziel, den Einfluss eines dynamischen Ganzkörper-EMS Trainings (GK-EMS), basierend auf unseren Voruntersuchungen (Filipovic et al., 2011; 2012; 2015; 2016; Suhr et al., 2009; 2012; Grau et al., 2013) auf muskulärer und zellulärer Ebene, zu untersuchen und dadurch detailliertere Rückschlüsse auf Adaptions- und Signalwege und auf die Proteinsynthese ziehen zu können. Das praxisrelevante Ziel dieser Untersuchung liegt in der Optimierung der Steuerung des EMS-Trainings für das gezielte Training zur Steigerung der Kraft- bzw. Leistungsfähigkeit im Hochleistungssport während der Wettkampfphase. Zu den aufgenommenen Untersuchungsparametern gehören neben den leistungs-diagnostischen Parametern (Maximalkraft, RFD, Leistung, vertikale Sprungkraft, VO2Peak) die Verformbarkeit der roten Blutzellen als rheologische Parameter sowie relevante ergänzende Parameter (RBC-NOS/NO-Signalweg; vgl. Suhr et al. 2009; 2012; Grau et al., 2013). Dazu werden muskelspezifische Parameter (Muskelfasertypisierung, -verteilung und -transformation) über Muskelbiopsien, sowie verschiedene Blutparameter (Serum) zur Bestimmung muskulärer und hämatologischer Anpassungen (CK, IL6, cGMP, TBARS, MMPs, etc.) untersucht.

2 Methodik

30 Probanden wurden per Randomisierung in eine EMS-Gruppe (EG, N = 10), eine Kontrollgruppe mit Intervention (Sprüngen) (SG, N = 10) und eine Kontrollgruppe ohne Intervention (KG, N = 10) eingeteilt. Die beiden Interventionsgruppen (EG, SG) absolvierten zwei Einheiten pro Woche zusätzlich zum gewohnten Mannschaftstraining (2-4 Einheiten + Spiel). Die Kontrollgruppe (KG) absolvierte lediglich das gewohnte Mannschaftstraining und ein Wettkampfspiel am Wochenende. Die Trainingsbelastung wurde mittels Herzfrequenzmessung dokumentiert (Polar-Team 2, *Polar Electro*, Büttelborn, Deutschland). Das Untersuchungsdesign beinhaltet einen Eingangstest (Baseline) vor Beginn, sowie Untersuchungen nach der 7-wöchigen Trainingsperiode in Woche 8 (Ausgangstest) und eine weitere Testung nach einer 3-wöchigen Trainingspause in Woche 11 (Retest) (Abb. 1). Zu den aufgenommen Parametern der Leistungsfähigkeit zählen die Kraftparameter der Beinmuskulatur, die vertikale Sprungkraft sowie eine Rampentest bis zu Ausbelastung mit integrierter Spirometrie für die Bestimmung der Ausdauerleistungsfähigkeit. Für die Untersuchungen der Blutparameter wurden in den Testungen von den Probanden jeweils vor (Pre), nach 15-30 Minuten (Post) und 24 Stunden (24 h Post) nach Beendigung der

Trainingsinterventionen Blutproben entnommen. Zusätzlich wurden den Probanden jeweils 2 Wochen vor Beginn (Eingangstest) und eine Woche nach Beendigung der Trainingsphase (Woche 8) Muskelfasergewebe aus dem *M. vastus lateralis* entnommen.

3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die relevanten Ergebnisse der Untersuchung zusammengefasst angeführt und dargestellt.

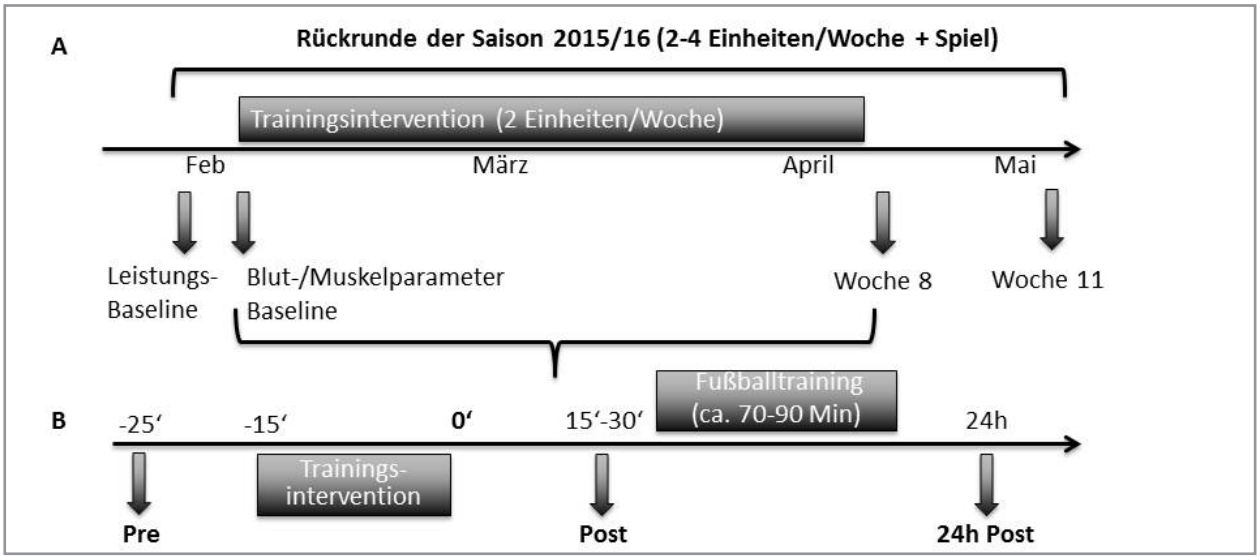


Abb 1: (A) Darstellung der zeitlichen Planung der Leistungsdiagnostiken und Blutanalysen während des Studienzeitraums in der Rückrunde der Saison. (B) Zeitlicher Ablauf der einzelnen Blutentnahmen im Eingangstest (Baseline), in Woche 8 (Ausgangstest) und im Retest in Woche 11 (Retest).

Die EG absolvierte zweimal pro Woche explosive dynamische Squat Jumps (3 x 10 Wdh, 1 min Pause) in Verbindung mit EMS. Der Einzelimpuls pro Sprung dauert 4 s (2 s exzentrisch, 1 s isometrisch (halten in der Beugestellung 90°), 0,1 s konzentrisch (maximal explosiver Sprung), 1 s Landung und Abfedern und zurückkehren in die Ausgangsstellung), gefolgt von einem 10 s Pausenintervall ohne Strom. Die dynamische EMS wurde mit einem GK-EMS-System von *miha bodytec* (Augsburg, Deutschland) appliziert. Dabei wurde mit einer Elektrodenweste die Oberkörper-Muskulatur (Brust, Lattissimus, Bauch, Unterer und Oberer Rücken) und über ein Gurtsystem die Beinmuskulatur (Gesäß, Oberschenkel, Waden) stimuliert (Impuls: Frequenz 80 Hz, Breite 350 µs, Art bipolar/rechteckig; On-/Off Time 4 s/10 s). Um Anpassungen durch die Sprünge bzw. durch das Fußballtraining auszuschließen wurde zum Vergleich eine Sprunggruppe (SG), die die gleiche Anzahl an Sprüngen in identischer Ausführung wie die EG, jedoch ohne EMS, durchführte sowie eine Kontrollgruppe (KG, N = 10), die keine zusätzliche Intervention erfuhr, herangezogen.

3.1 Kraft- und Leistungsparameter

Die Analyse der Daten zeigt eine signifikante Erhöhung der relativen Maximalkraft (Frel) für die EG in der Leg Press und im Leg Curl sowie eine Steigerung der relativen Leistung (Prel) im Leg Curl im Ausgangstest (Abb. 2). Die Erhöhung der Frel zeigte einen positiven Einfluss auf die Entwicklung der Leistungsparameter. So konnte für die EG ebenso signifikante Verbesserungen der vertikalen Sprungkraft im Squat Jump und Counter-Movement Jump im Ausgangstest nachgewiesen werden. Die Reaktivkraft der Wadenmuskulatur (Drop Jump Index) zeigte jedoch keine Veränderungen im Studienverlauf. Für die SG und KG konnten keine positiven Veränderungen beobachtet werden. Nach Beendigung der Interventionsphase senkten sich die Werte in den Kraft- und Sprungparametern in der EG wieder bis zum Retest (Abb. 3).

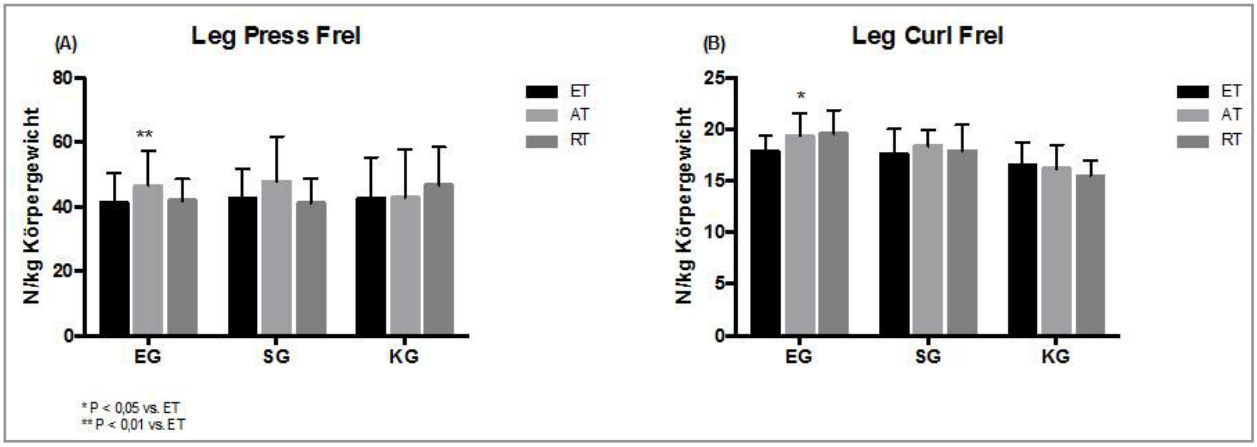


Abb. 2: Mittelwerte ± Standardabweichung der Frel Leg Press (A) und Frel Leg Curl (B) im Eingangstest (ET), im Ausgangstest (AT) in Woche 8 und im Retest (RT) 3 Wochen nach der Intervention.

Hinsichtlich der Ausdauerleistungsfähigkeit konnten in keiner der drei Gruppen signifikante Veränderungen in der relativen VO2 Ruhe, relativen VO2 Peak, maximale Laufzeit (TTE), maximale Laktatproduktion, Herzfrequenz und RQ bei Ausbelastung beobachtet werden. Lediglich die EG zeigte eine abnehmende Tendenz der VO2 Ruhe-Werten (Abb. 3).

3.2 Erythrozyten-Verformbarkeit und RBC-NOS/NO-Signalweg

Die Analyse der rheologischen Parameter der Erythrozyten (RBC) per *laser-assisted optical roational cell analyser* (LORCA; RR Mechatronics, Hoorn, the Netherlands) konnte keine akuten (Pre, Post, 24 h Post) oder chronischen

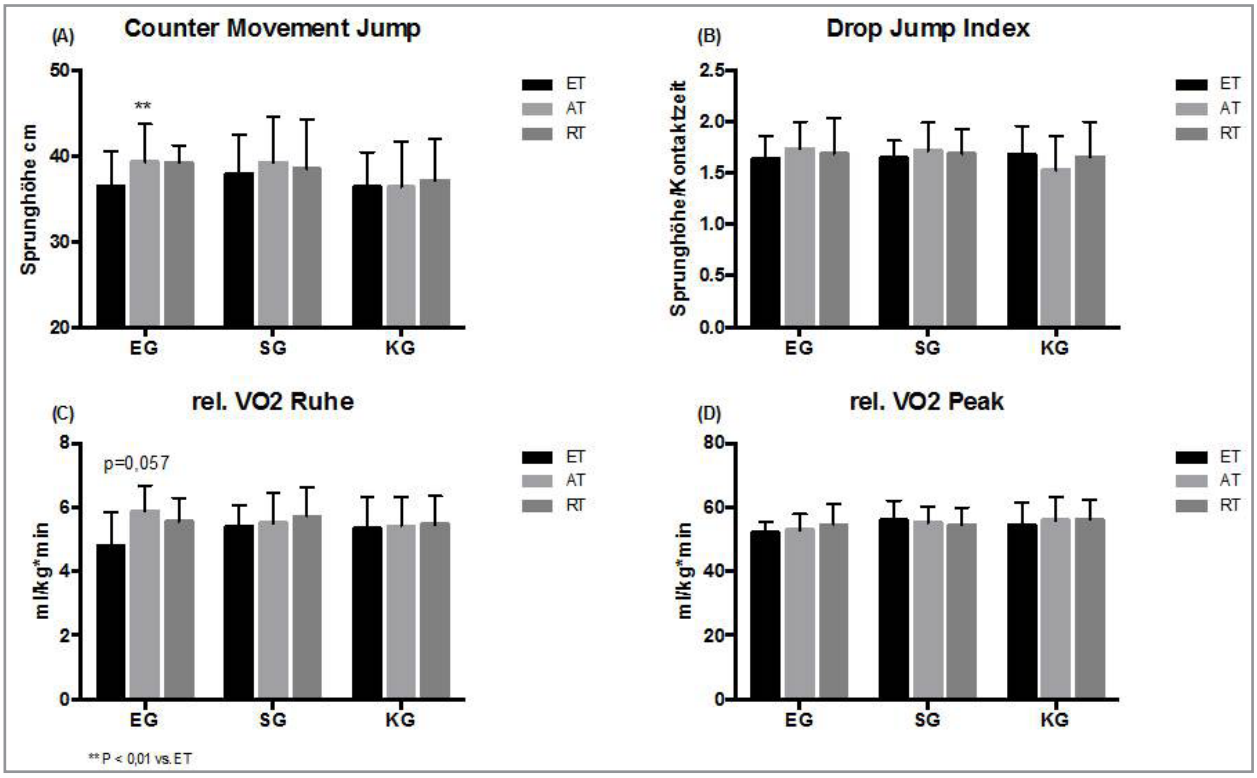


Abb. 3: Mittelwerte ± Standardabweichung der Sprunghöhe im Counter Movement Jump (A) des Drop Jump Index (B) der VO2 Ruhe (C) und VO2 Peak (D) im Eingangstest (ET), im Ausgangstest (AT) in Woche 8 und im Retest (RT) 3 Wochen nach der Intervention.

(Pre-Werte) trainingsbedingten Effekte auf die maximale Verformbarkeit (EImax) der gesamten RBCs (total RBC) nachweisen. Ebenso konnte die Analyse der per Dichtegradientenzentrifugation nach Alter aufgeteilten RBCs (44 %., 48 %., 52 %., 56+ %.) keine Unterschiede zwischen den Gruppen sowie keine akuten oder chronischen Effekte innerhalb der Studienphase dokumentieren (Abb. 4).

zeigte keine akuten oder chronischen Veränderungen in der EG bzw. kein Unterschied in der Entwicklung der Parameter im Vergleich zu der TG und KG.

3.3 Oxidativer Stress

Die Analyse der TBARS, gemessen über das Malondialdehyde (MDA) zeigte für die EG und

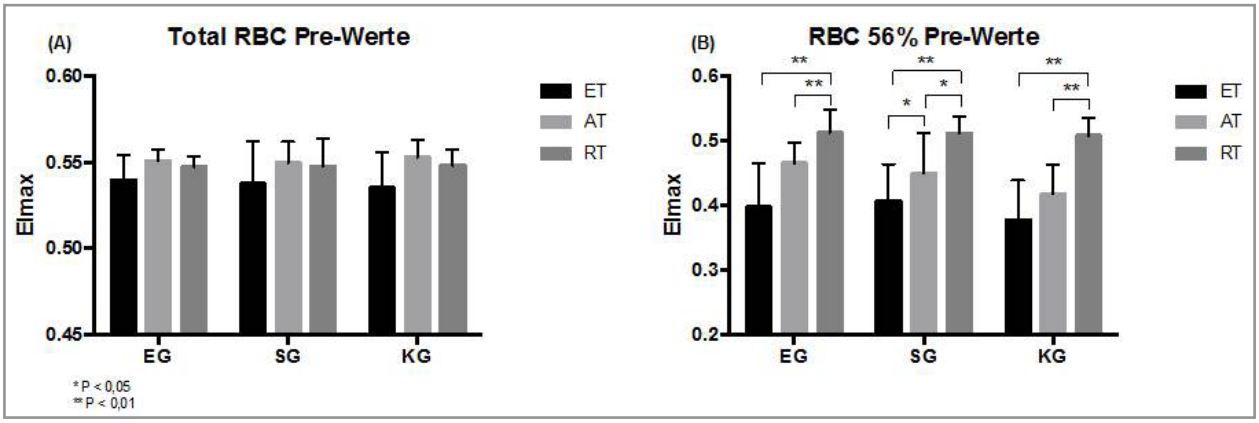


Abb. 4: Mittelwerte ± Standardabweichung der Verformbarkeit (EImax) der gesamten Erythrozyten-Fraktion (A) und der nach Dichte/ Alter aufgeteilten alten Erythrozyten (RBC 56 %.) (B) im Verlauf Eingangstest (ET), im Ausgangstest (AT) in Woche 8 und im Retest (RT) 3 Wochen nach der Intervention.

Der Untersuchung der RBC-NOS-Aktivierung konnte für die EG im Eingangstest und Ausgangstest einen signifikanten Akuteffekt (Pre zu Post und Pre zu 24 h Post) am Serin1177 nachweisen. Serin116, Threonin495 sowie die totale NOS zeigten keine signifikanten Akuteffekte. Die Akt und pAkt Threonin473 zeigten im Vergleich dazu signifikant abnehmende Basalwerte in der EG im Studienzeitraum. Die Analyse des nachfolgenden NO-Signalweges (Nitrit-Messungen, S-Nitrosylation, cGMP-Konzentration)

SG eine signifikante akute Steigerung der RBC-MDA-Werte im Eingangstest. Die Plasma-Werte blieben unverändert. Im Ausgangstest konnte eine signifikante akute Abnahme der Plasma MDA-Werte in der EG und SG beobachtet werden. Die RBC-MDA-Werte blieben in allen drei Gruppen unverändert. Hinsichtlich der chronischen Effekte konnte eine signifikante Erhöhung der Plasma-Werte (Pre-Werte) im Ausgangstest für die EG und SG nachgewiesen werden (Abb. 5).

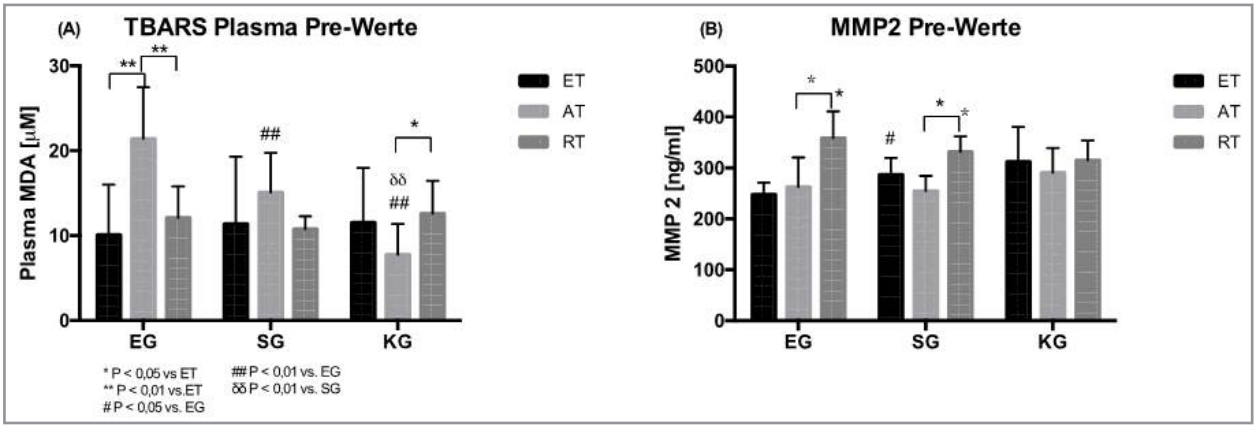


Abb. 5: Mittelwerte ± Standardabweichung der TBARS gemessen im Plasma (A) und der MMP2 (B) im Eingangstest (ET), im Ausgangstest (AT) in Woche 8 und im Retest (RT) 3 Wochen nach Beendigung der Intervention.

Die Analyse der Metalloproteinasen (MMP) konnte eine signifikante akute Erhöhung der MMP2 von Pre zu Post in der EG und SG im Eingangstest nachweisen. Die MMP9 erhöhte sich nur in der EG von Post zu 24 h Post im Eingangstest. Ebenso konnte nur für die EG im Ausgangstest einen signifikanten Akuteffekt des MMP2 von Pre zu Post nachgewiesen werden. Hinsichtlich einer chronischen Veränderung konnte in der EG und SG eine signifikante Erhöhung der MMP2-Werte im Retest im Vergleich zum Eingangstest beobachtet werden (Abb. 5). Die MMP9 Pre-Werte blieben in allen drei Gruppen unverändert während der Studienphase.

3.4 Immunregulation (IL-6) und muskuläre Belastung (CK)

Die Untersuchung der Produktion des inflammatorischen Zytokin Interleukin 6 (IL-6), als Indikator für die Immunregulation bzw. Inflammation, konnte nur für die SG im Eingangstest eine signifikante akute Erhöhung der Serumwerte von Pre zu 24 h Post nachweisen. Hinsichtlich der langfristigen Anpassung zeigte die Analyse der Pre-Werte eine signifikante Abnahme der IL-6 Werte in der EG vom Eingangstest bis zum Retest (Abb. 6).

Die Untersuchung der Kreatinkinase (CK)-Werte zeigte für die EG eine signifikante akute Erhöhung im Eingangstest von Pre zu Post sowie von Pre zu 24 h Post und eine signifikante Veränderung der Pre-Werte vom Eingangstest zum Ausgangstest. Die EG zeigte signifikant höhere Werte im Ausgangstest im Vergleich zu der SG und KG. Mit Beendigung der Interventionsphase senkten sich die Werte wieder auf Baseline-Niveau. In der SG und KG blieben die CK-Werte über den kompletten Studienzeitraum unverändert (Abb. 6).

3.5 Muskelfaserquerschnitt und Signalproteine

Die Auswertung der Muskelschnitte bzw. des Muskelfaserquerschnitts zeigte keine signifikante Veränderungen in keiner der drei Gruppen sowie keine Gruppenunterschiede im Eingangstest und Ausgangstest. Auch wenn mit P = 0,051 statistisch nicht signifikant konnte in der EG dennoch eine klare Tendenz einer Vergrößerung des Muskelfaserquerschnitts von +6,3 %. in den Typ-II Fasern beobachtet werden (Abb. 7, Seite 6).

Die Western Blot-Analyse der ausgewählten Singalproteine konnte für keine der drei Gruppen signifikante Veränderung der Signalproteine mTor, p70, MURF1, pFOXO3a, Akt1 und a-tubulin im Ausgangstest nach 7 Wochen Trainingsintervention nachweisen.

4 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass GK-EMS eine effektive Alternative zum Krafttraining darstellt. Das in den Voruntersuchungen herausgearbeitete Stimulationsdesign (Filipovic et al., 2011; 2012) konnte erfolgreich in das Training von Leistungsfußballspielern während der Wettkampfphase integriert werden. Innerhalb von 7 Wochen (14 Einheiten) konnte eine Steigerung der Maximalkraft (Frel) der Beinstreckmuskulatur von ca. +15 %. und der Beinbeugemusku-

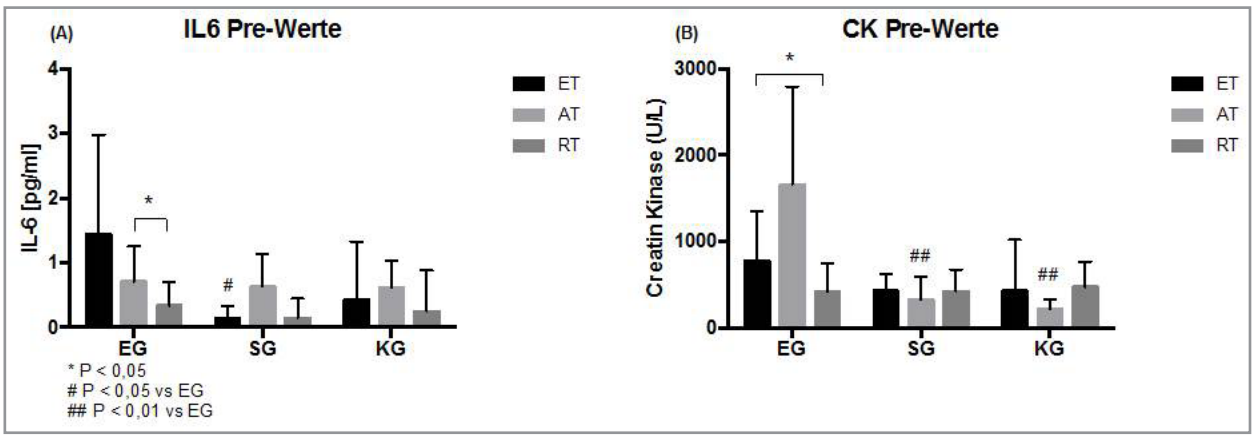


Abb. 6: Mittelwerte ± Standardabweichung der (A) IL-6 und (B) CK Pre-Werte im Blutserum im Eingangstest (ET), im Ausgangstest (AT) in Woche 8 und im Retest (RT) 3 Wochen nach Beendigung der Intervention.

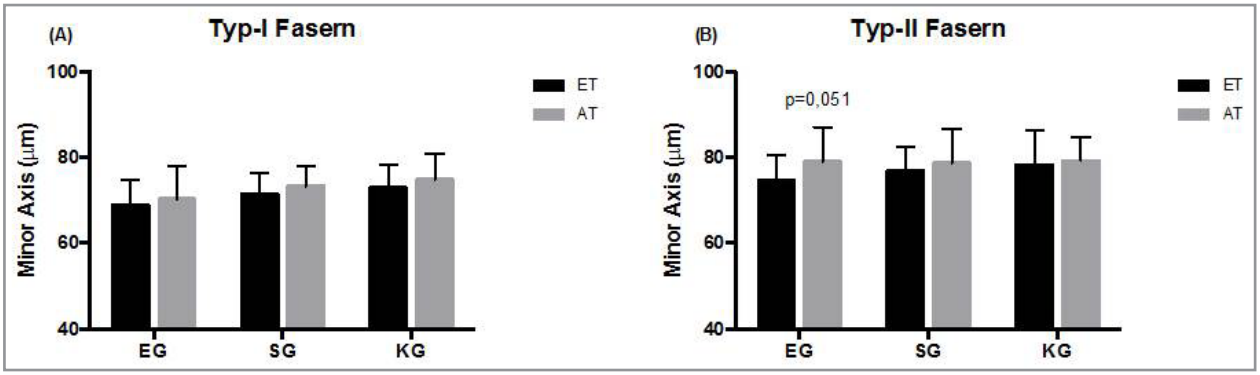


Abb. 7: Mittelwerte ± Standardabweichung des Muskelfaserquerschnitt (Minor Axis) (A) der Typ-I und (B) Typ-II Fasern im Eingangstest (ET) und Ausgangstest (AT) in Woche 8.

latur (Frel) von +8 %. sowie eine Verbesserung der vertikalen Sprungkraft von +7-8 %. (SJ/ CMJ) nachgewiesen werden. Von besonderer Bedeutung sind die Steigerungen der Maximalkraft in der ischiokuralen Muskulatur, da diese im Leistungsfußball einer der häufigsten muskulären Verletzungen darstellt. Die Ergebnisse in der Maximalkraft sind vergleichbar mit denen von lokalen EMS-Studien (12-28 Einheiten) mit trainierten Probanden und Hochleistungssportlern. Die Steigerungen in der Sprungkraft liegen jedoch unter denen von lokalen EMS-Methoden (Filipovic et al., 2012). Es ist anzumerken, dass in der vorliegenden Studie kein zusätzliches sprungspezifisches Training integriert wurde und die Sprünge simultan zur EMS durchgeführt wurden. Effekte der vertikalen Sprünge (3 x 10 Squat Jumps) bzw. des Fußballtrainings (2-4 Einheiten + Spiel) allein konnten erfolgreich ausgeschlossen werden. Die Daten zeigen, dass, um die Steigerungen zu stabilisieren, Fußballtraining alleine nicht ausreicht. Die Integration eines spezifischen Kraft-/Sprungkrafttrainings oder ein GK-EMS-Training weiterführend einmal pro Woche könnte sich positiv auf den Erhalt auswirken. Im Vergleich zu den Kraft- bzw. Leistungsparametern konnten keine Effekte auf die Ausdauerleistungsfähigkeit von Leistungsfußballspielern beobachtet werden.

Die Untersuchungen zu den myozellulären Anpassungen konnten erstmals GK-EMS induzierte strukturelle Umbauvorgänge nachweisen. Die Steigerung der Maximalkraft konnte in Zusammenhang mit einer Vergrößerung des Muskelfaserquerschnitts der Typ-II Fasern gebracht werden. Dieser Effekt ist bemerkenswert, da insgesamt nur 14 GK-EMS-Einheiten mit einer relativen kurzen Netto-Muskelspannung von 2 x 2 Minuten pro Woche ohne zusätzliches Krafttraining appliziert wurden. Eine Vergrößerung der Muskelmasse der Typ-II Fasern würde den generellen Sauerstoffbedarf der Typ-II Fasern erhöhen. Wie in Abb. 3 dargestellt, zeigte die EG eine Tendenz in der Erhöhung der VO2 in Ruhe (P = 0,057), was auf eine Zunahme der Muskelmasse hindeuten könnte.

Die Untersuchungen der rheologischen Parameter deuten darauf hin, dass der Leistungsstand bzw. der Trainingsumfang der Leistungsfußballspieler eventuell zu gering war, um die Erythrozyten-Verformbarkeit zu erhöhen. Dies konnte durch die Untersuchungen der intrazellulären NO-Produktion und weiterführenden NO-Signalwege bestätigt werden. Eine Hypothese der vorliegenden Arbeit war es, dass eine Erhöhung der Verformbarkeit die Durchblutung bzw. die Sauerstoffversorgung der Arbeitsmuskulatur begünstigen kann und so eine Übersäuerung der Muskulatur verzögern und die maximale Laufleistung (TTE) im Rampentest verbessern könnte. Die Daten in der Verformbarkeit liefern somit ein Argument für die unveränderte Laufleistung (TTE, VO2 Peak) im VO2-Rampentest der Spieler. Hinsichtlich der einzelnen Erythrozyten-Fraktionen (Dichtegradienten/ Alter) wies die Analyse eine signifikante chronische Erhöhung in den alten Erythrozyten (RBC +56 %.) für alle drei Gruppen nach. Da alle drei Gruppen einen ähnlichen Verlauf zeigen, ist dieser Effekt vermutlich auf die Wiederaufnahme des Trainings nach einer relativ inaktiven Phase (Winterpause) zurückzuführen.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine dynamische GK-EMS hohen Stress auf das muskuläre System erzeugt, der mit einem hohen metabolischen Umsatz einhergeht. Dies konnte durch die Untersuchungen der Belastungsmarker CK-Werte und IL-6 sowie die Parameter des oxidativen Stress (MDA, MMP2, MMP9) nachgewiesen werden. Die Serum CK-Werte als Indikator für muskuläre Belastung zeigen, dass zwei GK-EMS Einheiten, zusätzlich zum gewohnten Trainingsumfang pro Woche, einen intensiven Reiz für die Muskulatur darstellen und die CK-Werte über Wochen konstant erhöhen kann. Erst nach Beendigung der Trainingsphase kehrten die Werte wieder zu den Basalwerten zurück. Dies deckt sich ebenfalls mit den Ergebnissen unserer Voruntersuchung mit professionellen Fußballspielern (Filipovic et al., 2016).

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie bilden eine wichtige Grundlage für weitere EMS-Projekte im Leistungssport. In aufbauenden Untersuchungen sollten weitere myozelluläre Adaptationsmechanismen, sowie neuronale Anpassungen untersucht werden. In diesem Zusammenhang sollte der Fokus auf neuen Belastungsmarkern liegen, um die Trainingsteuerung des GK-EMS-Trainings zu optimieren.

5 Literatur

Filipovic, A., Grau, M., Kleinoder, H., Zimmer, P., Hollmann, W., & Bloch, W. (2016). Effects of a Whole-Body Electrostimulation Program on Strength, Sprinting, Jumping, and Kicking Capacity in Elite Soccer Players. *Journal of sports science medicine, 15* (4), 639-648.

Filipovic, A., Kleinoder, H., Pluck, D., Hollmann, W., Bloch, W., & Grau, M. (2015). Influence of Whole-Body Electrostimulation on Human Red Blood Cell Deformability. *Journal of strength and conditioning research*, 29 (9), 2570-2578. doi:10.1519/JSC.0000000000000916

Filipovic, A., Kleinoder, H., Dormann, U., & Mester, J. (2011). Electromyostimulation – a systematic review of the influence of training regimens and stimulation parameters on effectiveness in electromyostimulation training of selected strength parameters. *Journal of strength and conditioning research, 25* (11), 3218-3238. doi:10.1519/JSC.0b013e318212e3ce

Filipovic, A., Kleinoder, H., Dormann, U., & Mester, J. (2012). Electromyostimulation – a systematic review of the effects of different electromyostimulation methods on selected strength parameters in trained and elite athletes. *Journal of strength and conditioning research*, 26 (9), 2600-2614. doi:10.1519/JSC.0b013e31823f2cd1

Gehlert, S., Suhr, F., Gutsche, K., Willkomm, L., Kern, J., Jacko, D., ... & Bloch, W. (2015). High force development augments skeletal muscle signalling in resistance exercise modes equalized for time under tension. *Pflugers Archiv, 467* (6), 1343-1356. doi:10.1007/s00424-014-1579-y

Grau, M., Pauly, S., Ali, J., Walpurgis, K., Thevis, M., Bloch, W., & Suhr, F. (2013). RBC-NOS-dependent S-nitrosylation of cytoskeletal proteins improves RBC deformability. *PLoS One, 8* (2), e56759. doi:10.1371/journal.pone.0056759

Suhr, F., Brenig, J., Muller, R., Behrens, H., Bloch, W., & Grau, M. (2012). Moderate exercise promotes human RBC-NOS activity, NO production and deformability through Akt kinase pathway. *PLoS One, 7* (9), e45982. doi:10.1371/journal.pone.0045982

Suhr, F., Porten, S., Hertrich, T., Brixius, K., Schmidt, A., Platen, P., & Bloch, W. (2009). Intensive exercise induces changes of endothelial nitric oxide synthase pattern in human erythrocytes. *Nitric Oxide, 20* (2), 95-103. doi:10.1016/j.niox.2008.10.004

Der „Warburg-Effekt“ des Skelettmuskels. Die Glykolyse als essentielles Bindeglied zwischen Energiebereitstellung und Muskelwachstum

(AZ 070106/16-17)

Sebastian Gehlert, Henning Wackerhage, Daniel Jacko, Axel Przyklenk, Sander Verbrugge, Gabi Kastenmüller & Wilhelm Bloch

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

1 Problem

Das wesentliche Zwischenprodukt der Glykolyse, „Laktat“, wird seit Jahrzehnten überwiegend zur Diagnostik der Ausdauerleistungsfähigkeit verwendet. Obwohl Laktat mittlerweile erweiterte Funktionen zugewiesen bekommen hat und als energielieferndes Substrat, gefäßweitenregulierendes Molekül sowie bei der Satellitenzellaktivierung von Bedeutung ist, sind potentiell wachstumsfördernde Regulationen des glykolytischen Stoffwechsels wenig untersucht. Der deutsche Biochemiker und Nobelpreisträger Otto Warburg hatte bereits in den 20iger Jahren des letzten Jahrhunderts entdeckt, dass wachsende Krebszellen vermehrt Laktat synthetisieren, was als der „Warburg-Effekt“ in die Literatur einging. Der Grund für den Warburg Effekt wurde erst in den letzten Jahren von Biochemikern identifiziert: Die Biosynthese von Purinen, Pyrimidinen für DNA und RNA sowie auch von Aminosäuren wird wesentlich von glykolytischen Intermediaten gespeist. Krebszellen steigern somit gezielt die Glykolyserate, um mehr DNA, RNA, Lipide und Aminosäuren zu synthetisieren, was eine essentielle Bedingung für ihr Wachstum ist.

Im adulten Skelettmuskel besitzen glykolytische Typ II Muskelfasern ein größeres Hypertrophiepotential als weniger glykolytische Typ I Muskelfasern. Wird die Muskelfaserhypertrophie z. B. mit IGF-1 oder Clenbuterol in der Zellkultur stimuliert, dann werden mehr glykolytische Enzyme und Intermediate synthetisiert, und die hypertrophierenden Fasern produzieren mehr Laktat. Dies suggeriert einen bislang uncharakterisierten Zusammenhang zwischen dem glykolytischen Potential von Muskelfasern, dem glykolytischen Fluss durch Training und dem Mechanismus der Muskelhypertrophie, welcher in diesem Zusammenhang jedoch weitgehend unbeschrieben ist. Unsere Kernhypothese beschreibt, dass ein modifizierter Warburg Effekt auch in krafttrainingsstimulierten, hypertrophierenden Muskelfasern induziert wird, was die Synthese von Nukleotiden, RNA für Ribosomen sowie von nicht-essentiellen Aminosäuren für die Proteinsynthese erhöht. Ein solcher Effekt kann auch damit begleitet sein, dass sich die Glykolyserate durch eine veränderte Expression der Pyruvatkinaseisoform anpasst. So kann eine erhöhte Expression der Pyruvatkinase 2 (PKM2) dazu führen, dass vermehrt Metabolite der Glykolyse zum Zwecke der Nukleotid und Aminosäuresynthese umgeleitet werden, während die Pyruvatkinase 1 (PKM1) eine erhöhten Fluss zugunsten der Pyruvatproduktion und damit Laktat reguliert. Zeitgleich sollte eine das Skelettmuskelwachstum fördernde anabole Signaltransduktion auch begleitet sein von einer erhöhten Phosphorylierung von Proteinen der mTOR Signalkaskade, insbesondere AKT und p70s6k (Adams, 2010).

Das Ziel dieser Studie war es, diese Hypothesen in einer krafttrainingsbasierten Untersuchung am Menschen zu testen, indem wir die wachstumsregulierende Signaltransduktion sowie die Metabolitenstruktur des Skelettmuskels in Ruhe, nach akutem und fortgesetztem Krafttraining in Muskelbiopsien untersuchen. Eine Zunahme der relevanten Metabolite im Skelettmuskel nach nur kurzfristiger Kraftbeanspruchung

könnte untermauern, dass dieser Stoffwechselweg im adulten Skelettmuskel von besonderer Bedeutung für die Anpassung an Training ist. Die Bestätigung dieser Hypothese würde nicht nur unser Verständnis der Muskelhypertrophie nach Krafttraining fundamental verändern sondern hätte auch praktische Konsequenzen für die Trainingsgestaltung im Leistungs- und Gesundheitssport, indem zum Beispiel die Kombination von anaeroben Training und Krafttraining ein hocheffektives Belastungskonzept für das Muskelwachstum darstellen könnte.

Aus den dargestellten ergaben sich zusammen mit den skizzierten Zusammenhängen der Modulation glykolytischer Metabolite durch Training 3 wesentliche Hypothesen:

1. Akutes Krafttraining führt zu einer erhöhten Expression von Pyruvatkinase 2 (PK-M2).
2. Eine akute Krafttrainingsbelastung führt zu einer signifikanten Aufregulation von wesentlichen Clustern glykolytischer Stoffwechselsintermediate sowie Vorläufern in der Nukleotid-, Purin- und Pyrimidinsynthese und der Synthese von nicht essentiellen Aminosäuren und Lipidvorstufen.
3. Das Vorkommen glykolytischer Metabolite im belasteten Skelettmuskel ist auch mit der aktivitätsbezogenen Phosphorylierung von Signaltransduktionsproteinen im mTOR Signalweg und damit der Initiation der Proteinsynthese assoziiert.

2 Methode

Durch hochschulinterne und externe Ausschreibungen wurden zunächst geeignete Probanden rekrutiert. Das Probandenkollektiv umfasste 14 gesunde, männliche Probanden zwischen 20 und 35 Jahren (24 ± 3 Jahre, 183 ± 7 cm, 79 ± 0.9 kg). Die Probanden wiesen ein normales Trainingsniveau in Allgemeinsportarten auf und verfügten über Krafttrainingserfahrung, waren jedoch nicht ausgewiesen kraft- oder ausdauertrainiert. Das Trainingsprogramm umfasste 13 Trainingseinheiten am Beinstrecker und der Beinpresse, die 3-mal wöchentlich durchgeführt wurden. Das Trainingsprogramm umfasste pro Gerät 3 Trainingssätze mit 10 Wiederholungen des 10 RMs bei einer Belastungspause von 2 min. Alle Probanden durchliefen im Vorfeld der Studie eine standardisierte Vortrainingsphase von 2 submaximalen Trainingseinheiten auf dem Beinstrecker und der Beinpresse. Eine kurze Angleichung von Trainingsinhalten sollte potentiell auftretende, sehr große Dynamiken in der Initialreaktion auf ein ungewohntes Trainingsprogamm dämpfen, um auch realitätsnahe Anpassungsreaktionen zu erzeugen. Für diese Trainingsphase wurden daher 2 Trainingseinheiten im Abstand von jeweils 48-Stunden vor der Haupttrainingsphase umgesetzt und erst danach die Trainingsphase mit den Muskelbiopsien vorgenommen. Vor Beginn der Trainings wurden in einer separaten Kraftdiagnostik die Intensitäten für die Trainingsbelastungen festgelegt. Das zugrundeliegende Belastungsmuster am Testtag wurde dann in der Studie zu den Trainings am verwendeten Krafttrainingsgerät umgesetzt. In Ruhe vor dem Training (T0), 45 min nach der ersten (T1) und 45 min nach der 13. und letzten Trainingseinheit (T5) wurden dann Muskelbiopsien 45 min nach Trainingsbelastung entnommen. Wir konnten in Vorversuchen zeigen, dass in diesem Zeitraum eine signifikante Akkumulation von Laktat im Muskel messbar ist und zudem auch eine signifikante Aktivierung der Proteinsyntheseinitiation stattfindet (Gehlert et al., 2014; Moore et al., 2011). Mit unserem Studiendesign konnte daher eine akute und chronische Belastung unter gleichzeitiger Akkumulation von Laktat und einer anabolen Signalgebung kombiniert werden (Gehlert et al., 2014; Willkomm et al., 2017).

3 Ergebnisse

Im Verlauf der Studie konnte ein signifikanter Anstieg der Phosphorylierung von pAKT an Serin 473 bis zum letzten Training (T5) bestimmt werden .Für p70s6k konnte ein signifikanter Anstieg der Phosphorylierung an Threonin 389 zu T1 (nach dem ersten Training) festgestellt werden jedoch eine deutlichen Reduktion zum letzten Training (T5). Bei den glykolytischen Enzymen wurde keine Änderung des Expressionslevel der Gycerinaldehyd-3-phosphat-Dehydrogenase festgestellt jedoch eine Reduktion der Phosphofruktokinase (PFK1) bis zu T5. Es

konnte ein deutlicher jedoch nicht signifikanter Anstieg der Pyruvatkinase 2 (PKM2) bis zu T5 festgestellt werden gekoppelt mit einem signifikanten Abfall der PKM1 Isoform zu T5. Somit konnte Hypothese 1 nicht statistisch gesichert bestätigt werden.

Sowohl Typ I als auch Typ II Fasern zeigten über den Zeitverlauf von T0 nach T5 nicht signifikante Anstiege des Muskelfaserquerschnittes (µm) (Typ I, pN = 0,14; Typ II, pN = 0,057).

Für die Analyse der Metabolitenverteilung war für uns primär die Konzentration von Metaboliten wichtig, die den Clustern des Aminosäure-, Peptid-, Nucleotid und Kohlenhydratstoffwechsels zuzuordnen sind. Im Verlauf der Studie konnte von T0 nach T1 und besonders von T0 nach T5 ein signifikanter Abfall eines Metabolitenclusters des allgemeinen Aminosäurestoffwechsels nachgewiesen werden, während das Cluster für die verzweigtkettigen Aminosäuren eine signifikante Steigerung zeigt (Abb. 1., Seite 4: Cluster 1, Block mit blauer Farbgebung vs. darunter liegender Block mit dominant roter Farbgebung (ab carboxyethylisoleucine). Wenige Metabolite des Nucelotidstoffwechsels zeigten signifikante Reduktionen größtenteils jedoch signifikante Erhöhungen ihrer Konzentration, besonders im direkten Vergleich von T0 zu T5 (Abb. 1, Seite 4: Cluster Nucleotide). Aufgrund der heterogenen Response der Metabolite konnte Hypothese 2 und 3 somit nicht eindeutig bestätigt werden. Entgegen der hypothetisierten Erhöhung von Metaboliten des Kohlenhydratstoffwechsels durch glykolytisches Training kam es hier zu einer Reduktion der Metabolite (vorletztes Cluster in Abb. 1, Seite 4).

Im Skelettmuskel der Probanden konnte zudem von T0 nach T1, insbesondere aber von T1 nach T5 ein deutlicher Abfall der Metaboliten des Lipidstoffwechsels nachgewiesen werden, assoziiert mit einer Reduktion von Succinat als wesentliches Metabolit des mitochondrialen Energiestoffwechsels im Citratzyklus bzw. Komplex II der mitochondrialen Atmungskette.

4 Diskussion

Der im Antrag beschriebene Warburg-Effekt im Sinne einer Steigerung glykolytischer Intermediate für Wachstumsprozesse konnte am humanen Skelettmuskel und dem vorliegenden Studiendesign jedoch nicht zweifelsfrei entlang der aufgestellten Hypothesen bestätigt werden. Unsere Intervention konnte jedoch eine deutliche, wenngleich auch nicht signifikante Vergrößerung des Muskelfaserquerschnittes bei den Probanden induzieren. Damit kann man davon ausgehen, dass die Proteinsynthese nach jedem Training aufreguliert worden sein muss, um in lediglich 13 Trainingseinheiten eine entsprechende Anpassung zu bewirken. Über den Zeitverlauf unserer Intervention ist es dabei teilweise zu signifikanten Anpassungen von Enzymen des anaeroben Energiestoffwechsels gekommen. Die Reduktion des Phosphofruktokinase Levels (PFK1) könnte mit einer Verminderung der Geschwindigkeit des glykolytischen Stoffwechsels von T0 nach T5 assoziiert sein, da die PFK die Glykolyserate maßgeblich reguliert. Im Zusammenspiel mit der tendenziellen Steigerung der Isoform 2 der PKM2 und der Reduktion von Isoform 1 (PKM1) könnte sich daher tatsächlich als Folge dieser Intervention eine Reduktion der Gylkolyserate und gleichzeitig eine Modifikation des glykolytischen Metabolitenflusses in Richtung der eingangs beschriebenen Hypothese ergeben haben (Lee et al., 2009). Überraschenderweise konnte in der Metabolomanalyse kein konsistenter Anstieg bzw. eine gerichtete Regulation der Metabolitenkonzentration des glykolytischen Stoffwechsels nachgewiesen werden. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass ein solcher Anstieg von glykolytischen Metaboliten durch akute Belastung einerseits oder eine Modifikation des glykolytischen Stoffwechsels andererseits generell nur in geringem Maße stattfindet. Erstaunlicherweise kam es im Verlauf der Studie bis zu T5 weniger zu einer konsistenten Erhöhung von relevanten Clustern des Muskelmetaboloms sondern zu einer deutlichen Verringerung (siehe Abb. 1). Hiervon waren insbesondere Metabolite des Aminosäure-,Peptid-, Nucleotid- sowie

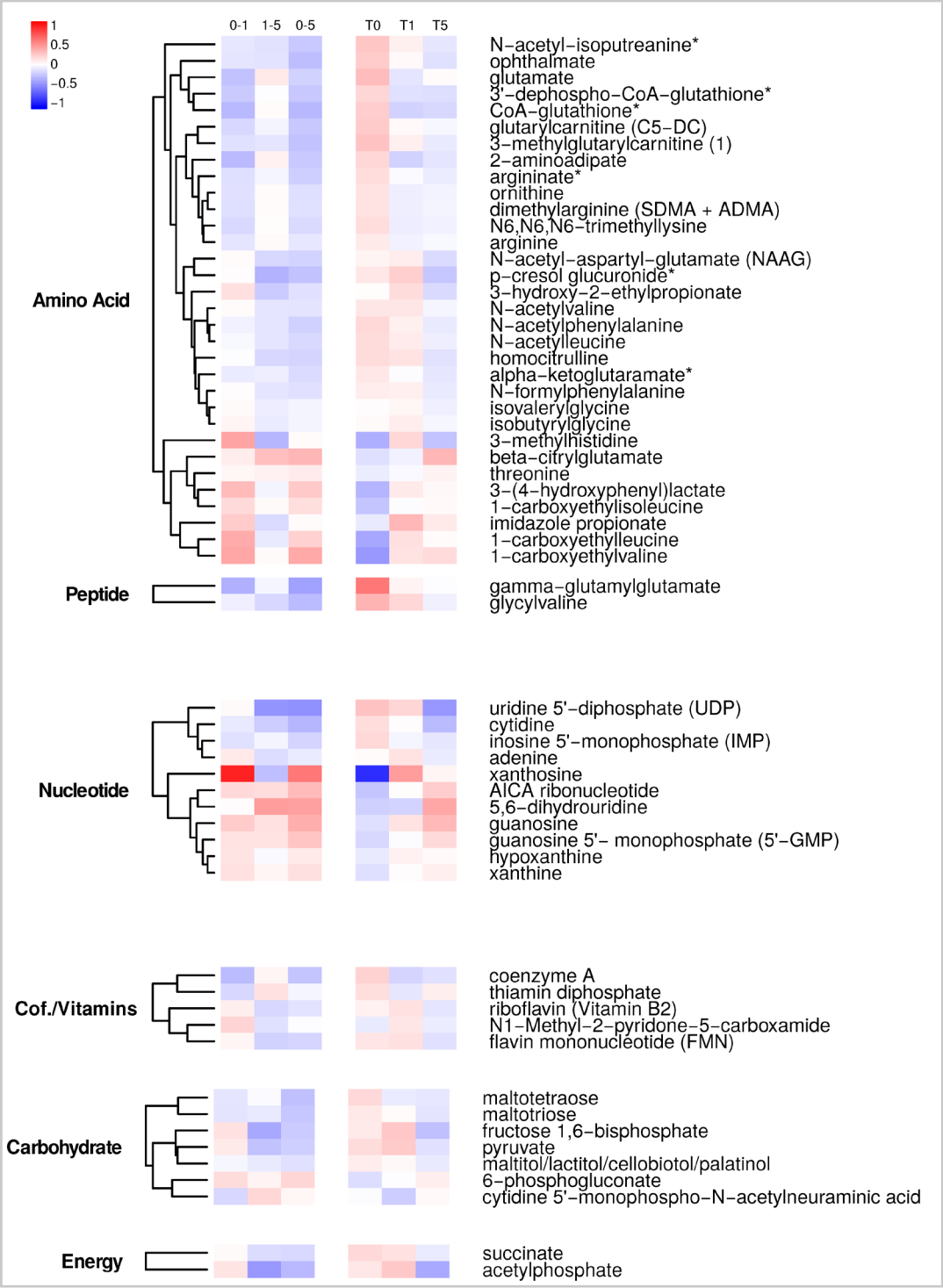


Abb. 1: Heatmap der Metabolitenverteilung in den untersuchten Skelettmuskelbioptaten von T0 nach T5. Dargestellt sind Cluster von Metaboliten die dem Aminosäure-, Nucleotid-, Peptid, Kohlenhydrat-, und Energiestoffwechsel zuzuordnen sind und welche durch die Trainingsintervention in diesen Clustern signifikant hoch- oder herunterreguliert wurden ($p < 0.05$). Lesbarkeit der Abbildung: erster Block von links; Darstellung der signifikanten Unterschiede von T0 nach T1 (erste Spalte), T1 nach T5 (zweite Spalte) und T0 nach T5 (dritte Spalte). Blaue Felder markieren signifikante Reduktionen, weiße Felder markieren keine Veränderung und rote Felder signifikante Steigerungen der Metabolitenlevel. Satte Farben markieren starke Änderungen, blasse Farben moderate Änderungen der Metabolitenkonzentrationen. Zweiter Block von links (dritte bis sechste Spalte); Darstellung der relativen Konzentrationen der Metabolitenlevel innerhalb der Proben unter Orientierung am Median aller Proben.

auch des Fettsäuremetabolismus betroffen. Dies muss jedoch nicht zwangsläufig mit einer generellen Verringerung entsprechender Metabolite unter Ruhe zusammenhängen. Vielmehr kann eine rapide Aktivierung des Energiestoffwechsels zu einer Reduktion von Metaboliten durch erhöhten Substratbedarf aerober Stoffwechselprozesse erfolgen. Ein wesentlicher Indikator für ein durch glykolytische Kraftbeanspruchung induziertes Potential zur chronischen Modifikation des Skelettmuskelmetaboloms zeichnet sich durch die Änderung der Metabolitenstruktur von T1 nach T5 ab. Obwohl bereits im Vergleich T0 zu T1 deutliche Senkungen von Metaboliten des allgemeinen Aminosäure- und Nukleotid Stoffwechsels sowie Steigerungen von Metaboliten der verzweigtkettigen Aminosäurestoffwechsels zu verzeichnen sind, wird diese Regulation von T1 nach T5 noch weiter verstärkt. Die gemessenen, signifikanten Verringerungen der Konzentrationen von Metaboliten, insbesondere von T1 nach T5, können durchaus als metabolische Vorkonditionierung des Muskelmetaboloms interpretiert werden, weil durch wiederholte und gleichförmige Trainingsreize eine erhöhte Aufnahme und Verstoffwechselung dieser Mediate durch enzymatische Anpassungen ermöglicht und nötig wird. Diese Vorkonditionierung vollzieht sich relativ schnell und innerhalb des Zeitfensters eines Mesozyklus. Da neben den wachstumsassoziierten Metaboliten auch Substrate des Energiestoffwechsels betroffen sind, eröffnet sich für Trainingswissenschaftler, Trainer und Athlet eine neue Sichtweise auf die zeitliche Gestaltung von Trainingsformen innerhalb von mittelfristigen Trainingszyklen sowie auch auf die metabolische Wirkung der Trainingsform „Krafttraining“ an sich. Krafttraining wird in seiner Funktion als allgegenwärtiges Trainingsprinzip häufig auf die Anpassungsprozesse des Muskelwachstums und den Kraftzuwachs reduziert. Mit dieser Untersuchung wird deutlich, dass ein fortgesetzter Kraftstimulus von wenigen Minuten Dauer in der Lage ist, kurz- und langfristig wesentliche Anpassungen des Skelettmuskelmetaboloms zu induzieren. Dies könnte mit erklären, warum sich Skelettmuskelanpassung in einem kaum zu differenzierenden Kontinuum zwischen struktureller und metabolischer Anpassung vollzieht und eine spezifische Nachvollziehbarkeit zwischen definierter Belastung und Anpassungseffekt immer noch schwer zu fixieren ist.

5 Transfer und Praxisbezug

Eine mehrwöchige, praxisnahe Trainingssituation führt zu einer veränderten Expression anaerober Enzyme im humanen Skelettmuskel gekoppelt mit einer moderaten Muskelhypertrophie. Dies ist begleitet von einer signifikanten Anpassung des Muskelmetaboloms nach Training in metabolischen Netzwerken des Aminosäure,- Purin,- Kolenhydrat-, Lipid- und Nucleotidstoffwechsels. Aus den skizzierten Ergebnissen lassen sich jedoch zunächst keine direkten und für die Konzeption von spezifischen Trainingsinhalten- oder Empfehlungen verwertbaren Erkenntnisse ableiten. Sowohl erhöhte anabole Signaltransduktion als auch Muskelhypertrophie sind Phänomene, die als Folge von Krafttraining hinlänglich bekannt sind. In unserer Studie konnten wir jedoch mit einer innovativen Technik eine Vielzahl von Skelettmuskelmetaboliten nachweisen, metabolischen Netzwerken zuordnen und deren Änderung als Folge von akutem und chronischem Krafttraining darstellbar machen. Unsere Ergebnisse weisen dem Krafttraining als „mechanometabolische“ Beanspruchungsform daher eine maßgebliche Rolle zu, die akut aber auch mittelfristig in der Lage ist, ganze Cluster von metabolischen Pfaden zu modifizieren, sofern mindestens 13 Trainingseinheiten umgesetzt werden. Hierdurch werden offensichtlich Trainingseffekte ausgelöst, die neben Hypertrophie und Kraftgewinnen auch verbesserte metabolische Voraussetzungen für Anpassungen des Energiestoffwechsels auslösen. Wichtigerweise ist damit auch eine langfristige Veränderung des Skelettmuskelmetaboloms verbunden, welches diese Anpassungen über die Generierung und die Aufnahme wachstumsfördernder Metaboliten unterstützt und indirekt auch den adaptiven Zustand des Skelettmuskelwachstums reflektiert (Der-Torossian et al., 2013). Die Ergebnisse dieser explorativen Studie erweitern die bislang beschriebenen molekularen Wirkungen von Krafttraining um eine neue, innovative und vielversprechende metabolische Perspektive der Trainingsanpassung. Als besonders beachtenswert erscheint die Tatsache, dass eine Vielzahl

von Metaboliten unterschiedlicher metabolischer Netzwerke eine signifikante Veränderung innerhalb eines Trainingszeitraumes zeigten, der in etwa einem Mesozyklus entspricht. Weitere zeit-, intensitäts- und geschlechtsabhängige Studien müssen folgen, um zu überprüfen, wie persistent und mit welcher Dynamik sich solche Metabolomanpassungen im Muskel auf unterschiedliche Trainingsmuster vollziehen, welche global-physiologischen Parameter hiervon mit beeinflusst werden und welchen Vorteil der Athlet im Trainingsprozess hiervon hat.

6 Zusammenfassung

Es ist fraglich, ob akutes und chronisches Krafttraining mit dominant glykolytischer Energiebereitstellung die Expression glykolytischer Enzyme gekoppelt mit einer Anpassung metabolischer Netzwerke induzieren kann, welche für biosynthetische Prozesse im wachsenden Skelettmuskel von Bedeutung sind (Ohlendieck, 2010; Vander Heiden et al., 2011). Glykolytische Intermediate könnten hierbei eine große Rolle spielen, da sie für die Biosynthese von Nucleotiden, RNA, DNA und Aminosäuren wichtig sind. Dies könnte indirekt den von Otto-Warburg entdeckten „Warburg-Effekt“ für Krebszellen, auch im Skelettmuskel bestätigen und damit dem anaeroben Stoffwechsel eine erweiterte Rolle in der Regulation der Muskelanpassung zuweisen (DeBerardinis et al., 2008; Der-Torossian et al., 2013). Um dies zu überprüfen, führten männliche Probanden ein mehrwöchiges Krafttraining an der unteren Extremität mit insgesamt 13 Trainingseinheiten in 5 Wochen durch. In Ruhe sowie 45 min nach dem ersten und letzten Training wurden Muskelbiopsien am m. vastus lateralis entnommen und mittels Westernblotting auf die Expression von Proteinen der anabolen Signaltransduktion und glykolytischer Enzyme untersucht. Mittels Immunhistochemie wurde die Hypertrophie von Typ I und II Skelettmuskelfasern bestimmt. Untersuchungsschwerpunkt war jedoch eine umfassende massenspektrometrische Analyse des Skelettmuskelmetaboloms. Wir konnten zeigen, dass es zu einer moderaten Hypertrophie innerhalb der Skelettmuskelfasern gekoppelt mit einer erhöhten Aktivierung anaboler Signaltransduktion kommt. Über den Zeitverlauf der Studie wurde zudem eine veränderte Expression glykolytischer Enzyme beobachtet, was potentiell auf eine Modulation des glykolytischen Flusses in Richtung vermehrter Herstellung von biosynthetisch relevanten Intermediaten hindeutet (Vander Heiden et al., 2011). Dies konnte in der Metabolomanalyse jedoch nicht eindeutig belegt werden, da es in einigen Metabolitenclustern zu einem Anstieg, zum überwiegenden Teil jedoch zu signifikanten Reduktionen der Metabolitenlevel über den Studienverlauf kam. Dies könnte damit erklärt werden, dass biosynthetische Prozesse im akuten Nachbelastungszustand eine rapide Aufnahme dieser Metaboliten bewirken. Die vorliegenden Ergebnisse können daher den „Warburg-Effekt“ im trainierenden humanen Skelettmuskel nicht bestätigen. Eine Vielzahl von Metaboliten unterschiedlicher metabolischer Netzwerke zeigten jedoch signifikante Änderungen innerhalb eines Trainingszeitraumes, der in etwa einem Mesozyklus entspricht. Hierzu gehörten Metabolite des Nucleotid- und Aminosäurestoffwechsel, die wachstumsfördernde Mediate zur Verfügung stellen, welche die Synthese von Muskelgewebe fördern. Die Erkenntnisse dieser explorativen Studie erweitern daher den molekularen Effekt von Krafttraining über bekannte Anpassungsszenarien auf die Ebene von metabolischen Netzwerken, welche ein sich adaptierendes Environment im Skelettmuskel reflektieren (Koopman, Ly, & Ryall, 2014).

7 Literatur

Adams, G. (2010). The Molecular Response of Skeletal Muscle to Resistance Training. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 61* (3), 61-67.

DeBerardinis, R. J., Lum, J. J., Hatzivassiliou, G., & Thompson, C. B. (2008). The biology of cancer: metabolic reprogramming fuels cell growth and proliferation. *Cell metabolism, 7* (1), 11-20. doi:10.1016/j.cmet.2007.10.002

Der-Torossian, H., Wysong, A., Shadfar, S., Willis, M. S., McDunn, J., & Couch, M. E. (2013). Metabolic derangements in the gastrocnemius and the effect of Compound A therapy in a murine model of cancer cachexia. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle, 4* (2), 145-155. doi:10.1007/s13539-012-0101-7

Gehlert, S., Suhr, F., Gutsche, K., Willkomm, L., Kern, J., Jacko, D., . . . Bloch, W. (2014). High force development augments skeletal muscle signalling in resistance exercise modes equalized for time under tension. *Pflugers archives*. doi:10.1007/s00424-014-1579-y

Koopman, R., Ly, C. H., & Ryall, J. G. (2014). A metabolic link to skeletal muscle wasting and regeneration. *Frontiers in physiology, 5*, 32. doi:10.3389/fphys.2014.00032

Lee, M. N., Ha, S. H., Kim, J., Koh, A., Lee, C. S., Kim, J. H., . . . Ryu, S. H. (2009). Glycolytic flux signals to mTOR through glyceraldehyde-3-phosphate dehydrogenase-mediated regulation of Rheb. *Molecular and cellular biology, 29* (14), 3991-4001. doi:10.1128/MCB.00165-09

Moore, D. R., Atherton, P. J., Rennie, M. J., Tarnopolsky, M. A., & Phillips, S. M. (2011). Resistance exercise enhances mTOR and MAPK signalling in human muscle over that seen at rest after bolus protein ingestion. *Acta physiologica, 201* (3), 365-372. doi:10.1111/j.1748-1716.2010.02187.x

Ohlendieck, K. (2010). Proteomics of skeletal muscle glycolysis. *Biochimica et biophysica acta, 1804* (11), 2089-2101. doi:10.1016/j.bbapap.2010.08.001

Vander Heiden, M. G., Lunt, S. Y., Dayton, T. L., Fiske, B. P., Israelsen, W. J., Mattaini, K. R., . . . Locasale, J. W. (2011). Metabolic pathway alterations that support cell proliferation. *Cold Spring Harbor symposia on quantitative biology, 76*, 325-334. doi:10.1101/sqb.2012.76.010900

Willkomm, L., Gehlert, S., Jacko, D., Schiffer, T., & Bloch, W. (2017). p38 MAPK activation and H3K4 trimethylation is decreased by lactate in vitro and high intensity resistance training in human skeletal muscle. *PLoS One, 12* (5), e0176609. doi:10.1371/journal.pone.0176609

Nutzen von c-MicroRNAs als Biomarker zur Belastungs- und Trainingssteuerung im Leistungssport

(AZ 070109/16-17)

Karsten Krüger[1], Tim Bosslau[1,3], Jochen Wilhelm[4], Katharina Alack[3] & Frank C. Mooren[2] (Projektleitung)

[1] Leibniz Universität Hannover, Institut für Sportwissenschaft, Arbeitsbereich Sport und Gesundheit
[2] Universität Witten/Herdecke, Fakultät für Gesundheit
[3] Justus-Liebig-University Giessen, Institut für Sportwissenschaft, Abt. Sportmedizin
[4] Exzellenzcluster „Cardio-Pulmonary Institute", Justus-Liebig-Universität Giessen und Goethe-Universität Frankfurt/M.

1 Einleitung/Problemstellung

Die Reaktion des menschlichen Organismus auf ein standardisiertes Belastungs- und Trainingsprogramm ist hochgradig variabel. Sowohl im Krafttraining, als auch im Ausdauertraining variieren Kraftzuwächse und Zugewinne der maximalen Sauerstoffaufnahme in verschiedenen Studien um mehr als 30 %. (Hautala et al., 2003; Bouchard & Rankinen, 2001). Es wird angenommen, dass die für das Abrufen des Adaptationspotentials erforderliche Reizspanne und Reizqualität entscheidend von zahlreichen individuellen Faktoren geprägt wird. Eine wichtige Rolle hierbei spielen wahrscheinlich Prozesse der Genexpression und der intrazellulären Signalübertragung. In jüngeren Studien wird vermehrt auf einen weiteren Mechanismus im komplexen Netzwerk der Genregulation hingewiesen, welcher insbesondere beim Gen-Silencing eine Rolle spielt. Hier befasst sich eine wachsende Anzahl von Publikationen mit den sogenannten microRNAs (miRNAs), welche die Genexpression kontrollieren. miRNAs weisen im Allgemeinen eine Größe von 21 bis 23 Nukleotiden auf und sind bedeutsam in der posttranskriptionalen Regulation der Genexpression (Silva et al., 2017).

Es gibt immer mehr Hinweise, dass miRNAs an einer Vielzahl von biologischen Prozessen, wie Stressreaktionen, Adaptation oder pathologischen Prozessen, involviert sind. In vielen Bereichen der Inneren Medizin werden miRNAs im Blut derzeit als Biomarker für die sensitive Früherkennung von Erkrankungen bzw. deren Therapieverläufe fokussiert. Einige ihrer Eigenschaften zeichnen sie möglicherweise als Biomarker aus, da sie über geringe Probenmenge zu analysieren und relativ gering-invasiv zu gewinnen sind (Bartel, 2004). In einigen jüngeren Untersuchungen gelang es bereits, selektiv miRNAs zu identifizieren, die in Belastung und Training freigesetzt werden und die anscheinend eine Signalfunktion für Adaptationsprozesse besitzen (Baggish et al., 2011; Mooren et al. 2014).

Noch ist unser Verständnis über die Prozesse und Regelkreise, durch welche sportliche Belastungen und Training auf miRNAs wirken, ausgesprochen lückenhaft. Für eine gezielte Trainingssteuerung, die die individuellen Voraussetzungen des einzelnen Sportlers bzw. der einzelnen Sportlerin berücksichtigt, ist ein besseres Verständnis der Bedeutung von miRNAs unerlässlich. Die bislang vorliegenden Untersuchungen lassen nicht erkennen, dass bezüglich der Regulation durch sportliche Aktivität die Messung einzelner miRNAs das richtige Vorgehen sind. Es ist stattdessen anzunehmen, dass eher eine koordinierte Modulation vieler miRNAs in der Summe als relevantes Signalmuster für die Beurteilung von Belastungs- und Trainingssituationen eine Rolle spielen können.

Ziel dieser Studie war in einem ersten Schritt die Charakterisierung plasmaspezifischer miRNAs im Belastungs- und Trainingsprozesses. Durch Clusteranalysen sollte ein Muster geeigneter belastungssensitiver miRNAs identifiziert werden, die möglichst selektiv auf Belastungs- und Trainingsreize ansprechen und auch mit dem

Trainingsstatus eines Sportlers korrelieren. In einem zweiten Schritt sollte analysiert werden, inwieweit diese Marker Aussagen über das individuelle Leistungspotential und die Leistungsentwicklung eines Sportlers geben können und ob ein Zusammenhang zwischen Trainingsstimulus und individueller Antwort im Sinne einer Optimierung des Trainingsprozesses vorhanden ist.

2 Methoden

2.1 Probanden

Es wurden jeweils männliche 10 Probanden (5 trainiert, 5 untrainiert) für die Ausdauerstudie und 10 männliche Probanden für die Kraftstudie (5 trainiert, 5 untrainiert) rekrutiert. Weitere Einschlusskriterien umfassten ein Alter zwischen 18 bis einschließlich 30, ein BMI von 18,5 bis 28,5 kg/m^2, Nichtraucher und den Ausschluss chronischer Erkrankungen.

Der Trainingsstatus bei der Ausdauergruppe (AT) wurde anhand der VO_{2max} (> 57 ml/min/kg) definiert, während als Krafttrainierte anhand ihrer Kraftleistung an drei Übungen (Bankzug > 1 kg/ kg-Körpergewicht, Beinpresse > 3,5 kg/ kg-Körpergewicht, Bankdrücken > 1 kg/kg-Körpergewicht) definiert wurden.

2.2 Belastungsprotokolle

Die Ausdauergruppe absolvierte darüber hinaus eine akute Ausdauerbelastung über 35 Minuten bei einer Intensität von 105-110 % der Herzfrequenz (Hf) an der IAS auf dem Fahrradergometer, während die Kraftgruppe eine akute Kraftbelastung bestehend aus den acht Übungen (geführtes Bankdrücken, Latissimus-Zug, geführtes Rudern, Schulterdrücken, Triceps-Curls, Biceps-Curls, Beinbeugen und -strecken) bei 85 % (untrainierte Gruppe, UKT) bzw. 95 % des Einer-Wiederholungs-Maximum (1RM) (trainierte Gruppe, KT) mit ca. 7-10 Wiederholungen in drei Serien durchführte.

2.3 Analysen

Vor den Belastungen, unmittelbar nach Belastung und eine Stunde nach Belastung wurden venöse Blutproben entnommen, das Plasma isoliert und bei −80° C tiefgefroren. Die gesamte RNA wurde aus dem Plasma der Probanden entsprechend den Instruktionen des Herstellers unter Verwendung des miRNeasy Serum/ Plasma Kits (Qiagen, Hilden, Deutschland) isoliert. Vor der Durchführung des miRNA-Microarrays wurden Gesamtertrag und Reinheit der RNA UV-spektrometrisch quantifiziert (Nanodrop, Thermo Fisher Scientific, Darmstadt, Deutschland). Unmittelbar nach der Isolation wurden die Proben bei −80° C bis zur Durchführung der Messungen eingefroren. Die Fluoreszenzmarkierung der Proben erfolgte mit dem Agilent miRNA labeling protocol 3.3.1 (Agilent Technologies, Palo Alto, CA), die Hybridisierung auf Agilent Arrays (Human miRNA Kit Release 21.0, 8x60k, G4870C) nach dem Agilent Protokoll. Die bioinformatorische Auswertung der Daten erfolgte mit dem Paket „limma“ in der Analysesoftware „R“.

3 Resultate

3.1 Einfluss des Trainingsstatus

Es zeigte sich, dass sich bereits trainierte Ausdauer- und Kraftsportler von untrainierten Probanden in ihrem miRNA Profil im Plasma unterscheiden. Abb. 1 zeigt die 20 miRNAs, die bei Ausdauerathleten (A) bzw. Kraftathleten (B) gegenüber Untrainierten differentiell exprimiert sind.

Insgesamt zeigt sich hier ein recht schwaches Regulationsmuster. Gefunden wurde aber eine Hochregulation von miR-181a-5p, miR19b-3p, miR-24-3p, miR-1273g-3p und miR-130a-3p, während unter anderem miR-4286, miR-6510, miR-320a, miR-320b und miR-150-3p herunterreguliert waren (Abb. 1A). Bei den Kraftsportlern zeigte sich unter anderem eine Hochregulation von miR-451a, miR-223-3p, miR-16-5p, miR-19b-3p und miR-130a-3p, während miR-67855p und miR-7641 herunterreguliert waren (Abb. 1B).

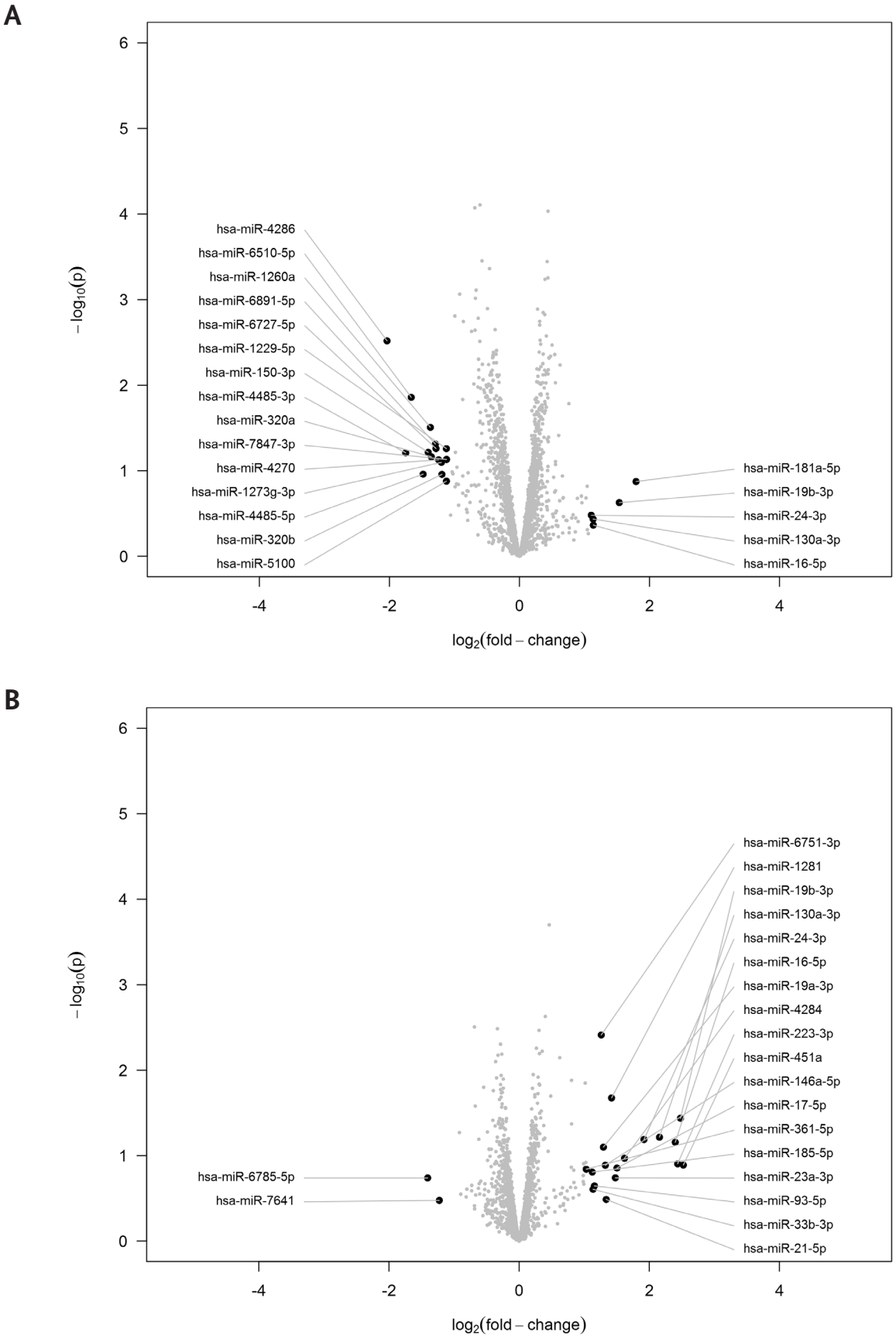


Abb. 1: Volcano Plots zu den 20 miRNAs mit der stärksten differentiellen Expression, die den höchsten Fold-Change zwischen ausdauertrainierten Probanden (AT) und Untrainierten (UAT) (A) und Kraftsportlern (KT) und Untrainierten (UKT) (B) unter Ruhebedingungen zeigen

3.2 Einfluss des Trainingsstatus auf die miRNAs nach akuter Ausdauerbelastung

Bei den UAT kam es nach der akuten Ausdauerbelastung zu einem Anstieg der miR-19b-3p, miR-130a-3p, miR-494-3p, miR-574-5p, während miR-33b-3p, miR-1281, miR-4515 und miR-6792-3p reduziert vorlagen (Abb 2A). Bei den AT kam es zu einem anderen Muster, da zahlreiche miRNAs, wie z. B. miR-574-5p, miR-762, und miR-4286, erhöht im Plasma messbar waren (Abb. 2B).

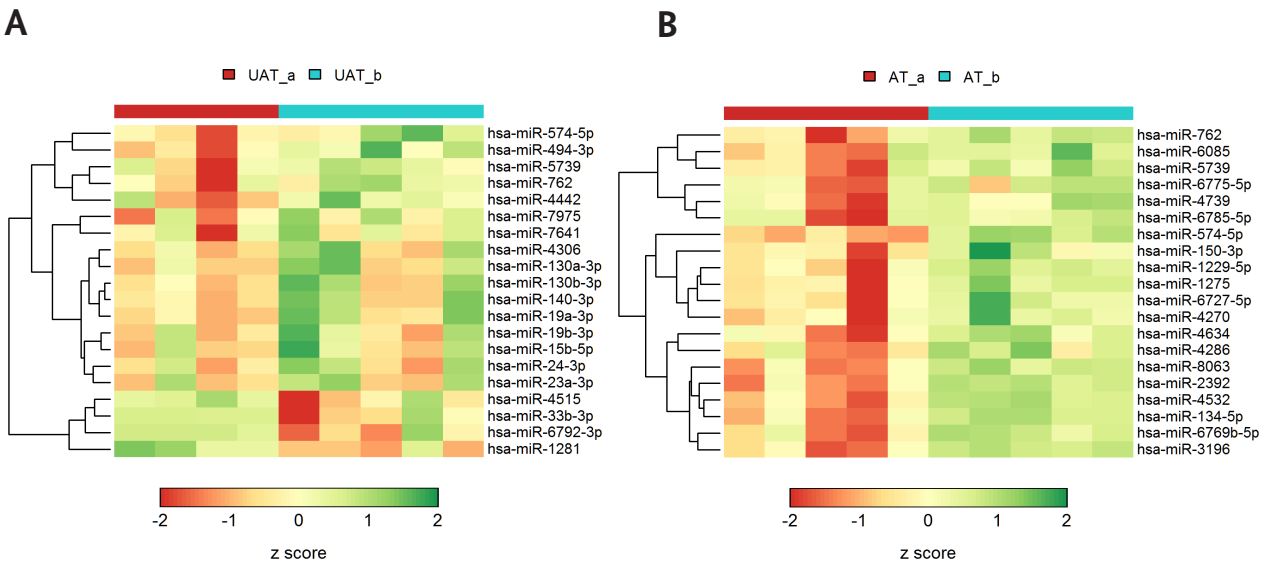
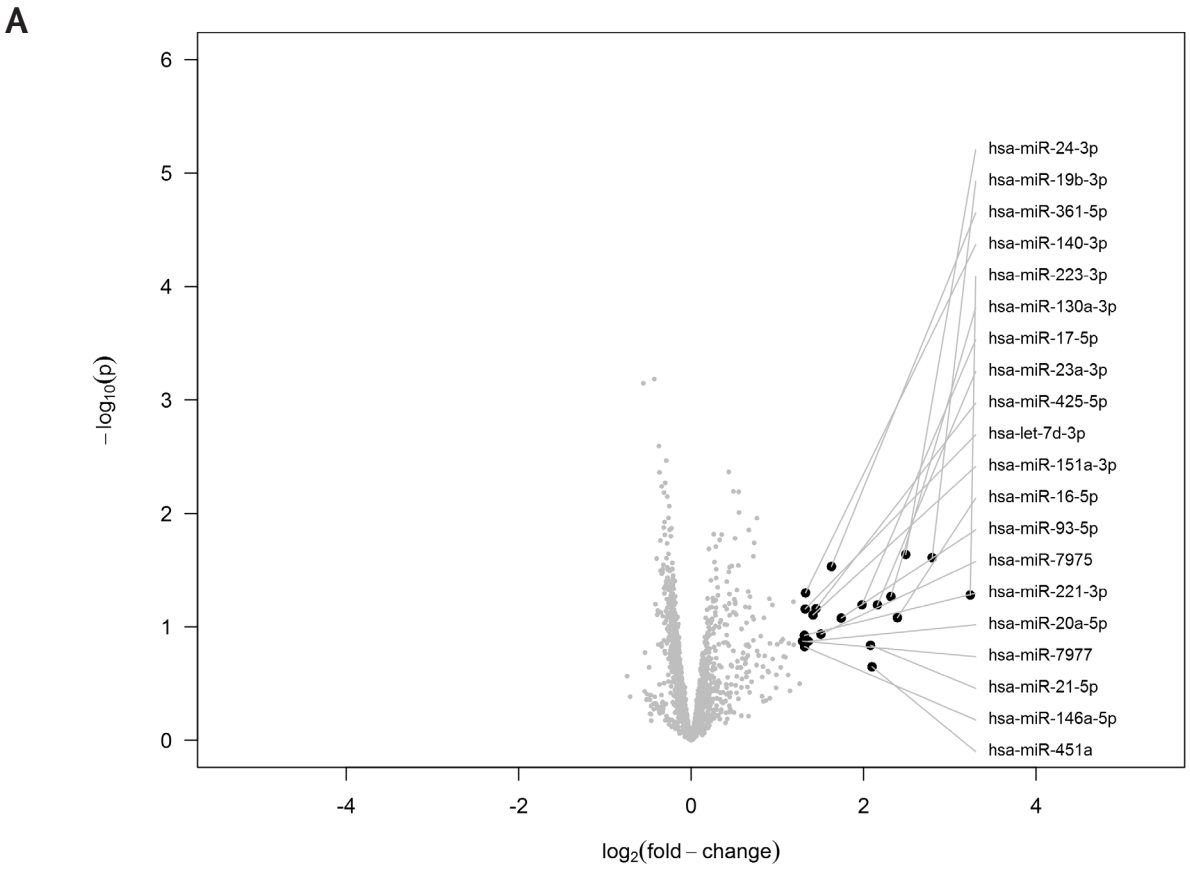


Abb. 2: Heatmaps zu den 20 miRNAs mit der stärksten differentiellen Expression vor (A) und unmittelbar nach (B) einer akuten Ausdauerbelastung bei ausdaueruntrainierten (UAT) und ausdauertrainierten Probanden (AT)



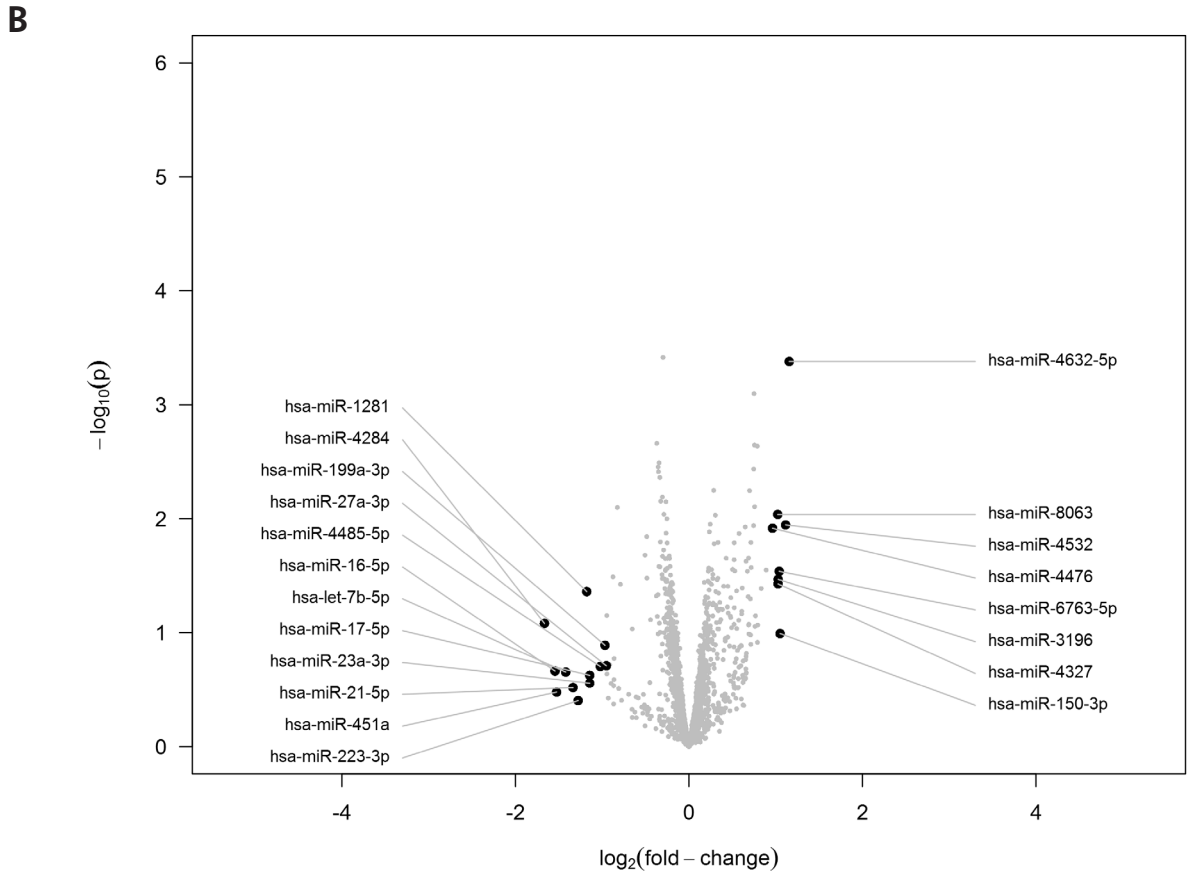


Abb. 3: Volcano Plots zu den 20 miRNAs mit der stärksten differentiellen Expression vor (A) und unmittelbar nach (B) einer akuten Kraftbelastung bei kraftuntrainierten Probanden (UKT) und krafttrainierten Probanden (KT)

Andere Muster zeigten sich bei den untrainierten und trainierten Probanden nach einer akuten Kraftbelastung (Abb. 3). Bei den UKT wurden unter anderem miR-16-5p, miR-19b-3p, miR-21-5p, miR-24-3p, miR-223-3p hochreguliert (Abb. 3A). Bei den KT wurden nach einer akuten Kraftbelastung zum Beispiel miR-150-3p, miR4532 und miR-8063 hochreguliert, während miR-451a, miR223-3p, miR-23a-3p, miR-17-5p, miR-16-5p und miR-27a-3p herunterreguliert waren (Abb. 3B).

3.2 Vergleich der miRNA-Konzentration im Plasma nach Ausdauer- und Kraftbelastung

In weiteren Schritten wurden die miRNA-Expressionsmuster nach Akutbelastungen zwischen den Gruppen gegenübergestellt. Dazu wird hier beispielhaft ein Vergleich der Akutreaktion nach einer Ausdauerbelastung und einer Kraftbelastung bei trainierten Sportlern dargestellt.

Es zeigten sich zwar auch nur leichte Expressionsunterschiede, jedoch wird deutlich, dass Ausdauerbelastungen insgesamt mehr miRNAs im Plasma hochregulierten, wie z. B. miR-26a-5p, mir-7641, mir-494-3p, miR-575 und miR30b-5p, während nach Kraftbelastungen miR-328-5p stärker adressiert wurde (Abb. 4).

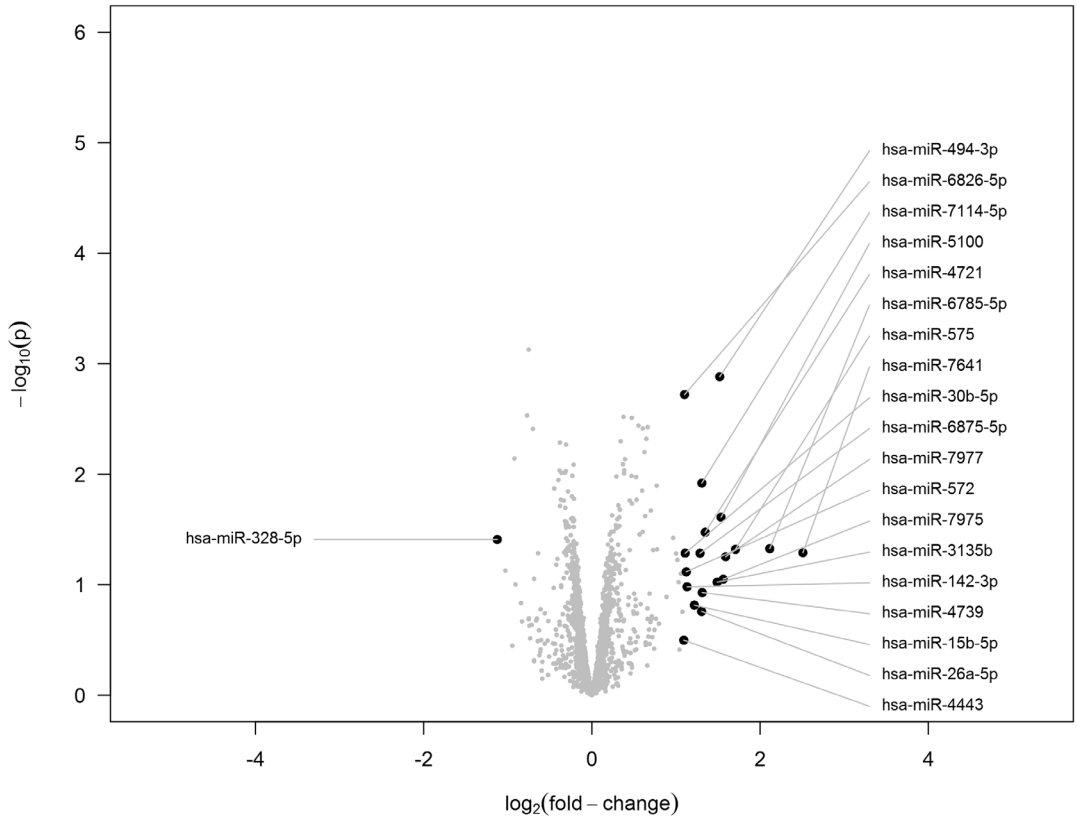


Abb. 4: Volcano Plot zu den miRNAs, die im Plasma nach akuter Belastung im Vergleich einer Ausdauerbelastung zu einer Kraftbelastung verändert gemessen wurden

4 Diskussion und Fazit

Die vorliegenden Daten zeigen, dass die im Plasma zirkulierenden miRNAs teilweise spezifisch zur jeweiligen Belastungsart und zum Trainingsstatus reguliert werden. Dadurch werden sie als mögliche Biomarker des Belastungs- und Trainingszustandes interessant. Gleichzeitig sind sie über das Blut leicht zugänglich, werden sensitiv reguliert und können auch mit wenig Aufwand analysiert werden.

Während einige der hier beschriebenen miRNAs eher neue Targets im Kontext von Belastung und Training darstellen, sind andere miRNAs bereits in anderen Publikationen beschrieben worden. So konnte z. B. für miR-223 im Plasma oder miR130 in Leukozyten nach Belastung und Training bereits eine Hochregulation gezeigt werden (Nielsen et al., 2014; Radom-Aizik et al., 2012). Einige von diesen miRNAs, wie miR-30b, scheinen dabei stärker durch Ausdauerbelastungen als durch Kraftbelastungen adressiert zu werden (Nielsen et al., 2014).

Andere miRNAs, wie z. B. miR-181 oder miR150, die in der vorliegenden Studie mit einem verbesserten Trainingsstatus einhergehen, konnten ebenfalls bereits in anderen Studien als mögliche Einflussfaktoren an trainingsinduzierte Anpassungsprozesse identifiziert werden (Davidsen et al.2011, Martinelli et al. 2014). Für viele der erfassten miRNAs ist die physiologische Bedeutung noch völlig unbekannt und kann nur vermutet werden. So gibt es Hinweise darauf, dass die Expression von miR-19b, die hier erhöht bei den Ausdauersportlern nachgewiesen wurde, einen Bezug zur fettfreien Körpermasse aufweist (Margolis et al., 2017). Für miR-494 ist eine Bedeutung in der Biogenese von Mitochondrien gezeigt, die primär durch Ausdauertraining adressiert wird. Für miR-16, die nach Kraftbelastungen erhöht im Plasma auftrat, kann eine erhöhte Hämolyse ursächlich sein, da diese in hoher Konzentration

in Erythrozyten vorkommt (Shah et al., 2016). Ebenfalls durch Ausdauertraining hochreguliert wurde miR-24, die gemeinsam mit miR-23a den wichtigen Apoptoseinhibitor X-linked inhibitor of apoptosis (XIAP) inhibiert und somit für belastungsinduzierte Apoptoseprozesse bedeutsam sein könnte (Su et al., 2015). Darüber hinaus indizieren die Resultate der vorliegenden Studie, dass apoptoseregulierende miRNAs hinsichtlich des Krafttrainingsstatus differenziert reguliert wurden. So wurden bei Kraftuntrainierten miR-23a, miR-24 und die ebenfalls apoptosemodulierende miR-21 stärker nach Belastung exprimiert, wohingegen miR-23a, miR-21 und miR-27a bei Kraftsportlern nach Belastung runterreguliert wurden (Alack et al., accepted).

Zusammenfassend kann also gezeigt werden, dass miRNAs spezifisch durch Belastung und Training in ihrer Konzentration im Plasma beeinflusst werden. Nur für einige dieser miRNAs ist bereits ein möglicher physiologischer Mechanismus bekannt. Daher könnten zirkulierende miRNAs das Potential eines sensiblen Biomarkers besitzen, wobei eine wirkliche Aussagekraft wohl eher einem selektierten Panel von miRNAs gegeben werden kann. Dieses gilt es in zukünftigen Studien weiter nachzugehen.

5 Literatur

Alack, A., Krüger, K., Weiss, A., Schermuly, R., Frech, T., Eggert, M. & Mooren, F. C. Aerobic endurance training status affects lymphocyte apoptosis sensitivity by induction of molecular genetic adaptations. *Brain, behavior, and immunity*. Accepted.

Baggish, A. L., Hale, A., Weiner, R. B., Lewis, G. D., Systrom, D., Wang, F., Wang, T. J. & Chan, S. Y. (2011). Dynamic regulation of circulating microRNA during acute exhaustive exercise and sustained aerobic exercise training. *The journal of physiology, 589* (Pt 16), 3983-3994.

Bartel, D. P. (2004). MicroRNAs: genomics, biogenesis, mechanism, and function. *Cell 116* (2), 281-297.

Bouchard, C. & Rankinen, T. (2001). Individual differences in response to regular physical activity. *Medicine and science in sports and exercise, 33* Suppl., 446-451.

Davidsen, P. K., Gallagher, I. J., Hartman, J. W. et al. (2011). High responders to resistance exercise training demonstrate differential regulation of skeletal muscle microRNA expression. *Journal of applied physiology, 110*, 309-317.

Hautala, A. J., Mäkikallio, T. H., Kiviniemi, A., Laukkanen, R. T., Nissilä, S., Huikuri, H. V. & Tulppo, M. P. (2003). Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sedentary subjects. *American journal of physiology – Heart and circulatory physiology, 285* (4), H1747-1752.

Margolis, L. M., Lessard, S. J., Ezzyat, Y., Fielding, R. A. & Rivas, D.A. (2017). Circulating MicroRNA Are Predictive of Aging and Acute Adaptive Response to Resistance Exercise in Men. *The journals of gerontology, Series A, Biological sciences and medical sciences, 72* (10),1319-1326.

Martinelli, N. C., Cohen, C. R., Santos, K. G. et al. (2014). An analysis of the global expression of microRNAs in an experimental model of physiological left ventricular hypertrophy. *PLoS One,9* (4), e93271.

Mooren, F. C., Viereck, J., Krüger, K. & Thum, T. (2014). Circulating microRNAs as potential biomarkers of aerobic exercise capacity. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology, 306* (4), H557-563.

Nielsen, S., Akerstrom, T., Rinnov, A. et al. (2014). The miRNA plasma signature in response to acute aerobic exercise and endurance training. *PLoS One 9*, e87308.

Radom-Aizik, S., Zaldivar, F. Jr., Leu, S. Y., Adams, G. R., Oliver, S. & Cooper, D.M. (2012).Effects of exercise on microRNA expression in young males peripheral blood mononuclear cells. *Clinical and translational science, 5* (1), 32-38.

Safdar. A., Abadi, A., Akhtar, M., Hettinga, B. P. & Tarnopolsky, M.A. (2009). miRNA in the regulation of skeletal muscle adaptation to acute endurance exercise in C57Bl/6J male mice. *PLoS One*, 4, e5610.

Shah, J. S., Soon, P. S. & Marsh, D. J. (2016). Comparison of methodologies to detect low levels of hemolysis in serum for accurate assessment of serum microRNAs. *PLoS One, 11*, e0153200.

Silva, G. J. J., Bye, A., El Azzouzi, H., Wisløff, U. (2017). MicroRNAs as Important Regulators of Exercise Adaptation. *Progress in cardiovascular diseases, 60* (1),130-151.

Su, Z., Yang, Z., Xu, Y., Chen, Y. & Yu, Q. (2015). MicroRNAs in apoptosis, autophagy and necroptosis. *Oncotarget, 6* (11), 8474-8490.

Nahrungsergänzungsmittel im Sport. Ein experimenteller Zugang zur Erklärung, Vorhersage und Prävention des Konsums von kritischen Substanzen im Nachwuchsleistungssport mit Hilfe der Theorie der Zielsysteme.

(AZ 070301/15-16)

Franz Baumgarten & Ralf Brand (Projektleitung)
Universität Potsdam, Professur für Sportpsychologie

1 Problem

Der Gebrauch von Nahrungsergänzungsmitteln (NEM) zur Steigerung und Aufrechterhaltung der sportlichen Leistungsfähigkeit ist unter Athletinnen und Athleten im Spitzen- und Nachwuchsleistungssport weit verbreitet und wird dort offenbar als Normalität wahrgenommen (z. B. Diehl et al., 2012; Knapik et al., 2016). Dabei verdeutlichen wissenschaftliche Arbeiten zum Thema, dass die Risiken den vermeintlichen Nutzen von NEM deutlich übersteigen (Eichner & Tygart, 2015). Nationale und internationale Sport- und Gesundheitsorganisationen warnen konsequent vor der Verwendung von NEM (z. B. Deutscher Olympischer Sportbund, 2014; International Olympic Committee, 2010). Trotz dieser speziell auch im Nachwuchssport offenkundigen Haltung fehlen bis dato evidenzbasierte und effektive Interventionsmaßnahmen.

Möglicherweise besteht ein Grund für die bisher wenig effektiven Präventionsbemühungen darin, dass die zugrundeliegende Theorien von suboptimalem Wert für die Erklärung und Herstellung von Interventionserfolgen sind. Viele der in der psychologischen Forschung zum Gebrauch leistungssteigernder Substanzen im Sport schon etablierten Verhaltensmodelle basieren auf Theorien, in denen soziale und kognitive Variablen individuelles Verhalten determinieren (Ntoumanis et al., 2014). Daneben wird postuliert, dass die Motivation, leistungssteigernde Substanzen zu konsumieren vor allem rationalen Informationsverarbeitungsprozessen entspränge. Demgegenüber verweist neuere psychologische Forschung auf die Bedeutung automatischer Verhaltensanteile, deren Einfluss auf den Substanzkonsum von Sporttreibenden in der Vergangenheit wahrscheinlich unterschätzt wurde (vgl. Brand et al., 2016).

Das Forschungsprojekt diente dazu, die Theorie der Zielsysteme (TDZ; Kruglanski et al., 2002) als mögliche Alternative zu konventionellen Theorieansätzen empirisch zu untersuchen. Außerdem sollten aus der Theorie abgeleitete Interventionsansätze für eine effektivere NEM-Prävention überprüft werden. Erarbeitet wird *operatives psychologisches Hintergrundwissen* zur Frage, wie dem übermäßigen Konsum von NEM im Nachwuchsleistungssport wirkungsvoll entgegengewirkt werden könnte.

2 Methode

Im Projekt wurde zunächst die zum Thema NEM im Nachwuchsleistungssport verfügbare Literatur re-analysiert und für die Praxis verwertbar, in Kernaussagen, zusammengefasst. Zur TDZ wurden sechs empirische, laborexperimentelle Studien durchgeführt. Als Untersuchungsmethode dienten lexikalische Entscheidungsaufgaben (LEA; z. B. Shah & Kruglanski, 2003). Dieses auf Priming-Mechanismen basierende, reaktionszeitbasierte Verfahren hat sich zur Messung der Assoziationsstärke zwischen Begriffen in kognitiven Zielsystemen bewährt. Vor dem Hintergrund der Literaturanalyse wurden vor allem die Ziel-Mittel-Assoziationen zwischen NEM

und Leistung (NEM|Leistung) und zwischen NEM und Gesundheit (NEM|Gesundheit) in den Blick genommen. Zur statistischen Absicherung der Effekte dienten lineare gemischte Modelle. Allgemeinpsychologische Grundlagen wurden dabei zunächst anhand von Sportstudierenden-Stichproben unter hochgradig kontrollierten Bedingungen im sportpsychologischen Labor etabliert, bevor zentrale Befunde mit Stichproben aus der Population junger Leistungssporttreibender erhärtet wurden.

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Literaturauswertung sind in Abb. 1 dargestellt. Aus ihr wird besonders auch die von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ins Feld geführte Möglichkeit der Verbindung zwischen NEM-Konsum und dem Missbrauch von Dopingsubstanzen deutlich (Gateway-Hypothese; z. B. Backhouse & Whitaker, 2016).

Das Ziel der ersten laborexperimentellen Studie (Studie 1) bestand darin zu überprüfen, ob das vermutete Zielsystem NEM|Leistung|Gesundheit auf automatischer Ebene aktiviert und einer experimentalpsychologischen Messung zugänglich gemacht werden kann. Die Untersuchungserwartung bestätigte sich. Sportstudierende (N = 109) konnten auf NEM bezogene Stimuli nach dem Prime Leistung schneller kategorisieren als nach dem Prime Gesundheit. Das Ziel Leistung war auf unbewusster automatischer Ebene also stärker mit NEM assoziiert als das Ziel Gesundheit.

Das Ziel der zweiten Studie bestand darin, das Ergebnis der vorangehenden Studie mit einer Stichprobe von jungen Leistungssporttreibenden (N = 68) zu replizieren. Die Ergebnisse belegen, dass NEM dann stärker mit dem Ziel Leistung bei jungen Leistungssporttreibenden assoziiert werden, wenn Athletinnen und Athleten über eigene Erfahrungen mit NEM verfügen.

Studie 3 diente der Evaluation eines möglichen Ansatzpunktes zur Interventionsgestaltung mit Sportstudierenden (N = 53). Es wurde untersucht, ob die Ziel-Mittel-Relation NEM|Leistung durch Information abgeschwächt werden kann, die die nicht vorhandene leistungsförderliche Wirkung von NEM hervorhebt. Diese Untersuchungserwartung ließ sich empirisch nicht bestätigen.

Studie 4 untersuchte deshalb die Möglichkeit zur Abschwächung der Ziel-Mittel-Relation NEM|Leistung durch Information, die gesundheitsschädigende Konsequenzen von NEM

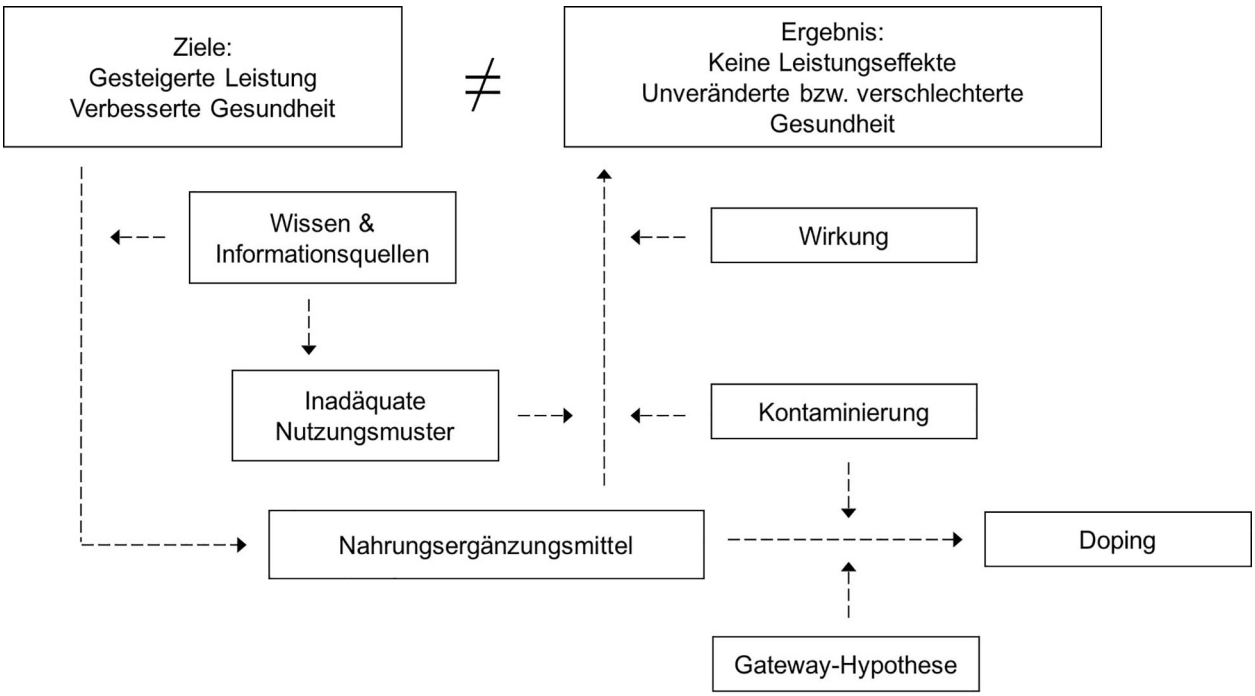


Abb. 1: Veranschaulichung der mit dem Konsum von NEM im Nachwuchsleistungssport verbundenen Schwierigkeiten.

betont. Teilnehmerinnen und Teilnehmer waren wiederum Sportstudierende (*N* = 52). Die Daten zeigen, dass dies möglich ist.

Studie 5 diente der Überprüfung des alternativen Interventionsansatzes, dass die Ziel-Mittel-Relation NEM|Leistung auch durch Information abgeschwächt werden könnte, die betont, dass mit alternativen Verhaltensweisen (gesunde Ernährung anstatt NEM) vergleichbare Ergebnisse zu erzielen sind. Auch diese Untersuchung wurde mit Sportstudierenden durchgeführt (*N* = 51). Die Daten belegen, dass auch diese Manipulation zu den gewünschten Veränderungen im Zielsystem ist.

Studie 6 sollte die Wirksamkeit der Manipulationen zur Veränderung von NEM-bezogenen Zielsystemen bei Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportlern replizieren. Unerwartet fanden sich unter den untersuchten 112 Eliteschülerinnen und Eliteschülern des Sports jedoch nur 62 regelmäßig NEM konsumierende Probanden. Dies führte zur Situation, dass die deskriptiv beobachtbaren Effekte aufgrund zu geringer statistischer Power inferenzstatistisch nicht abgesichert werden konnten.

4 Diskussion

Die Untersuchungen im Forschungsprojekt zeigen, dass Sportlerinnen und Sportler beim Gedanken an NEM bereits auf automatischer Prozessebene vor allem die (vermeintlich) leistungssteigernde Funktion entsprechender Substanzen assoziieren. Dieser Befund widerspricht einigen aus früheren Fragebogenuntersuchungen abgeleiteten Ergebnissen, denen zufolge NEM vornehmlich aus gesundheitlichen Gründen konsumiert werden (z. B. Diehl et al., 2012). Der Unterschied sollte unserer Auffassung nach darauf zurückgeführt werden, dass Athletinnen und Athleten dazu tendieren, bei kritischen Fragen zum NEM-Konsum in Fragebögen eher sozial erwünschte und nicht immer wahrheitsgetreue Antwort zu geben (vgl. Gucciardi et al., 2016). Die hier eingesetzte Methode, die auf der Messung von Reaktionszeitunterschieden in speziell konstruierten Aufgaben basiert, ist gegenüber dieser Art von Antwortverzerrung sehr robust und liefert deshalb wahrscheinlich ein zutreffenderes Bild über die tatsächlichen Umstände: NEM scheinen von vielen Sportlerinnen und Sportlern vor allem deshalb verwendet zu werden, weil sie Leistungssteigerung versprechen; viel weniger aufgrund ihres möglichen gesundheitlichen Nutzens.

Aus der Nachweisbarkeit der Zusammenhänge auf automatischer Prozessebene leiten wir außerdem ab, dass NEM-Konsum als ein routiniertes Verhaltensmuster verstanden werden sollte, das als Mittel zur Erreichung leistungsbezogener Ziele im Bewusstsein vieler Sportlerinnen und Sportler fest etabliert ist. Demnach kann der hohen Prävalenz von NEM und den negativen Konsequenzen des Konsums noch ein weiteres Argument für die Dringlichkeit von Interventionsmaßnahmen hinzugefügt werden. Für Maßnahmen zur Reduzierung des NEM-Gebrauchs im Nachwuchssport ist zu erwarten, dass sich die Veränderung dieser gewohnheitsmäßigen Handlungen als ein langwieriger Prozess darstellen wird.

Das Forschungsprojekt brachte hervor, dass sich aus Sicht der TDZ zwei Ansatzpunkte (Botschaften zur Verhaltensänderung) zur Eindämmung des NEM-Konsums in Kampagnen anbieten. Die Vermittlung gesundheitsschädigender Konsequenzen von NEM ist bereits Bestandteil einiger Informationsangebote (z. B. Deutscher Olympischer Sportbund, 2014) Möglicherweise gehen die genannten wirksamen Informationen (gesundheitsschädigende Konsequenzen, alternative Verhaltensweisen) jedoch in der Fülle anderer Information (etwa über Inhaltsstoffe) unter. Die Ergebnisse unseres Projekts legen eine deutliche Fokussierung auf die gesundheitlichen Risiken nahe. Aktuelle Befunde bestätigen, dass sich durch das Herausstellen gesundheitsrelevanter Folgen das Verhalten begleitende psychologische Prozesse verändern lassen (Evans et al., 2015). Gleichermaßen wäre das Aufzeigen von Verhaltensalternativen in existierenden Interventionsprogrammen zu forcieren (Deutscher Olympischer Sportbund, 2014). Diese können das Herausstellen besonders effektiver Trainingsmaßnahmen, das Betonen sportpsychologischer Angebote oder die Stärkung des sozialen Umfeldes beinhalten. Zudem könnte sich das Akzentuieren von Zielen anbieten, die über Leistung hinausgehen, etwa das Aufzeigen

von dualen Karriereoptionen im Nachwuchsleistungssport.

Die vorliegende Arbeit sollte die Entwicklung von Interventionsempfehlungen wissenschaftlich fundieren und Praxismaßnahmen vorbereiten. Im nächsten Schritt erscheint uns die Hinzuziehung von Fachleuten geboten (z. B. aus Kommunikationswissenschaften, Marketing). Wir raten lediglich an, gezielte Interventionsmaßnahmen auf Ebene des Individuums, des Trainings- und Wettkampfsystems und der Gesellschaft zu entwickeln.

Auf individueller Ebene ist es entscheidend, für jugendliche Aktive im Breiten- und Leistungssport Beratungsangebote bereitzustellen und Aufklärungsarbeit zu leisten. Zentrale Bedeutung besitzt dabei die der Zielgruppe angepasste Wissensvermittlung. Dabei ist nicht nur die Korrektheit der Information relevant, sondern auch deren Verständlichkeit und deren Zugänglichkeit. Gerade hinsichtlich der zunehmenden Bedeutung digitaler Medien erscheint die bloße Wissensvermittlung in Form von informierenden Broschüren oder Internetseiten nicht ausreichend. Vielmehr sollten interaktive Bildungsangebote geschaffen werden, die zu einer kritischen Auseinandersetzung mit der Thematik NEM im Sport motivieren. Eine wesentliche Rolle zur Überwindung unangemessener Kommunikationsstrukturen kann dabei im Leistungssport erfahrenen professionellen Ernährungsberaterinnen und Ernährungsberatern zukommen. Sie können aufgrund ihrer Qualifikation als Vermittelnde von spezifischen Informationen an bestimmte Zielgruppen fungieren.

Weiterhin erscheint es notwendig, wichtige Bezugspersonen für das Thema NEM zu sensibilisieren (Interventionen auf Ebene des Trainings- und Wettkampfsystems). Trotz der erhofften und angestrebten Mündigkeit auch von jugendlichen Athletinnen und Athleten sind erfolgreiche Karrieren im Nachwuchsleistungssport ohne Unterstützungsleistungen anderer Personen nahezu undenkbar. Daher ist die verstärkte Einbindung von Eltern und den verantwortlichen Trainerinnen und Trainern unumgänglich. Auch für diese Personenkreise sollten Weiterbildungsangebote geschaffen werden, die speziell über NEM informieren.

Außerdem sollte auf gesellschaftlicher Ebene die Gesundheit der Sportreibenden bald durch eine eingeschränkte Verfügbarkeit von NEM geschützt werden. Die international verbreitete Klassifikation von Nährstoffpräparaten als Lebensmittel lässt den kommerziellen Herstellerfirmen unangemessenen Spielraum für die Anfertigung und Verbreitung der Produkte. Einerseits sind staatliche Institutionen in diesem Kontext aufgefordert, verstärkt auf die Einhaltung der im Rahmen von Gesetzen verankerten Paragraphen zu drängen (z. B. Schutz vor Täuschung; Lebensmittel-, Bedarfsgegenstände- und Futtermittelgesetzbuch). Andererseits könnten unabhängig von der Frage der praktischen Umsetzbarkeit die Kontrollverpflichtungen für NEM an die Standards des Arzneimittelgesetzes angepasst werden.

5 Literatur

Backhouse, S., & Whitaker, L. (2016). Nutritional supplements in sport: Prevalence, reasons for use, and relation to doping. In V. Barkoukis, L. Lazuras, H. Tsorbatzoudis (Eds.), *The psychology of doping in sport* (pp. 183-198). New York, NY: Routledge/ Taylor & Francis Group.

Brand, R., Wolff, W., & Baumgarten, F. (2016). Modeling doping cognition from dual process perspective. In V. Barkoukis, L. Lazuras, & H. Tsorbatzoudis (Eds.), *The psychology of doping in sport* (pp. 33-43). New York, NY: Routledge/Taylor & Francis Group.

Deutscher Olympischer Sportbund (2014). *Nahrungsergänzungsmittel*. Abgerufen am 30. August 2016 von www.koelnerliste.com/ fileadmin/user_upload/medien/pdf/ NEM_ Broschüre-web_14-7-2014_Doppelseitig.pdf

Diehl, K., Thiel, A., Zipfel, S., Mayer, J., Schnell, A., & Schneider, S. (2012). Elite adolescent athletes' use of dietary supplements: Characteristics, opinions, and sources of supply and information. International journal of sport nutrition and exercise metabolism, 22, 165-174.

Eichner, A., & Tygart, T. (2015). Adulterated dietary supplements threaten the health and sporting career of up-and-coming young athletes. *Drug testing and analysis, 8,* 304-306.

Evans, M. W., Jr., Ndetan, H., Perko, M., Williams, R., & Walker, C. (2012). Dietary supplement use by children and adolescents in the United States to enhance sport performance: Results of the National Health Interview Survey. *The journal of primary prevention, 33*, 1-23.

Gucciardi, D. F., Jalleh, G., & Donovan, R. J. (2016). Substantive and methodological consideration of social desirability for doping in sport. In V. Barkoukis, L. Lazuras, & H. Tsorbatzoudis (Eds.), *The psychology of doping in sport* (pp. 78-92). New York, NY: Routledge/Taylor & Francis Group.

International Olympic Committee (2010). IOC consensus statement on sports nutrition. *Journal of sports science, 29* (1), 3-4.

Knapik, J. J., Steelman, R. A., Hoedebecke, S. S., Austin, K. G., Farina, E. K., & Lieberman, H. R. (2016). Prevalence of dietary supplement use by athletes: Systematic review and meta-analysis. *Sports medicine, 46*, 103-123.

Kruglanski, A. W., Shah, J. Y., Friedman, R., Fishbach, A., Friedman, R., Chun, W. Y., & Sleeth-Keppler, D. (2002). A theory of goal systems. In M. Zanna (Ed.), *Advances in experimental social psychology* (pp. 331-378). San Diego, CA: Academic Press.

Ntoumanis, N., Ng, J. Y., Barkoukis, V., & Backhouse, S. (2014). Personal and psychosocial predictors of doping use in physical activity settings: A meta-analysis. *Sports medicine, 44*, 1603-1624.

Shah, J. Y., & Kruglanski, A. W. (2003). When opportunity knocks: Bottom-up priming of goals by means and its effects on self-regulation. *Journal of personality and social psychology, 84*, 1109-1122.

Entwicklung und Evaluation eines biomechanischen Messplatzes mit integrierter Test-Prothese für beinamputierte Radsportler

(AZ 070403/16)

Anja Hirschmüller (Projektleitung)[1], Urs Schneider[2], Florian Blab[2] & Patrick Kromer[3]

[1]Universitätsklinikum Freiburg, Klinik für Orthopädie und Traumatologie, Freiburg
[2]Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA
Abteilung Biomechatronische Systeme, Stuttgart
[3]Bundestrainer Radsport, Deutscher Behindertensportverband

1 Problem

Die deutsche Para-Cycling Nationalmannschaft ist in den vergangenen 10 Jahren eine der erfolgreichsten Nationalmannschaften innerhalb des deutschen Behindertensportverbandes und zählt international zu den erfolgreichsten 5 Nationen. Bei näherer Betrachtung der technischen Ausstattung konkurrierender Teams fiel untere anderem auf, dass die prothetische Versorgung bei vielen Sportlerinnen und Sportlern dieser Teams materialtechnisch, aerodynamisch und funktionell-biomechanisch hervorragend optimiert wurde. So gehören aerodynamische Carbon-Prothesen bei den Topathleten bzw. -athletinnen inzwischen in ähnlicher Weise zum Standard wie Carbonräder mit Scheibenfelgen bei den Bahnrennen.

Während die Forschungs- und Entwicklungsarbeit im nicht-behinderten Radsport häufig von den Profi-Teams, der FES oder den Radherstellern geleistet wird, werden die Forschungsaufgaben bezüglich technischer Hilfsmittel im Para-Cycling zumeist von den nationalen Verbänden organisiert und finanziert. Die Basis für technische Weiterentwicklungen in materialintensiven Sportarten wie dem Radsport ist dabei die biomechanische Analyse der Athleten auf ihrem Sportgerät. Mit Hilfe von Bewegungsanalysen in Verbindung mit der Messung von Pedalkräften im Tretzyklus wird versucht, eine optimale Sitzposition und ein symmetrisches Belastungsbild bei einseitigen Behinderungen sowie eine optimierte Vortriebsleistung zu erreichen.

2 Zielstellung

Das erste Ziel dieses Forschungsprojektes war, objektive Parameter zu etablieren, mit deren Hilfe die Passform einer Prothese und die Leistungsfähigkeit des prothetisch versorgten Sportlers geprüft werden können, um so die Prothesenversorgung optimal an die individuellen körperlichen Voraussetzungen, den Trainingszustand und das Körpergewichtes des Sportlers oder der Sportlerin anpassen zu können.

Anschließend sollten die amputierten Athleten des deutschen A-, B- und C- Kaders am entsprechend etablierten Messplatz untersucht werden, um die bestehenden individuellen Versorgungen anhand der Messergebnisse zu analysieren. Insbesondere im Nachwuchsbereich ist eine durch Messtechnik qualitativ hochwertige Analyse der optimalen Einstellparameter wichtig, um einen schnelles Heranführen an die Spitzenathleten zu ermöglichen.

Basierend auf diesem Wissen war das zweite Hauptprojektziel die Entwicklung einer modularen Radprothese (RATE-PRO), die so gebaut werden sollte, dass über leicht bedienbare Einstellschrauben relevante Prothesenmerkmale unkompliziert variiert werden können. So können unterschiedliche Protheseneinstellungen beim einzelnen Athleten evaluiert und optimiert werden, um eine individuell optimale Rad-Prothese für den Athleten zu generieren.

Durch eine optimierte Protheseneinstellung sollte idealerweise das Leistungspotential der Athleten auf dem Rad optimiert werden und

anderseits die Inzidenz von belastungsbedingten Erkrankungen und Verletzungen (z. B. Druckstellen am Stumpf) durch die optimal angepasste Prothese und die Reduktion bilateraler Asymmetrien und damit einhergehenden Fehlstellungen (z. B. schlecht angepasste Sitzposition) verringert werden.

Die Teilziele lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Aufbau eines biomechanischen Messplatzes „Para-Radsport“ mit Messmöglichkeiten zur Erfassung spezifischer Messgrößen von beinamputierten Radsportlern
- Bestimmung leistungsbestimmender Parameter und Effekte der Rad-Prothese auf Sitzposition, Bewegungsablauf und Kraftentwicklung beim amputieren Radsportler
- Aufbau einer modularen Rad-Testprothese (RATE-PRO) mit variablen Einstellmöglichkeiten zur Bestimmung der optimalen Prothesen-Parameter
- Analyse der Prothesenversorgung einzelner Spitzenathleten des DBS-Radsport Teams „Rio 2016“.

3 Methode

Zur Erfassung von kinetischen und kinematischen Daten beim Radfahren wird ein Rad-Messplatz basiert auf einem *Cyclus 2*-Ergometer (RBM elektronik-automation GmbH, Leipzig/ Deutschland) aufgebaut, der den Einbau des eigenen Fahrrades der Athleten zulässt (vgl. Abb.1). Zusätzlich wurde der Messplatz mit einem SRM-Kurbelmesssystem (Schoberer Rad Meßtechnik SRM GmbH, Jülich, Deutschland) ausgestattet. Das System liefert über die Messung mit Dehnmessstreifen an den Kurbeln Informationen über die tatsächlich erbrachte Leistung (in Watt) bzw. die geleistete Tretkraft (in Newtonmeter) sowie die Trittfrequenz.

Die kinematische Bewegungserfassung erfolgt über ein 3D-Motion Capture System der Firma *Qualisys* (Qualisys AB, Göteborg, Schweden) mit 9 Infrarot-Kameras und Passiv-Markern zur Hochgeschwindigkeitsmessung. Die Software-Plattform bietet die Möglichkeit der direkten Einbindung und Synchronisation der kinematischen Messdaten der Kameras mit Daten aus weiteren Messgeräten (z. B. analog-digitale Signale, Kraftmessplatten, EMG-Signale, etc.). Des Weiteren kann mit der Applikation der *Qualisys Video Analysis (QVA)* eine einfache 2D-Analyse von Echtbild-Videodaten durch Pixel-Identifikation erfolgen (Abb. 1).



Abb.1: Ergometermessplatz mit Cyclus 2 Ergometer, 3 D Kinematik, SRM und Pedalkraftmessung

Für die Messung von Kräften zwischen dem Stumpf des Amputierten und dem Prothesenfuß kann eine spezielle Kraftmessdose der Firma College Park verwendet werden (College Park Inc., Warren/MI, USA). Mit dem Messsystem iPecs Lab können kabellos, dreidimensional Kräfte und Momente erfasst werden. Damit werden z. B. Kräfte bis 3500 Newton mit einer Genauigkeit von ± 1.0 %.. erfasst. Die Messdose kann sehr einfach über Standard-Pyramidenadapter in die Prothesenversorgung integriert werden. Das geringe Gewicht von lediglich 277 Gramm ermöglicht den Einsatz in jeder Art der Bewegungsmessung. Die iPecs Datenausgabe kann über eine Schnittstelle direkt in das Qualisys-Messsystem synchronisiert eingelesen werden.

Eine In-Prothesen Druckmessung mit speziell entworfenen Sensor-Arrays zur Messung der Druckverhältnisse im Prothesenschaft war geplant, um eine gleichmäßige Druckvertei-

lung am Stumpf zu objektivieren (Novel GmbH, München, Deutschland). Auf Grund der engeren Schaftanpassung bei den Radprothesen und der Verwendung von sehr dünnen Linern am Stumpf war eine zusätzliche Anbringung von Drucksensoren im Schaft und damit eine Volumenverkleinerung des Schaftes bei den meisten Athleten nicht möglich.

Trotz der geringen Sensor-Dicke (ca. 1 mm) kam es entweder zu unangenehmen Druckstellen am Stumpf oder die Prothese konnte gar nicht erst angelegt werden (z. B. Einrasten des Pin-Locks nicht möglich).

Beim Oberschenkelschaft (Vpn2), welcher ohne Liner getragen wird, ist zudem eine sinnvolle und zuverlässige Positionierung der Sensoren und Sensorkabel durch die große Schaftlänge nicht möglich.

Die Ergometer-Leistung wurde für den einzelnen Probanden in Bezug auf die individuelle anaerobe Schwelle berechnet, sodass Intervalle im intensiven Leistungsbereich absolviert wurden (90 %.., 110 %.. der IANS). Basierend auf der selbstgewählten Kadenz wurde für die Intervalle eine höhere (+ 10 U/min.) und eine niedrigere (- 10 U/min.). Trittfrequenz festgelegt. Die Gesamtversuchsdauer für einen Test lag bei 2:00 h bis 2:30 h, wobei davon ca. 0:45 h auf die Präparation des Probanden (mit Ganzkörper-Markersetup) und die Einstellung des Ergometers entfielen.

4 Ergebnisse

Der biomechanische Messplatz konnte erfolgreich etabliert werden. Die Bewegungsanalysemarker wurden so gewählt, dass jedes Körper- bzw. Prothesensegment mindestens 3 Marker erhielt. So konnte die Länge der einzelnen Segmente bestimmt werden, was eine Voraussetzung für anschließende invers-dynamische Berechnungen und Simulationen darstellte. So waren auch die grundlegenden Parameter der Radprothese (Prothesenlänge, Orientierung zum Stumpf, horizontaler Abstand Lotlinie-Pedalfixierung) zu extrahieren.

Zusätzlich wurden Marker an den Fahrrädern der Sportler positioniert, die in der Analyse Aussagen über die individuell eingestellte Sitzposition und die Radgeometrie ermöglichen. Die Kraftmessdosen der Firma Sensix wurden in die Pedale integriert. So konnte eine kontinuierliche Druckmessung im 360° Pedalzyklus durchgeführt werden. Die Analyse der Daten erfolgte dann in 4 einzelnen Bewegeungssegmenten.

Die Marker wurden für die lange Versuchsdauer von ca. 75 Minuten und auf Grund des starken Schwitzens der Athleten bei den Ergometer-Tests speziell präpariert, um ein Abfallen der Marker während der Tests zu vermeiden. Es wurden leichtgewichtige, hohle Marker mit einer Marker-Basis aus Kunststoff verwendet, die mit doppelseitigen Kleberingen (Kleberinge für EEG-Sensoren) am Körper fixiert und danach mit einem flexiblen Tape (Kinesio-Tape) zusätzlich gesichert wurden.

Im Testdesign wurde eine große Bandbreite von Daten bei unterschiedlichen Sitzpositionen, Belastungsintensitäten und Trittfrequenzen erfasst. Durch das aufwendige Markersetup und die Vielzahl der Intervalle benötigte die Durchführung eines einzelnen Tests im Durchschnitt 2.5 Stunden.

Durch die gewählte Intensität und die Dauer des Versuches konnte eine Ausbelastung der Sportler erreicht werden. Die Tests wurden in der Regel nach 10-15 Minuten Dauer bei der letzten Belastungsstufe auf Grund subjektiver Ermüdung von den Probanden abgebrochen. Einen Einfluss von Ermüdung auf die Kinematik der unteren Extremitäten konnte nicht identifiziert werden.

Für die Ableitung von Geometrieparametern zur Optimierung der Protheseneinstellung erscheint daher ein reduziertes Markersetup und Versuchsdesign ausreichend. Dies bietet zum einen die Möglichkeit, den Test in kürzerer Zeit zu absolvieren und mit geringerer Variation der Intervalle durchzuführen (z. B. 1-2 Wattstufen und 2 Kadenz-Stufen). Weitere Parameter, welche einen direkteren Einfluss auf die Kinematik haben (z. B. Sitzposition, Protheseneinstellung), könnten dann zusätzlich in den Messablauf integriert werden.

4.1 Ergebnisse der Testphase 2

Für die Testphase 2 wurde bei der Durchführung der Experimente ein modifiziertes Testdesign angewendet. Die Zielsetzung war dabei, einen zeitlich und inhaltlich optimalen Ablauf für die

spätere Anwendung der Testprothese zu erarbeiten. Dabei wurden sowohl das Marker-Setup als auch die Testintervalle inhaltlich angepasst und reduziert.

Das Testdesign sollte so gestaltet werden, dass es entweder ohne großen Aufwand in eine Standard-Leistungsdiagnostik integriert werden kann oder als ein separater Test in maximal 60 Minuten (inkl. Präparation) durchgeführt werden kann.

Der Test sollte dabei dennoch alle notwendigen Informationen liefern, um die Daten auch für invers-dynamische Berechnungen und Simulationen mit der Software AnyBody verwenden zu können.

Des Weiteren wurde das Scannen und Digitalisieren der Prothesen- und Radeinstellung mit einem 3D-Scanner (Faro Freestyle) mit in den Testablauf aufgenommen. Diese Daten können dann bei der Auswertung sowie der Vor-Simulation von Protheseneinstellungen zur Vorbereitung des Versuchsablaufs mit der Testprothese genutzt werden.

Die Variation der Einstellung der Testprothese während eines Ergometertests konnte schnell und zuverlässig durchgeführt werden. Für die Veränderung von Prothesenlänge und Vorfuß-Hebellänge kann der Proband auf dem Rad sitzen und in den Klickpedalen eingeklickt bleiben. Der Vorfuß-Hebel kann in einer Grobeinstellung über die Drehraster in unterschiedliche Winkelstellungen gebracht werden. Die Feineinstellung der Vorfuß-Hebellänge erfolgt über die Verschiebung an der Adapterschiene. Die Längeneinstellung über den Zahnstangen-Mechanismus erfolgt stufenlos und kann ohne Werkzeug vorgenommen werden. Die Einstellung und Fixierung der Testprothese dauert so maximal 30-60 Sekunden. Die Gesamtdauer des Testprotokolls inklusive Einfahren und Einstellung der Prothese in den Stufenpausen dauert 20-30 Minuten.

Die Variation der Testparameter kann für den einzelnen Athleten unterschiedlich gewählt werden. Für die erste Variation der Testprothese empfiehlt sich eine geringe Intensität der Ergometerbelastung im Grundlagenausdauerbereich, um eine vorzeitige Ermüdung auszuschließen, eine sinnvolle Stufenlänge (2-4 min.) absolvieren zu können und um dem Athleten die Möglichkeit zu geben, sich an die Prothesenseinstellung zu gewöhnen.

Die Entscheidung für die Auswahl einer Protheseneinstellung kann dann sowohl über das subjektive Empfinden des Athleten als auch über ausgewählte objektive Parameter der Pedalkraftmessung erfolgen (z. B. Rechts-Links-Differenz, Pedalleistung 180-360°, Kraftverlauf im Pedalzylus). Die Auswahl des objektiven Parameters für die Beurteilung kann dabei von der individuellen Leistungsfähigkeit des Athleten abhängen. Sofern möglich sollte nach der Auswahl einer Protheseneinstellung ein weiterer Test mit höherer Intensität bzw. Variation der Leistung und/oder Trittfrequenz vorgenommen werden. Dies kann auch innerhalb eines Stufen- oder Schwellentests erfolgen. Für die Beurteilung der biomechanischen Leistungsparameter sollten für diesen Test ebenfalls die Sensix-Kraftmesspedale als objektiver Messparameter verwendet werden.

Inwieweit ein direkter Einfluss einer veränderten Protheseneinstellung auch unmittelbar in leistungsphysiologischen Parametern (z. B. Schwellenleistung) erkennbar ist, kann zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht abgeschätzt werden. Es ist davon auszugehen, dass eine Anpassungsphase an die veränderte Protheseneinstellung

Tab. 1: Exemplarischer Testablauf

Stufe	Dauer	Leistung (in W)	Trittfrequenz (in U/min.)	Einstellung Länge (vertikal)	Testprothese Vorfuß-Hebel (hor.)
1	4 min	120 W	80 rpm	Nullstellung	Nullstellung
2	2 min	120 W	80 rpm	+ 10 mm	+1 Raster
3	2 min	120 W	80 rpm	+ 10 mm	+1 Raster + 20 mm Schiene
4	2 min	120 W	80 rpm	- 10 mm	+1 Raster -20 mm Schiene



Abb. 2: Testprothese bei der Anwendung im Ergometer-Test

nötig ist, um auch einen unmittelbaren Einfluss auf die Radfahrleistung des Athleten erkennen zu können.

Mit den Erkenntnissen aus dem ersten Projektjahr wurde so ein Prozess für den biomechanischen Messplatz definiert, damit eine zeitlich und personell ökonomische Durchführung, Auswertung und Ergebnis-Verarbeitung der Testdaten gewährleistet ist.

5 Entwurf der Test-Prothese RATE-PRO

5.1 Konzeptionsphase

Zunächst wurden anhand der Ergometertests drei Hauptfunktionen der Rad-Testprothese festgelegt, um den Modifikations-Anforderungen gerecht zu werden:

- Höhenverstellbarkeit (Vertikale Länge) 200 bis 300 mm
- Unterbringen von skalierenden Massen entlang der Prothese (0,1 bis 1 kg) zur Beeinflussung des Trägheitsmoments
- Verstellbarer Vorfußhebelarm (horizontale Distanz Lotline zu Pedalplatte) < 300 mm (vgl. Abb. 3-6).

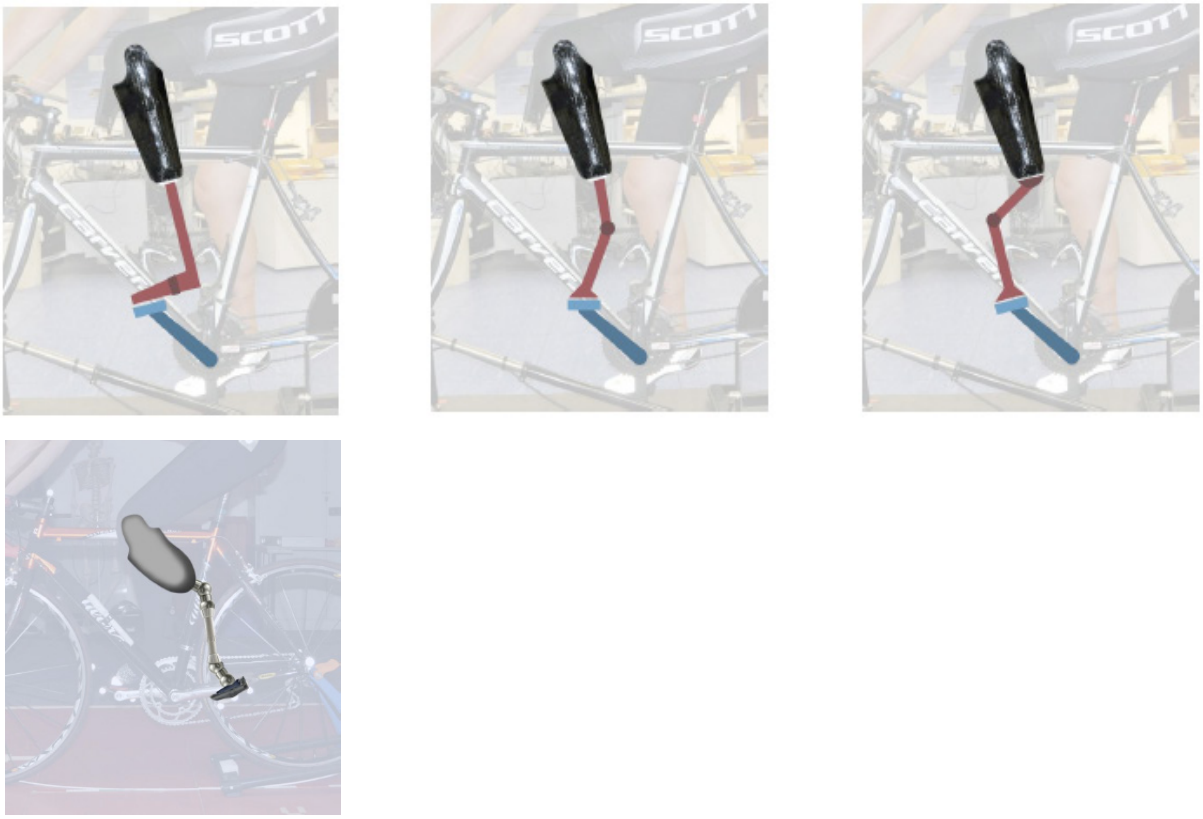


Abb. 3-6: Konzeptionsphase

5.2 Entwurfsphase

In der Entwurfsphase wurden verschiedene Ideen zur Umsetzung der Rohrlängenverstellung (Längenjustierung) und zur Anbringung der skalierenden Gewichte und Gelenkmechanismen gesammelt und konstruktiv umgesetzt.

Der Mechanismus der Längenjustierung am Prothesenrohr kann dabei über verschiedene geometrische Fräsungen realisiert werden, die eine feine, schnelle und reproduzierbare Einstellung der Rohrlänge ermöglichen.

Die finale Konstruktion wurde zunächst als CAD-Modell erstellt und dann für die Materialprüfung als Funktionsmuster gebaut.

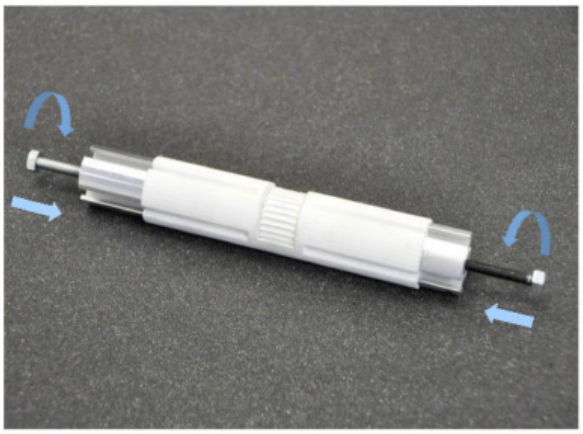


Abb. 7: Funktionsmuster der Testprothese RATEPRO. Die Längeneinstellung der Prothese kann über einen Spannschloss-Mechanismus mit Drehrad schnell und zuverlässig eingestellt werden. Der Vorfuß-Hebel kann durch ein Hirth-Gelenk (Grobeinstellung) und eine Gelenkschiene am proximalen Prothesenende (Feineinstellung) ebenfalls ohne die Verwendung von Werkzeug eingestellt werden. Die Anschlüsse an Prothesenschaft bzw. Pedalplatte erfolgen über standardisierte Prothesenteile und normierte Bohrungen. Das hier dargestellte Funktionsmuster wurde final überarbeitet (Materialverstärkungen, Belastungssimulation mit Ansys, Werkstoff-Auswahl für 3D-Druckteile) und steht seit April 2016 für Probandentests zur Verfügung.

5.3 Konstruktionsphase

Nach probatorischer konstruktiver Umsetzung einzelner Design-Konzepte und der Festlegung auf ein Lösungskonzept wurden die einzelnen Bauteile aus stabilem Material gefertigt (Abb. 8) und aus diesen Komponenten ein erstes Funktionsmuster ertellt, welches dann für Belastungstests und erste Funktionstest zur Verfügung stand.

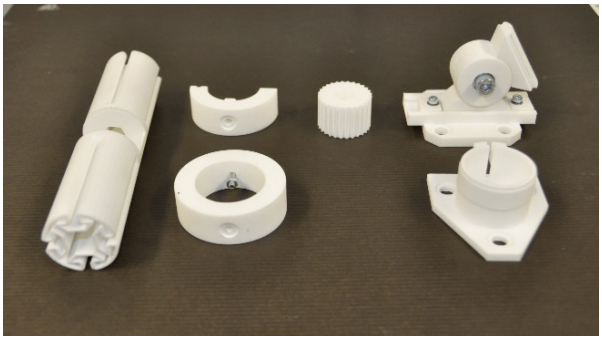


Abb. 8: Bauteile

Die Belastungstests wurden mit Prüfmaschinen am Fraunhofer IPA vor der Verwendung der Prothese im Probandentest absolviert und dokumentiert (z. B. Zug-Druck-Prüfung, Belastung gemäß ISO 22675, komplexer Anwendungstest mit 6-Achs-Industrieroboter).

Parallel dazu wurden verschiedene Möglichkeiten zur Anbindung der Testprothese an den jeweiligen Prothesenschaft der Probanden evaluiert und eine ökonomisch sinnvolle Variante für die spätere dauerhafte Verwendung des Messplatzes festgelegt (Abb. 9).



Abb.9: Möglichkeiten der Anbindung

5.4 Mechanische Prüfung der Prothese

Nachdem alle einzelnen Bauteile der Testprothese gefertigt und zusammengebaut wurden, musste der komplette Aufbau auf Stabilität überprüft werden. Hierfür wurde der Aufbau zwei Prüfphasen in einer Zug-Druck-Maschine unterzogen, um eventuelle Schwachstellen der Prothesenkonstruktion aufzudecken und, wenn nötig, betroffene Teile zu überarbeiten.

Bei der Zug-Druck-Maschine Load Frame 301.1 von Shore Western ist mit den vorhandenen Aufnahmestellen lediglich eine Prüfung mit einem Offset von jeweils 0 mm möglich, da der Maschinenaufbau nur ein senkrechtes Einspannen der Rad-Testprothese erlaubt. Daher mussten zunächst Aufnahmeschienen in einem Zwischenarbeitsschritt konstruiert werden, mit denen ein Einspannen der Testprothese mit einem zusätzlichen Offset realisierbar wurde. Diese Schienen wurden über zwei metrische Gelenkköpfe an die Prüfmaschine geschraubt, wobei der obere metrische Gelenkkopf durch den Zolladapter an die Prüfmaschine angebunden werden konnte. Die Offset-Schienen sowie der Zoll-Adapter wurden in der hausinternen Metallwerkstatt am Fraunhofer IPA in Auftrag gegeben. Der komplette Aufbau der Rad-Testprothese mit den Offset-Schienen ist in den Abbildungen dargestellt.

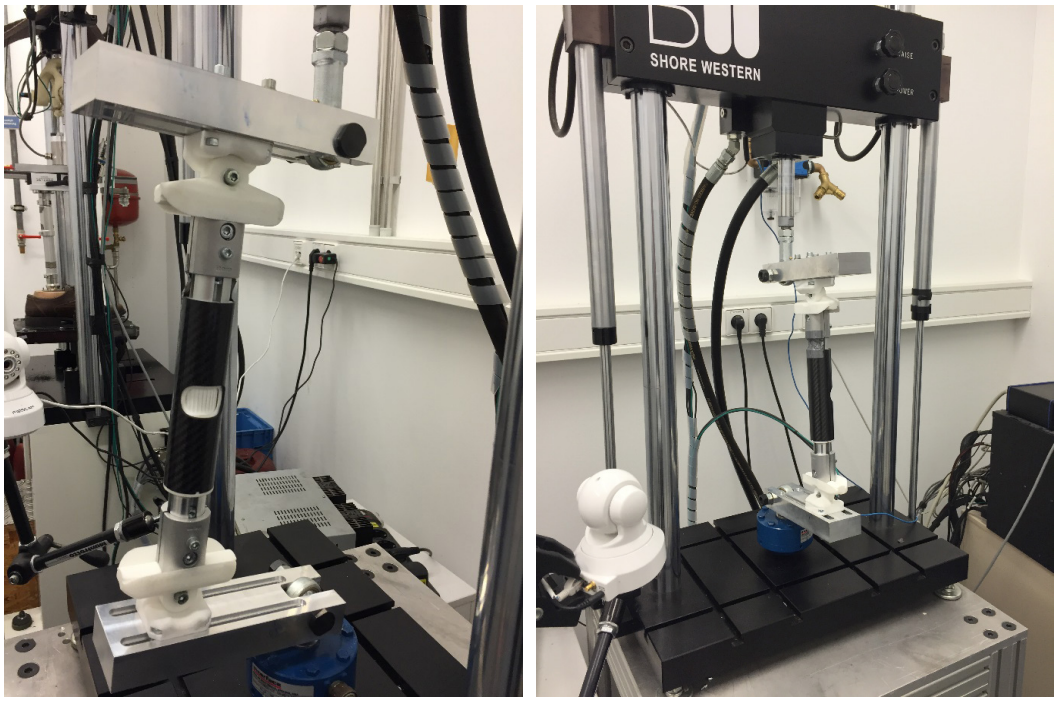


Abb. 10: Aufbau der Zug-Druck-Maschine

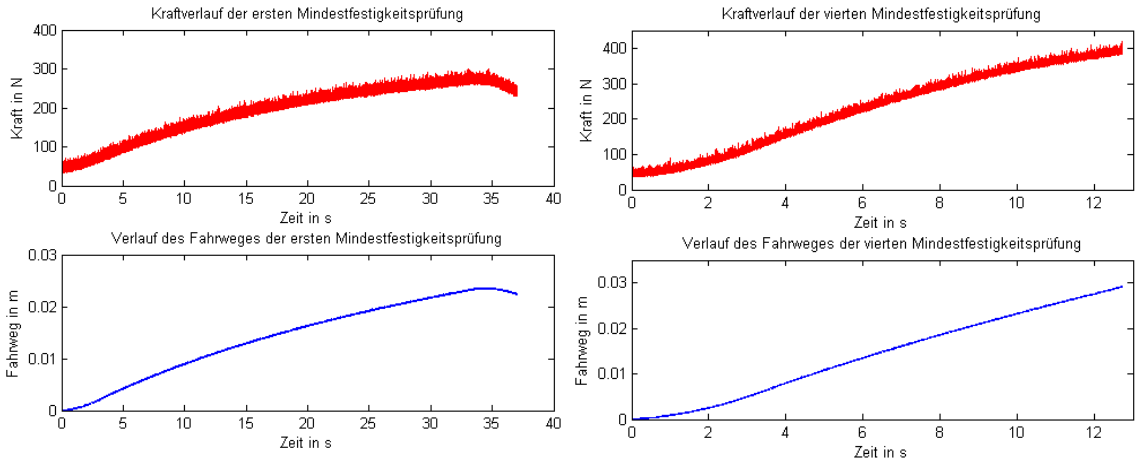


Abb. 11: Kraftverlauf und Verlauf des Fahrweges der ersten (links) und der vierten (rechts) Mindestfestigkeitsprüfung

5.5 Mechanische Prüfung, Version 1

Nachdem der Belastungsanstieg in einer vierten statischen Mindestfestigkeitsprüfung von 100 N/s auf 200 N/s erhöht wurde, konnte eine Maximalkraft 420,64 N auf die Testprothese ausgeübt werden. Zu genau diesem Zeitpunkt lag ein maximaler Fahrweg von 29,2 mm vor. Zum Zeitpunkt der Maximalkraft sprang das Hirth-Gelenk aus der Gelenkschiene heraus, so dass aufgrund dessen die Prüfung nach 12,71 s abgebrochen werden musste. Nach der Prüfung betrug der Abstand ohne Gelenkschiene noch 288 mm, woraus sich eine Prothesenverkürzung von 2 mm ergab (mit Meterband gemessen).



Abb. 12:

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass die Testprothese unter der damaligen Konstruktion weder die Prüfung zur Mindestfestigkeit noch die Prüfung zur Grenzfestigkeit bestehen konnte. Jedoch konnte die Anbindung des Hirth-Gelenkes an die Gelenkschiene als Schwachstelle identifiziert werden, so dass im weiteren Verlauf zunächst eine Überarbeitung des Hirth-Gelenkes stattfand, bevor die Prüfphase 2 in Angriff genommen werden konnte.+.

5.6 Zusammenfassung der Versuchsergebnisse der Prüfphase 1

Die ersten drei Mindestfestigkeitsprüfungen zeigten einen fast gleichförmigen Verlauf der Kraft und des Fahrweges der Prüfmaschine auf. Im Mittel wurde bei allen drei Messungen eine ma-ximale Kraft von 313,8 N erreicht und ein maximaler Fahrweg von 22,9 mm bewirkt. Durch das starke Verbiegen des Ummantelungsprofils an der Stelle des Drehrädchens kam es bei allen drei Tests zu einem Absturz der Kraft um zehn Prozent. Dies führte wiederrum automatisch zum Abbruch der Prüfung bei allen drei Messungen nach exakt 37 s. Angesichts des flexiblen Materials des Ummantelungsprofils federte die Prothese nach Wegnahme der Last annähernd in Ausgangsposition zurück, womit lediglich eine Verformung von < 1 mm (mit Meterband gemessen) zurück blieb.

5.6 Finales Modell der Testprothese

Basierend auf den Erkenntnissen der mechanischen Prüfung wurde die Testprothese überarbeitet und verstärkt. Es wurde zusätzlich eine strukturmechnische Simulation des finalen Musters mit der Software ANSYS durchgeführt. Die Überarbeitung führte zu einer stabilen und haltbaren Testprothese.

Die nachstehend dargestellte finale Version der Prothese wurde auch in einem Probandentest in der Testphase 2 erfolgreich eingesetzt.



Abb. 13: Finale Version der Prothese

6 Diskussion und Transfer

Durch eine direkte Kooperation mit den Athleten der Nationalmannschaft und den verantwortlichen Trainern und Betreuern des DBS-Radsport ist ein unmittelbarer Transfer in den Spitzensport gewährleistet. Die Projektergebnisse wurden für die Optimierung der vorhandenen Prothesenversorgung der Athleten genutzt und stellen damit eine unmittelbare Unterstützung der Athleten dar. Dies kann in Zukunft weiter ausgebaut werden.

Darüber hinaus soll die modulare Radprothese für Messungen im Nachwuchsbereich eingesetzt werden. Dies kann den Einstieg von Nachwuchsathleten bzw. -athletinnen in den Leistungs- und Spitzenbereich erleichtern, da durch die hieraus gewonnenen Messdaten die Anpassung der Radprothese für den Athleten bzw. die Athletin schneller und zielgerichteter erfolgt, als dies bisher „durch Austüfteln in Eigenregie" geschieht.

Perspektivisch ist die Manifestierung eines ständigen biomechanischen Messplatzes für den Behindertenradsport vorgesehen, welcher in reduzierter Form auch mobil einsetzbar ist (beispielsweise im Trainingslager). Durch eine solche variable Auslegung des Messplatzes und mögliche gezielte methodische Anpassung an spezielle Anforderungen, die bei den Athleten und Athletinnen im Para-Cycling auftreten, bietet der Messplatz ein weitreichendes Potential für weitere Untersuchungen. Es besteht die Möglichkeit der Erweiterung des Messplatzes für Athleten mit Einschränkungen im Bereich des Oberkörpers sowie für das Handcycling. Dementsprechend kann der Messplatz als langfristige und dauerhafte Unterstützung für den gesamten Olympia-Kader der Para-Cycling Nationalmannschaft dienen.

Das Prothesenkonzept wird entsprechend der gewonnenen Erkenntnisse weiter entwickelt und gemeinsam mit möglichen Herstellern diskutiert. Hierbei kann das Fraunhofer IPA auf sein weites internationales Netzwerk an Herstellern und Vertreibern und die Erfahrungen im Bereich Prothetik zurückgreifen. Somit könnte ein Prothesenfuß entwickelt werden, welcher im späteren Verlauf vom ambitionierten Hobby- bis hin zum Leistungssportler verwendet werden kann und ein deutlich optimiertes Verhalten beim Radfahren aufweist.

Eine Zusammenfassung der Ergebnisse wird zudem dazu genutzt, einen Leitfaden mit allgemeinen Erkenntnissen zu Anpassung und Aufbau der Prothesenversorgung für den Radsport zu erstellen. Dieser kann zukünftig als Grundlage von Orthopädietechnikern sowie von Trainern und Betreuern im Paracycling angewandt werden.

7 Literatur

Baur, H., Stapelfeldt, B., Hirschmüller, A., Gollhofer, A. & Mayer, F. (2008). Functional benefits by sport specific orthoses in a female paralympic cyclist: a case report. *Foot & ankle international, 29* (7), 746-751.

Childers, W. L., Kistenberg, R. S. & Gregor, R. J. (2009). The biomechanics of cycling with a transtibial amputation: Recommendations for prosthetic design and direction for future research. *Prosthetics and orthotics international, 33* (3), S. 256-271. Online verfügbar unter http://poi.sagepub.com/content/33/3/256.full.pdf, zuletzt geprüft am 24.10.2012.

Childers, W. L., Kistenberg, R. S. & Gregor, R. J. (2011). Pedaling asymmetries in cyclists with unilateral transtibial amputation: effect of prosthetic foot stiffness. *Journal of applied biomechanics, 27* (4), S. 314-321.

Hirschmüller, A. (2008). *Leistungsverbesserung im Behindertenradsport: Ergonomische Optimierung und Trainingssteuerung mit SRM Messkurbeln*. BISp-Betreuungsprojekt.

Kromer, P., Hirschmüller, A., Dickhuth, H. H., Gollhofer, A. & Röcker, K. (2011a). Der Einfluss der Kurbelfrequenz im Handcycling auf unterschiedliche Referenzpunkte der Laktatleistungskurve. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 62* (1), 22-28.

Kromer, P., Röcker, K., Sommer, A., Baur, H., Konstantinidis, L., Gollhofer, A., Südkamp, N. & Hirschmüller, A. (2011b). Verletzungen und Überlastungsbeschwerden im paralympischen Radsport – eine Fragebogenerhebung bei Nationalkaderathleten. *Sportverletzung · Sportschaden, 25* (03), 167-172.

Arseneau, L., Wooles, A., Landry, J. & Lafreniere, L. (2008). Canadian Cycling Association, *Para-Cycling High Performance Plan 2008-2012*.

Effekte eines mittelfristigen Trainingskonzepts unter partiell entleerten Glykogenspeichern auf Parameter der Gesundheit und Leistungsfähigkeit bei Ausdauerathleten

(AZ 070502/16-18)

Anja Carlsohn (Projektleitung), Raul de Souza Silveira & Maximilian von Lippe-Falkenflucht
Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd, Institut für Gesundheitswissenschaften

1 Problem

Eine sportgerechte Ernährung, insbesondere die Bedarfsdeckung von Nährstoffen ist für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Athleten essenziell (Thomas, Erdman & Burke, 2016). Forschungsergebnisse aus dem Spitzensport zeigen, dass die Substratverfügbarkeit, insbesondere die Kohlenhydratverfügbarkeit bzw. die Modulation der Glykogenspeicher, trainingsabhängige Stoffwechseladaptationen beeinflusst (Hansen et al., 2005; Yeo et al., 2008; Burke et al., 2017). Studien, in denen Athleten während drei Wochen in Schlüsseltrainingseinheiten unter trainingsbedingt entleerten Glykogenspeichern trainierten (Train Low), zeigten signifikante Steigerungen der Fettoxidationsraten unter Steadystate Belastungen, Glykogenspareffekte sowie transkriptionale Belastungsadaptationen, welche die mitochondriale Biogenese und die oxidative Kapazität günstig beeinflussen (Yeo et al., 2008; Hulsten et al., 2010, Yeo et al., 2010; Psilander et al., 2013).

Allerdings sind für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Athleten potenziell nachteilige Effekte zu berücksichtigen. So zeigt sich nach 3-wöchigem Training mit neun Train Low-Einheiten eine reduzierte Expression des Glukose-Transporters GLUT 4 verglichen mit einer identischen Trainingsintervention ohne entleerte Glykogenspeicher (+ 7 %. versus + 21 %.) (Hulston et al., 2010). Zudem ist derzeit unklar, ob sich wiederholtes Training unter verringerter Glykogenverfügbarkeit über einen längeren Zeitraum nachteilig auf die Immunkompetenz (Gleeson, Nieman & Pedersen, 2004) oder den Ernährungszustand (z. B. ungünstige Veränderung der Körperkomposition, unzureichende Bedarfsdeckung mit essenziellen Nährstoffen) von Athleten auswirkt. Da bisherige Train Low-Studien unter sportspezifischen Bedingungen lediglich über drei Wochen (in der Regel neun Train Low-Einheiten) durchgeführt wurden, ist zudem ungeklärt, welche Effekte infolge einer 12-wöchigen Implementierung von >20 Trainingseinheiten unter entleerten Glykogenspeichern auf

- Parameter der Ausdauerleistungsfähigkeit
- den Ernährungszustand von Ausdauerathleten und
- krankheitsbedingte Trainingsausfalltage zu beobachten sind.

2 Methode

In der randomisierten, kontrollierten, einfachblinden Studie absolvierten 17 Ausdauersportler (7 Frauen/10 Männer; 32 ± 10 Jahre; Tab. 1) über 3 Monate zweimal pro Woche einen Trainingsblock aus einer Dauerlaufeinheit (60 min bei 75 %. der maximalen Herzfrequenz) und einer Intervalleinheit (6 x 800 m bei 95 %. der maximalen Herzfrequenz) am Folgetag. Die Interventionsgruppe (Train Low-Gruppe, N = 9) ernährte sich in den ca. 12 h zwischen Dauerlauf- und Intervalltrainingseinheit kohlenhydratarm, die Kontrollgruppe (N = 8) dagegen ad libitum. Vor (M1) und am Ende (M2) der Intervention wurden in beiden Gruppen folgende Zielparameter erhoben:

Tab.1: Stichprobencharakteristik zu M1 (M ± SD)

Parameter	Kontrollgruppe (N = 8; 5 w / 3 m)	Interventionsgruppe (N = 9; 2 w / 7 m)	p-Wert
Alter (Jahre)	37,00 ± 12,10	28,56 ± 8,60	0,115
Körperhöhe (m)	1,69 ± 0,09	1,77 ± 0,07	0,045*
Körpermasse (kg)	63,73 ± 9,04	69,42 ± 10,76	0,259
BMI (kg/m²)	22,32 ± 1,43	22,14 ± 2,88	0,880

**signifikante Differenzen zwischen den Gruppen*

1. Parameter der sportlichen Leistungsfähigkeit: maximale Sauerstoffaufnahmekapazität (VO_{2max}) und Geschwindigkeit an der individuellen anaeroben Schwelle (IAS) während eines Laufbandstufentests, Leistungsfähigkeit im 5.000 m Timetrial (Hallen-Tartanrundbahn), Geschwindigkeit der letzten 400 m des 5.000 m Timetrials.
2. Kenngrößen der Ernährung und des Ernährungszustandes: Körpergröße, Körpermasse, Body-Mass-Index und Körperfettanteil (bioelektrische Impedanzanalyse) sowie die habituelle Lebensmittel-, Energie- und Nährstoffzufuhr (Makro- und Mikronährstoffe mittels DLW-validiertem Verzehrsprotokoll).
3. In einem Trainingstagebuch wurden u. a. krankheitsbedingte Trainingsausfalltage dokumentiert.

Unterschiede in der Erkrankungsrate wurden mittels t-Test für ungepaarte Stichproben, die übrigen Parameter mittels 2-faktorieller ANOVA mit Messwiederholung auf Unterschiede geprüft (alpha = 0,05).

3 Ergebnisse

3.1 Ausdauerleistungsfähigkeit

Weder in der Kontrollgruppe (M1: 46,5 ± 8,4 vs. M2: 46,4 ± 6,8 ml/kg/min; p = 0,906) noch in der Train Low-Gruppe (M1: 52,2 ± 6,4 vs. M2: 50,0 ± 6,7 ml/kg/min; p = 0,063) veränderte sich die maximale Sauerstoffaufnahmekapazität (VO_{2max}) der Athleten (Gruppe*Zeit: p = 0,187).

Im 5000 m Indoor-Timetrial reduzierten sich in der Kontrollgruppe (-107 s; M1: 1541 ± 199 vs. M2: 1434 ± 138 s; p = 0,006), aber nicht in der Train Low-Gruppe (-47 s; M1: 1351 ± 179 vs. M2: 1304 ± 147 s; p = 0,196) die Laufzeiten signifikant (Gruppe*Zeit: p = 0,181). Die letzten 400 m des 5000 m Timetrials absolvierte die Kontrollgruppe (-16 s; M1: 126 ± 22vs. M2: 110±12 s; p = 0,009), aber nicht die Train Low-Gruppe (-6 s; M1: 101 ± 13 vs. M2: 95 ± 12 s; p = 0,186) zu M2 signifikant schneller als zu M1 (Gruppe*Zeit: p = 0,095).

Tab. 2: Übersicht leistungsbezogener Parameter

Parameter	Kontrollgruppe		Interventionsgruppe		p-Wert (Gruppe*Zeit)
	M1	M2	M1	M2	
$VO_{2max\ absol}$ (L/Min)	3,00 ± 0,93	3,01 ± 0,84	3,67 ± 0,64	3,48 ± 0,59	*0,053*
$VO_{2max\ rel}$ (L/Min)	46,49 ± 8,35	46,35 ± 6,79	52,23 ± 6,40	49,97 ± 6,68	0,187
V_{IAS} (km/h)	11,25 ± 1,71	11,49 ± 1,52	12,70 ± 1,94	12,89 ± 1,87	0,916
IAS (mmol/L)	3,08 ± 0,54	2,80 ± 0,47	3,17 ± 0,88	3,21 ± 0,81	0,194
5000 m Zeit (s)	1541 ± 199 [a]	1434 ± 138 [a]	1351 ± 179 [b]	1304 ± 147 [b]	0,181[d]
400 m Endspurt (s) im 5000 m Timetrial	126,0 ± 22,0 [a]	110,4 ± 11,7 [a]	100,5 ± 13,3 [b]	95,0 ± 12,1 [b]	0,095

[a,b] signifikanter Haupteffekt (Unterschied zwischen M1 und M2); [c] signifikanter Haupteffekt (Unterschied zwischen den Gruppen)

3.2 Ernährungszustand

Athleten in der Train Low- und der Kontrollgruppe (KG) nahmen zu M1 und M2 weniger Getreideprodukte (Train Low: 279 ± 160 und 272 ± 143 g/d, KG: 291 ± 139 und 299 ± 139 g/d) und Gemüse (Train Low: 254 ± 255 und 267 ± 143 g/d, KG: 351 ± 143 und 265 ± 98 g/d) und mehr Fleisch(waren) (Train Low: 87 ± 60 und 87 ± 61 g/d, KG: 135 ± 109 und 146 ± 73 g/d) auf als von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung (DGE) empfohlen. Weder auf Lebensmittel- noch auf Nährstoffebene wurden signifikante Interaktionseffekte beobachtet. Die D-A-CH-Referenzwerte der Mikronährstoffzufuhr wurden in beiden Gruppen zu M1 und M2 mit Ausnahme von Vitamin D und Iod im Mittel erreicht bzw. nahezu erreicht. Bei den anthropometrischen Kenngrößen sind keine Interaktionseffekte zu beobachten (Tab. 3).

liches Potenzial von so genannten „Train Low-Compete High" Interventionen hin. Allerdings fehlten bisher längerfristige Interventionen (> 4 Wochen), wie sie üblicherweise im Rahmen der Trainingszyklisierung in den Jahrestrainingsplan integriert werden. Bei einer langfristigen Train Low-Intervention sind Nachteile, die sich über einen kurzen Studienzeitraum von nur drei Wochen nicht zeigen, nicht auszuschließen. Dies umfasst u. a. ungünstige Effekte auf die *Leistungsfähigkeit* z. B. durch geringere Trainingsintensität in den Schlüsseltrainingseinheiten (HIT), wenn zuvor bereits eine Dauereinheit zur Glykogenentleerung stattfand (vgl. Yeo et al., 2008; Hulsten et al., 2010).

Zudem sind erhöhte *Erkrankungsraten* nicht auszuschließen, zeigen doch zahlreiche Studien, dass eine rasche Kohlenhydratzufuhr nach erschöpfenden Belastungen den so genannten

Tab. 3: Übersicht über Veränderungen anthropometrischer Größen über die Zeit

Parameter	Kontrollgruppe		Interventionsgruppe		p-Wert (Gruppe*Zeit)
	M1	M2	M1	M2	
Körpermasse (kg)	63,7 ± 9,8	63,4 ± 8,8	69,4 ± 10,8	69,8 ± 12,3	0,372
BMI (kg/m²)	22,3 ± 1,4	22,2 ± 2,2	22,1 ± 2,9	22,2 ± 3,4	0,357
Fettmasse (kg)	11,1 ± 4,1	11,6 ± 3,0	9,6 ± 5,1	11,1 ± 4,1	0,406
Fettanteil (%.)	18,1 ± 7,9	18,9 ± 6,4	13,7 ± 6,9	15,5 ± 6,4	0,501
FFM (kg)	52,7 ± 12,2	51,8 ± 10,9	59,8 ± 9,6	58,7 ± 9,1	0,898

3.3 Krankheitsbedingte Trainingsausfälle

Athleten der Train Low-Gruppe (Dauerbelastung: 1,33 ± 1,73 Tage; Intervalltraining 1,56 ± 1,74 Tage) dokumentierten signifikant (p = 0,040 für Dauerbelastung) bzw. tendenziell (p = 0,072 für Intervalltraining) häufiger krankheitsbedingte Trainingsausfälle verglichen mit den Athleten der Kontrollgruppe (Dauerbelastung: 0,13 ± 0,35 Tage; Intervalltraining: 0,13 ± 0,35 Tage).

4 Diskussion und Praxistransfer

Ergebnisse verschiedener Grundlagenforschungen der letzten zwölf Jahre (z. B. Hansen et al., 2005; Hawley, Tipton & Millard-Stafford, 2006; Yeo et al., 2010) deuten auf ein leistungsförderlicher „Open Window"-Effekt und damit das Infektrisiko von Athleten reduzieren kann (vgl. Gleeson, Neeman & Pedersen, 2004). Letztlich sind auch ungünstige Effekte auf den *Ernährungszustand* insbesondere bei Athleten mit niedriger Energiezufuhr oder die *Nährstoffzufuhr* aufgrund des periodisierten Ausschlusses kohlenhydratreicher Lebensmittel denkbar.

Die Schlüsselergebnisse der vorliegenden Untersuchung sind daher für den Praxistransfer von Bedeutung:

1. Eine dreimonatige Train Low-Intervention mit zwei Train Low-Einheiten pro Woche ging **nicht mit einer günstigeren Leistungsentwicklung** der Ausdauersportler einher. Alle untersuchten Parameter (5000 m Laufzeit, Laufzeit der letzten 400 m („Endspurt"), Geschwindigkeit an der individuellen anae-

roben Schwelle, maximale Sauerstoffaufnahmekapazität) entwickelten sich in der Train Low-Gruppe deskriptiv (nicht signifikant) ungünstiger als in der Kontrollgruppe.

2. Eine dreimonatige Train Low-Intervention mit zwei Train Low-Einheiten pro Woche **erhöhte das Risiko für krankheitsbedingte Trainingsausfälle signifikant** um den Faktor 10 verglichen mit der Kontrollgruppe. Insgesamt waren krankheitsbedingte Trainingsausfälle jedoch in beiden Gruppen relativ niedrig.
3. Train Low-Interventionen sind zur **Gewichtsreduktion oder Reduktion von Fettmasse ungeeignet**. Hier zeigt sich kein statistisch signifikanter Unterschied zur Kontrollgruppe.
4. Zweimal wöchentliches Übernachtfasten bzw. eine Einschränkung der Kohlenhydratzufuhr zwischen einer abendlichen und einer morgendlichen Trainingseinheit (Train Low) wirken sich **nicht ungünstig auf die Lebensmittelauswahl** oder die Nährstoffzufuhr von Athleten aus, wenn sie ernährungsberaterisch geschult und begleitet werden.

Train Low-Maßnahmen sollten demnach nur nach sorgfältiger Abwägung von potenziellen Vor- und Nachteilen und in enger sportmedizinischer, ernährungswissenschaftlicher und trainingswissenschaftlicher Begleitung eingesetzt werden. Insbesondere der fehlende Leistungsvorteil sowie die signifikant erhöhte Erkrankungsrate sollten in der Ernährungsberatung von an Train Low-Maßnahmen interessierten Athleten berücksichtigt werden, da sich krankheitsbedingte Trainingsausfälle ungünstig auf den vom Athleten erwarteten Leistungsvorteil auswirken können. Eine Aufklärung der Athleten über potenzielle Risiken von Train Low-Maßnahmen ist unbedingt erforderlich.

5 Literatur

Burke, L. M., Ross, M. L., Garvican-Lewis, L. A., Welvaert, M., Heikura, I. A., Forbes, S. G., Mirtschin, J. G., Cato, L. E., Strobel, N., Sharma, A. P. & Hawley, J. A. (2017). Low carbohydrate, high fat diet impairs exercise economy and negates the performance benefit from intensified training in elite race walkers. *Journal of physiology, 595* (9), 2785-2807.

Cochran, A. J., Little, J. P., Tarnopolsky, M. A. & Gibala, M. J. (2010). Carbohydrate feeding during recovery alters the skeletal muscle metabolic response to repeated sessions of high-intensity interval exercise in humans. *Journal of applied physiology, 108*, 628-636.

Gleeson, M., Nieman, D. C. & Pedersen, B. K. (2004). Exercise, nutrition and immune function. *Journal of sports science, 22*, 115-125.

Hansen, A. K., Fischer, C.P., Plomgaard, P., Andersen, J. L., Saltin, B. & Pedersen, B.K. (2005). Skeletal muscle adaptation: training twice every second day vs. training once daily. *Journal of applied physiology, 98*, 93-99.

Hawley, J. A., Tipton, K. D. & Millard-Stafford, M. L. (2006). Promoting training adaptations through nutritional interventions. *Journal of sports science, 24*, 709-721.

Hawley, J. A. & Burke, L. M. (2010). Carbohydrate availability and training adaptation: effects on cell metabolism. *Exercise and sport sciences reviews, 38* (4), 152-160.

Hawley, J. A., Burke, L. M., Phillips, S. M. & Spriet, L. L. (1985) (2011). Nutritional modulation of training-induced skeletal muscle adaptations: *Journal of applied physiology, 110* (3), 834-845.

Hulston, C. J., Venables, M. C., Mann, C. H., Martin, C., Philp, A., Baar, K. & Jeukendrup, A. E. (2010). Training with low muscle glycogen enhances fat metabolism in well-trained cyclists. *Medicine and science in sports and exercise, 42*, 2046-2055.

Psilander, N., Frank, P., Flockhart, M. & Sahlin, K. (2013). Exercise with low glycogen increases PGC-1alpha gene expression in human skeletal muscle. *European journal of applied physiology, 113*, 951-963.

Thomas, D. T., Erdman, K. A. & Burke, L. M. (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine:Nutrition and Athletic Performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics, 116* (3), 501-528.

Yeo, W. K., McGee, S. L., Carey, A. L., Paton, C. D., Garnham, A. P., Hargreaves, M. & Hawley, J. A. (2010). Acute signalling responses to intense endurance training commenced with low or normal muscle glycogen. *Experimental physiology, 95*, 351-358.

Yeo, W. K., Paton, C. D., Garnham, A. P., Burke, L. M., Carey, A. L. & Hawley, J. A. (2008). Skeletal muscle adaptation and performance responses to once a day versus twice every second day endurance training regimens. *Journal of applied physiology, 105*, 1462-1470.

Schnelligkeitsorientiertes Sprungtraining im Nachwuchsleistungssport

(AZ 070702/16)

Uwe Wenzel, Christine Janke, Caroline Schempp, Joshua Deckert & Maren Witt (Projektleitung)
Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, Abteilung Biomechanik

1 Problemstellung

Spitzenleistungen in den leichtathletischen Sprungdisziplinen sind gekennzeichnet durch hohe Anforderungen im Bereich der azyklischen reaktiven Schnelligkeitsleistungen. So sind z. B. beim Weitsprung im Anlauf hohe Sprintgeschwindigkeiten (> 10 m/s für Männer; Killing et al., 2008) mit kurzen Stützzeiten (< 85 ms; Strüder, Jonath, & Scholz, 2013) und im Absprung geringe Geschwindigkeitsverluste (1,3 – 1,7; 1,15 – 1,57 m/s für Männer resp. Frauen; Mendoza, Nixdorf, & Isele, 2009) bei kurzen Stützzeiten (110 bis 130 ms) zu realisieren. Im Dreisprung wird ein Gesamtverlust in der Geschwindigkeit von maximal 2,5 bis 3,8 m/s gefordert. Die optimalen Bodenkontaktzeiten liegen für den Hop zwischen 100 bis 130 ms, für den Step zwischen 120 bis 170 ms und für den Jump zwischen 120 bis 190 ms (Kiss, 2014).

Im Übergang vom Nachwuchs- zum Hochleistungstraining werden in der Disziplingruppe Sprung der Leichtathletik bei einer Vielzahl von Sportlerinnen und Sportlern relevante Defizite bei den azyklischen reaktiven Schnelligkeitsleistungen deutlich. Diese erschweren bzw. verhindern u. a. die kontinuierliche Leistungsentwicklung bis zum Hochleistungsalter.

Die Defizite zeigen sich vor allem in der unzureichenden Qualität und/oder Spezifik der realisierten Sprungformen, der Stabilisierung einer von der Zieltechnik abweichenden individuellen Bewegungsausführung bzw. Bewegungsvorstellung und einem daraus resultierenden erhöhten Verletzungsrisiko.

Ziel des Projekts war es, das Training im leichtathletischen Sprungbereich verstärkt schnelligkeitsorientiert auszurichten und somit die Qualität und Spezifik im Nachwuchstraining zu erhöhen. Es sollten methodische Lösungen erarbeitet und evaluiert werden, wie talentierte Nachwuchsathleten bzw. -athletinnen systematisch an einbeinige Absprünge unter den perspektivischen Anforderungen herangeführt und somit der Übergang vom Landes- zum Bundeskader nachhaltig unterstützt werden kann.

2 Untersuchungsmethode

Es wurde eine 16-wöchige Interventionsstudie im 1. Makrozyklus des Trainingsjahres 2016/17 mit der Trainingsgruppe U16 am Landesstützpunkt Leichtathletik in Chemnitz durchgeführt. Alle Studienteilnehmer aus der Kontrollgruppe (KG, N = 11) und Interventionsgruppe (IG, N = 11) absolvierten das reguläre Leichtathletiktraining, welches aus 5-9 Trainingseinheiten pro Woche bestand. Für die IG wurden pro Woche 1-2 dieser Einheiten für spezifische schnelligkeitsorientierte Inhalte mit Orientierung auf Schnelligkeit, Reaktivkraftentwicklung und die technische Ausführung der Trainingselemente genutzt.

Die Sportler absolvierten zu jedem Testtermin (Prä-/Post- und 3 Zwischentests) Mehrfachsprünge (5er Sprunglauf), 60-m-Sprinttests (10-m-Teilzeiten) sowie Sprungkraft (Drop Jump, Counter-Movement-Jump) und Tappingtests. Außerdem wurden anthropometrische Daten erhoben. Das Testprogramm entspricht damit in großen Teilen den Inhalten und Standards des DLV-Talenttest (Wulff et al., 2017).

Die Datenerfassung beim 5er-Sprunglauf erfolgte mit Hilfe des Bewegungsanalysesystems von SIMI-Motion (Körperwinkel und Winkelgeschwindigkeiten) und Optojump (Stützzeiten, horizontale Geschwindigkeit und Geschwindigkeitsverlust).

Die Dokumentation der Trainingsdaten der zwischen IG und KG differierenden Trainingseinheiten erfolgte nach einem angepassten Verfahren, welches auf dem DLV-Standard für Springer (Killing et al., 2008) beruhte.

Die Datenauswertung erfolgte mittels der Statistik-Software IBM SPSS Statistics 23. Die deskriptive Statistik umfasste Mittelwerte und STABW für die Gesamtgruppe, sowie für die IG und KG. Für die absoluten und relativen Differenzen der Parameter wurde die Normalverteilung geprüft (Shapiro-Wilk-Test). Als inferenzstatistisches Verfahren kam die zweifaktorielle Varianzanalyse mit den Faktoren Gruppe und Zeit zum Einsatz. Als Maß für die Effektstärke wurde für beide Gruppen Cohens d bestimmt. Zum Ausschluss der Effekte der Mehrfachtestung erfolgte eine Bonferroni-Korrektur. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0.05$ festgelegt. Die Einordnung der Ergebnisse erfolgte auf Basis des smallest worthwile change (SWC) nach Buchheit (2017).

3 Ergebnisse

Es gab keine Unterschiede in der Gesamttrainingszeit während der Interventionseinheiten beider Gruppen. Die KG trainierte insgesamt ca. 4 Stunden mehr als die IG. Dabei realisierte die KG eine höhere Wiederholungszahl der Einzelübungen (Differenz ca. 2700) und einen höheren Umfang an Laufbelastungen (Differenz ca. 2,4 km). Die IG nutzte vorrangig schnelligkeitsorientierte Trainingsübungen bzw. Ausführungsvarianten. Als methodische Elemente wurden Entlastung, sowie Kontraste eingesetzt. Das Training außerhalb der spezifischen, schnelligkeitsorientierten Interventionseinheiten war identisch. Eine detaillierte Trainingsanalyse findet sich in der Masterarbeit von Deckert (2017). Eine Übersicht zur Entwicklung der Testdaten von IG und KG im Vergleich Prä-Post-Test gibt Abb. 1.

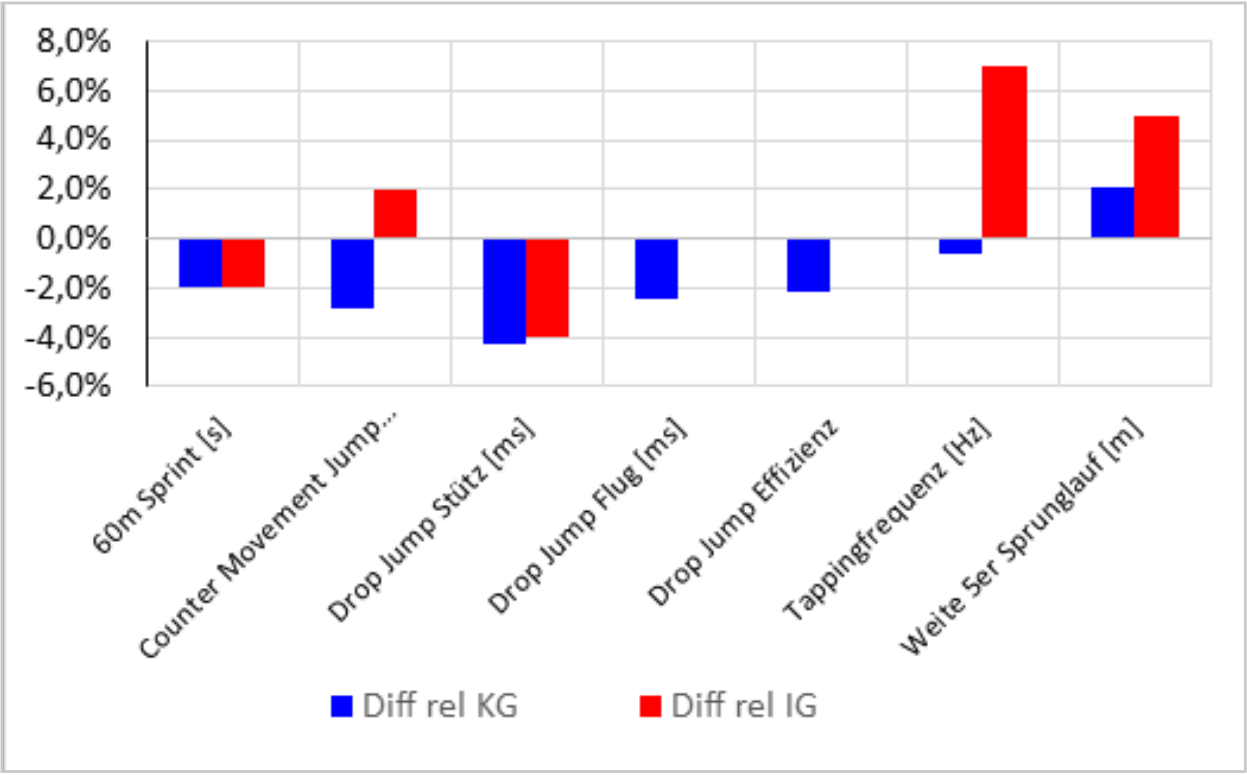


Abb. 1: Relative Veränderungen einzelner Testergebnisse im prä-post-Vergleich

Die zweifaktorielle Varianzanalyse zeigte für den 5er-Sprunglauf einen signifikanten Gruppen- und Zeiteffekt und für die 60-m-Sprintzeit einen signifikanten Zeiteffekt. Der Post-hoc-Test ergab für die Gesamtgruppe signifikante Gruppenunterschiede im prä-post-Vergleich ($p = .001$), jedoch keine signifikanten Gruppenunterschiede zum Abschlusstest ($p = .291$). Für die Veränderung der Tappingfrequenz zeigte sich ein großer ($d = 0{,}91$) und für die Veränderung des 5er-Sprunglaufs ein mittlerer Effekt ($d = 0{,}62$). Die Bewertung der Veränderungen mit dem SWC ergab für einzelne Sportler bedeutsame Veränderungen. Diese gehörten sowohl der IG als auch der KG an.

Die Leistungsentwicklung innerhalb des Interventionszeitraums zeigte eine mehr oder weniger starke Dynamik. Testübergreifend entwickelten sich die Leistungen zu Beginn des Trainings sehr positiv bis zum dritten Test. Danach folgte ein mehr oder weniger deutlicher Einbruch zum vierten Testzeitpunkt mit Erholung zum Posttest. Beispielhaft zeigt dies die Abb. 2 für den 5er-Sprunglauf.

Es ergaben sich trotz Erhöhung der Anlaufgeschwindigkeit keine signifikanten Veränderungen in den kinematischen Parametern des 5er-Sprunglaufs. Der relative Geschwindigkeitsverlust, als Ausdruck eines geschwindigkeitsorientierten Sprungverhaltens, blieb nur in der IG konstant (0,26 bzw. 0,27 m/s), in der KG vergrößerte sich dieser (0,26 bzw. 0,32 m/s). Aus statistischer Sicht kann lediglich von einer Tendenz gesprochen werden, die jedoch aus praktischer Sicht eine hohe Relevanz hätte. Der Parameter der Beinsteifigkeit (nach Blum, Lipfert & Seyfahrt, 2009) zeigte nur in der IG eine positive Tendenz ($d_{ppc2} = 0{,}83$; Carlsen & Smith, 1999; Morris & Scott, 2008). Als Einflussgröße auf die Beinsteifigkeit konnte neben der Stützzeit und dem Beinaufsatzwinkel auch die Winkeländerung im Kniegelenk bestätigt werden.

4 Zusammenfassung

Insgesamt konnten, wie erwartet, in der Gesamtgruppe Trainingseffekte nachgewiesen werden. „Responder“ und „Nonresponder“ verteilten sich über beide Gruppen. Es konnte gezeigt werden, dass ein praxisrelevanter Vorteil in der IG bezogen auf die Leistungen im 5er-Sprunglauf und im Tapping erreicht wurde. Von besonde-

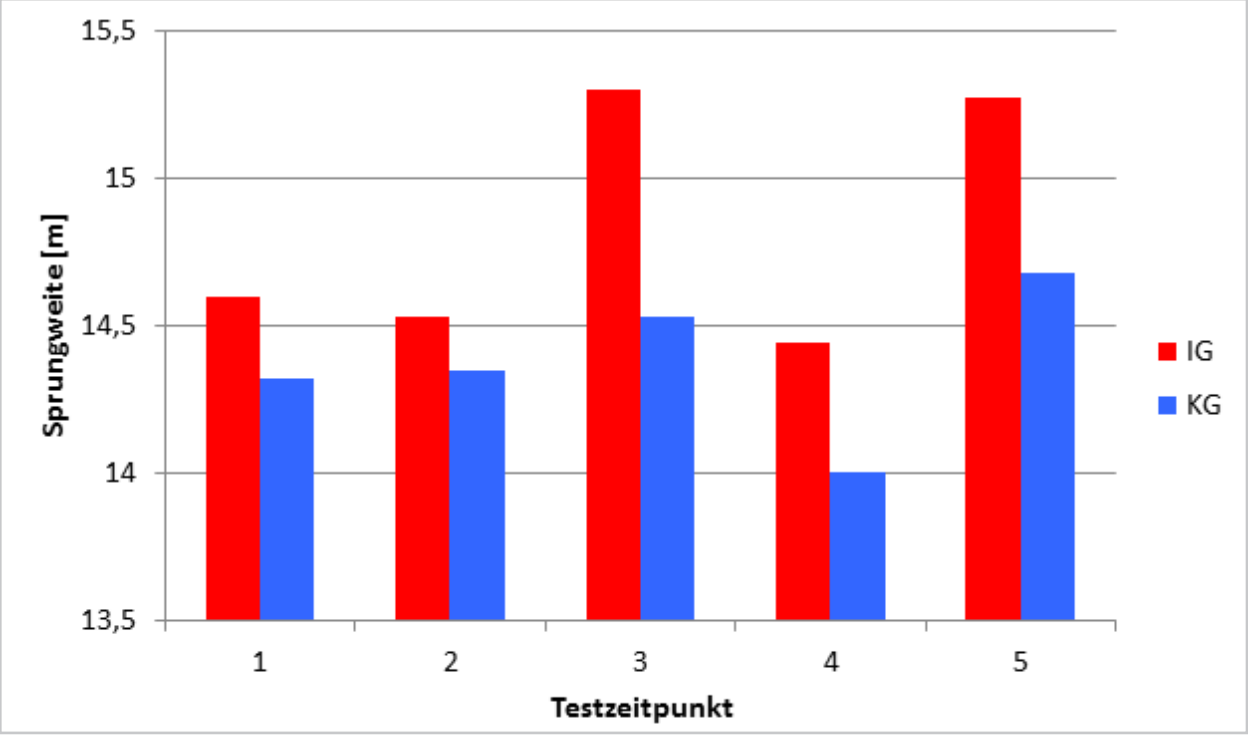


Abb. 2: Leistungsentwicklung der Sprungweite 5er SPL im Interventionsverlauf für Kontroll- und Interventionsgruppe

rer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang die Geschwindigkeitsorientierung in der Bewegungsausführung der IG.

Es konnte weiterhin gezeigt werden, dass der Parameter der Beinsteifigkeit auch im Nachwuchstraining als bedeutsamer leistungsdiagnostischer Parameter für Sprungläufe genutzt werden kann. Dies bestätigt Untersuchungen von Bret, et al., (2002); Chelly & Denis (2001) und Laffaye, Bardy, & Durey (2005).

In den Tests der elementaren azyklischen Schnelligkeit finden sich hingegen keine Veränderungen. Insbesondere die Stützzeiten stagnieren auf niedrigem Niveau. Zusammen mit dem Leistungsabfall im vierten Test liegt die Vermutung nahe, dass die Gesamtbelastung für die Mehrzahl der Athleten insbesondere nach dem 3. Test zu hoch war. Sie zeigten auffällige Ermüdungserscheinungen und Defizite in der Bewegungsqualität. Als Ursache kommen neben der Trainingsbelastung, Anforderungen in der Schule und im familiären Umfeld in Betracht. Der individuellen Belastungs- und Beanspruchungssituation muss zukünftig eindeutig stärker Rechnung getragen werden. Erste Versuche, im Rahmen der Intervention die Belastung/Beanspruchung zu erfassen, scheiterten an einem fehlenden, altersgerechten Inventar.

Trotzdem eröffnet die vorliegende Studie eine Möglichkeit, schnelligkeitsorientiertes Sprungtraining im Grundlagen- und Aufbautraining der Leichtathletik einzusetzen. Die Effektstärken einiger untersuchter Parameter deuten darauf hin, dass der trainingsmethodische Einfluss praxisbedeutsam ist. Die Ergebnisse legen nahe, ein akzentuiertes Schnelligkeitstraining verstärkt mit der individuellen Gesamtbeanspruchung im Trainingsprozess abzustimmen. Andernfalls scheinen schnellkraft- und schnelligkeitsbezogene Leistungen im Nachwuchstraining oftmals nicht weiterentwickelt werden zu können bzw. sogar abzufallen.

Im Rahmen der Studie wurde ein Trainerhandmaterial zum schnelligkeitsorientierten Training von Mehrfachsprüngen erarbeitet, welches die methodische Umsetzung in der täglichen Trainingsroutine wirksam unterstützt.

5 Literatur

Blum Y., Lipfert S.W. & Seyfarth A. (2009). *Effective leg stiffness in running. Journal of biomechanics, 42* (14), 2400-2405.

Bret, C., Rahmani, A., Dufour, A. B., Messonnier, L., & Lacour, J. R. (2002). Leg strength and stiffness as ability factors in 100 m sprint running. *Journal of sports medicine and physical fitness, 42* (3), 274-281.

Buchheit, M. (2017). Want to see my report coach? Aspetar. *Sports medicine journal, 6*, 36-43.

Carlson, K. D. & Schmidt, F. L. (1999). Impact of experimental design on effect size: Findings from the re-search literature on training. *Journal of applied psychology, 84*, 851-862.

Chelly, S. M., & Denis, C. (2001). Leg power and hopping stiffness: relationship with sprint running performance. *Medicine and science in sports and exercise, 33* (2), 326-333.

Deckert, J. (2017). *Sprungtraining im Nachwuchsleistungssport. Ein schnelligkeitsorientierter Interventionsansatz*. Masterarbeit, Technische Universität Chemnitz.

Killing, W., Bartschat, E., Czingon, H., Knapp, U., Kurschilgen, B., & Schlottke, K. (2008). *Jugendleichtathletik. Rahmentrainingsplan des Deutschen Leichtathletik-Verbandes für die Sprungdisziplinen im Aufbautraining*. Münster: Philippka Sportverlag.

Laffaye, G., Bardy, B. G., & Durey, A. (2005). Leg stiffness and expertise in men jumping. *Medicine and science in sports and exercise, 37* (4), 536-543.

Mendoza, L., Nixdorf, E., & Isele, R. (2009). *Biomechanische Leistungsdiagnostik Weitsprung zur DHM Leipzig*. Unveröffentlichte Arbeit.

Morris, C. & Scott, B. (2008) Estimating Effect Sizes From Pretest-Posttest-Control Group Designs. *Organisational research methods, 11*, 364-386.

Kiss, T. (2014). Geschwindigkeitsorientierter Dreisprung. In *Wissenschaftliches Trainerseminar des LVS*; 05.11.2014 Leipzig.

Laffaye, G., Bardy, B. G., & Durey, A. (2005). Leg stiffness and expertise in men jumping. *Medicine and science in sports and exercise, 37* (4), 536-543.

Strüder, H. K., Jonath, U., & Scholz, K. (2013). *Leichtathletik. Trainings- und Bewegungswissenschaft – Theorie und Praxis aller Disziplinen*. (1. Auflage ed.) Köln: Sportverlag Strauß.

Wulff, J., Dreißigacker, T., Wenzel, U., Peter, J. (2017). *Manual DLV-Talenttest für Sprint, Sprung, Mehrkampf, Lauf/Gehen und Wurf/Stoß*. Unveröffentlichte Arbeit.

Training der geteilten Aufmerksamkeit im (Beach)-Volleyball: Durch perzeptuell-kognitive Expertise zum Erfolg

(AZ 070703/16-17)

Marie-Therese Fleddermann[1], Karen Zentgraf[1] (Projektleitung), Christian Wolf[2] & Ralph Bergmann[2]

[1] Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Sportwissenschaft
[2]Bundesstützpunkt Münster

1 Problem

Im Sportspiel spielen visuelle Aufmerksamkeitsleistungen (z. B. das visuelle Scannen des Handlungsraums zur Erkennung von Entscheidungshinweisen) eine spieltaktisch dominierende Rolle (Zentgraf & Munzert, 2014) Insbesondere dem peripheren Sehen wird dabei eine hohe Bedeutung zugesprochen (Voigt, 1992). An Block- und Abwehrspieler im (Beach)Volleyball wird beispielsweise die Anforderung gestellt, nach der gegnerischen Annahme besonders die Zuspielenden und die potenziell Angreifenden zu attendieren, da diese die informationsreichsten Cues für die optimale Vorbereitung der Folgehandlung (Abwehr- oder Blockort) liefern. Häufig werden von Trainerinnen bzw. Trainern Blickstrategien instruiert, die u. a. erfordern, relevante Reize peripher wahrzunehmen. Athletinnen bzw. Athleten sollen in der Vorbereitungsphase auf die Block- oder Abwehraktion möglichst mit ruhigem Kopf und wenigen/keinen gezielten, proaktiven Blicksprüngen agieren und es vermeiden, den Ball mit einer glatten Augenfolgebewegung bis zum Angreifenden zu verfolgen bzw. multiple Blicksprünge zwischen Zuspiel und Angriff vorzunehmen (für eine frühe Studie zum Verhalten von Mittelblockern: Gasse, 1995). Vor dem Hintergrund der zunehmenden Dynamisierung des Volleyballsports im Spitzenbereich liegt in dieser Phase des Spiels eine hohe funktionale Bedeutung für die Spielleistung:

- Werden bestimmte Reize zu spät oder gar nicht erkannt, wird die motorische Antwort ebenso zu spät initiiert, und die Abwehrchance reduziert sich auf hohem Spielniveau deutlich.
- Werden nur selektive Reize mit einer bestimmten motorischen Antwort (z. B. die Blockhandlung nach rechts) verknüpft, reduziert dies die Abwehrchancen.

Derzeit sind systematische Trainingsinterventionen, die spielleistungskonstituierende perzeptuell-kognitive Komponenten adressieren, sowohl in der Sportpraxis als auch in der wissenschaftlichen Bearbeitung noch rar (Starkes & Anderson, 2003). Zentgraf, Heppe und Fleddermann (2017) analysierten in einem systematischen Review die Effektivität von off-court perzeptiv-kognitiven Trainingsinterventionen in interaktiven Sportarten. Neben aufgabenspezifischen Interventionseffekten wurde dabei vor allem auch der Transfer analysiert, der von den Autoren in „nah“ (z. B. ähnliche Aufmerksamkeitsleistung), „mittel“ (z. B. sensomotorische sportliche Fähigkeit) und „weit“ (z. B. spielnahe Situationen, Wettkampfleistungen) klassifiziert wurde. Die Ergebnisse des Reviews zeigten, dass off-court perzeptiv-kognitive Interventionen zu Leistungsverbesserungen führen können, jedoch Transferleistungen selten und unzureichend untersucht wurden.

Ausgehend von der Annahme, dass nicht nur motorische Leistungen, sondern auch im Spielkontext leistungsrelevante visuelle Aufmerksamkeitsleistungen trainier- und veränderbar sind, war Ziel der Untersuchung ein mehrwö-

chiges off-court Aufmerksamkeitstraining bei Nachwuchsspielern bzw. -spielerinnen am Bundesstützpunkt Volleyball durchzuführen und zu untersuchen

- inwiefern sich bei Nachwuchsathletinnen und -athleten sportspielbezogen relevante, perzeptuell-kognitive Leistungen in geteilten Aufmerksamkeitsaufgaben durch Aufmerksamkeitstraining verändern lassen und
- inwiefern sich diese Aufmerksamkeitsleistungen auf sportspielspezifische Wahrnehmungs-Handlungssituation auswirken.

2 Methode

2.1 Versuchspersonen und Ablauf

Insgesamt absolvierten 20 (Beach-)Volleyball Nachwuchsathletinnen und -athleten zwischen 14 und 20 Jahren in einem prä-post Interventionsdesign ein geteiltes Aufmerksamkeitstraining im Rahmen eines individuellen Test- und Interventionszyklus (Abb. 1). Zusätzlich zur Interventionsgruppe wurde außerdem eine Kontrollgruppe (N = 19) aus dem (inter)nationalen Topbereich (1.-3.Liga) in zwei Messzeitpunkten getestet.

Nach dem ersten Testzyklus (Prä 1 und Prä 2 Messung) trainierten die Teilnehmenden über einen Zeitraum von acht Wochen mit je zwei 30-minütigen Interventionen pro Woche mit dem Neurotracker©CORE Programm. Hierbei handelt es sich um ein kommerzielles Äquivalent des 3D-multiplen-Objekttrackings (Faubert, 2013). Die Trainierenden stehen mit einer 3D Brille in einem Sehwinkel von 46 Grad vor einem 3D-kompatiblen Monitor. In einer ersten Phase werden acht Bälle präsentiert; direkt im Anschluss werden vier dieser acht Bälle für eine Sekunde farblich markiert und nehmen dann die ursprüngliche Farbe wieder an. In der nächsten Phase beginnen die Bälle sich in einer definierten Geschwindigkeit im 3D-Raum für acht Sekunden zu bewegen. Die Aufgabe der Trainierenden besteht darin, die vier initial farblich markierten Bälle zu verfolgen, um sie dann – wenn sie zum Stillstand kommen und mit einer Nummer versehen werden – per verbaler Antwort anzugeben. Es folgt eine Feedbackphase (die korrekten Bälle werden farblich markiert),

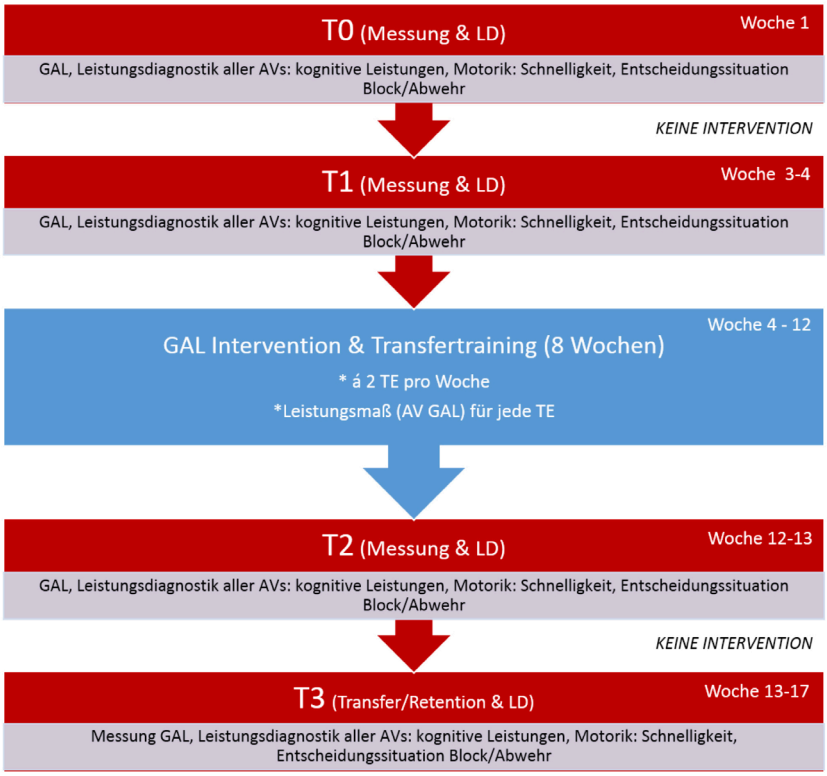


Abb. 1: Arbeits- und Zeitplan sowie Design der Studie.

und der nächste Trial beginnt. Die Trainierenden sollen dabei den Blick zentriert halten und die Bälle peripher verfolgen. Relevant ist, dass die Geschwindigkeit der Bälle in Abhängigkeit der Antwortrichtigkeit von Trial zu Trial angepasst wird. Wenn die Antworten vollständig korrekt sind, steigt im nächsten Trial die Geschwindigkeit, mit der sich die Bälle durch den 3D-Raum bewegen. Wenn die Antworten partiell oder vollständig falsch sind, wird die Geschwindigkeit der Bälle reduziert und die Aufgabe damit einfacher. Dieses Verfahren dient der Berechnung einer sessionspezifischen Geschwindigkeitsschwelle (Staircase-Verfahren, siehe Faubert, 2013), die dann als Leistungsmaß angeben wird. Auch wird die Geschwindigkeit, mit der eine neue Session beginnt, an die vorherige Session-Leistung angepasst. Insgesamt ergibt sich daraus ein hoch adaptives und individualisiertes Verfahren innerhalb der Sessions und über die Sessions hinweg.

Ergänzend zum Aufmerksamkeitstraining und um den Transfer der veränderten geteilten Aufmerksamkeitsleistung in eine konkrete volleyballspezifische Spielsituation zu schaffen, absolvierten die Athletinnen in der Interventionsphase ein ballbezogenes Transfertraining. Dies war in das übliche Balltraining integriert und stellte vor allem Anforderungen an das Wahrnehmen von Objekten und Spielerinnen in spieltypischen Situationen im peripheren Gesichtsfeld, das Detektieren von Bewegungen von Mitspielerinnen und die situationsangemessene Kopplung mit block-/abwehrspezifischen Bewegungen.

Nach Beendigung der achtwöchigen Intervention führten die Teilnehmenden in einem zweiten Testzyklus eine Post-Messung (T2, einen Tag nach Interventionsende) und eine Retention-Messung (T3, 2-3 Wochen nach Ende der Intervention) durch. Die in den Testzyklen gemessenen Variablen werden im Folgenden näher erläutert.

2.2 Variablen

Im Testzyklus wurden zu vier Messzeitpunkten (Prä 1, Prä 2, Post, Retention) folgende abhängige Variablen erfasst:

1. Geteilte Aufmerksamkeitsleistung (GAL): Individuelle Geschwindigkeitsschwellen über das Programm Neurotracker©CORE wurden für jede Session für jeden Athleten bzw. jede Athletin eruiert. Damit steht für jede Session Leistungsmaß zur Verfügung, die im Längsschnitt als Lernindikator verwendet werden kann.
2. Leistungsverhalten in laborbezogener Blockentscheidungssituation (Fleddermann & Zentgraf, 2017, under review): Die Athletinnen und Athleten absolvierten in einem Laborsetting (Abb. 2) Blocksprünge mit Vorbewegung unter unterschiedlichen (perzeptuell-kognitiven) Anforderungen:
   a) Selbst eingeleitete isolierte maximale Blocksprünge mit Vorbewegung nach links und rechts ohne eine zusätzliche perzeptuell-kognitiven Aufgabe (Single-Task).
   b) Selbst eingeleitete maximale Blocksprünge mit Vorbewegung nach links und rechts in Abhängigkeit einer perzeptuellen Anforderung. Mithilfe eines Rückprojektors wurde ein Standbild einer Angreiferin im Moment eines Angriffs auf eine Großbildleinwand projiziert. Aufgabe der Athletinnen und Athleten war es, eine maximale Blockbewegung genau vor der Angreiferin durchzuführen (Dual-Task Foto).
   c) Maximal durchgeführte Blocksprünge nach links und rechts in Abhängigkeit volleyballspezifischer Videos, welche via Rückprojektor auf eine Großleinwand projiziert wurden. Das Video zeigte eine Angriffsszene (Annahme, Zuspiel, Angriff entweder über die Diagonal oder Außen-Position) aus Sicht eines Mittelblockers. Die Teilnehmenden hatten die Aufgabe die Angriffsszene peripher wahrzunehmen und eine maximale Blockbewegung vor der jeweiligen Angreiferin durchzuführen (Dual-Task Video).

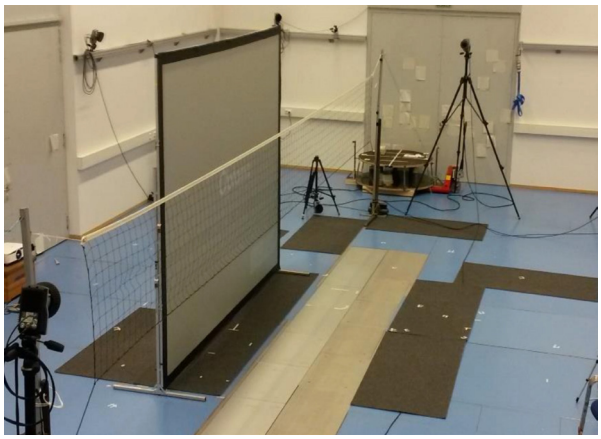


Abb. 2: Laborsetting der Block-Entscheidungssituation

In diesem Setting wurden mithilfe von Kraftmessplatten und Infrarot-Kameras u. a. Sprunghöhen, Bewegungszeiten und Blockschrittlängen berechnet.

Ergänzend zu den abhängigen Variablen wurden außerdem noch folgende Leistungsparameter im prä-post Design erfasst:

a) **Psychometrische Tests**: Gemessen wurden zusätzliche kognitive Leistungsparameter in Form von visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnis, Aufmerksamkeit- und Konzentrationsleistung sowie kognitive Leistungsgeschwindigkeit.

b) **Motorische Tests**: Zudem wurden, um die AVs der Blocksituation mit weiteren schnelligkeitsbezogenen Parametern abzugleichen und zu erklären, alle Spielerinnen und Spieler alle sechs Wochen einem Linearsprinttest (5 m, 10 m, 20 m), einem Agilitytest, einem Tappingtest im Stehen und isolierten Sprungleistungen (Counter-Movement Jump, Drop Jump, Angriffssprung, Blocksprung) unterzogen.

3 Ergebnisse

Insgesamt absolvierten 20 Athletinnen und Athleten die Test- und Interventionszyklen. Im Folgenden werden erste ausgewählte Ergebnisse nur der Interventionsgruppe dargestellt. Die Kontrollgruppe absolvierte zwei Messzeitpunkte; sie wird in der folgenden Ergebnisdarstellung nicht berücksichtigt.

3.1 Individuelle Verläufe der geteilten Aufmerksamkeitsleistung (N = 20)

Die geteilte Aufmerksamkeitsleistung wurde für jede Test- und Trainingssession in Form von Geschwindigkeitsschwellen für jeden Athleten und jede Athletin individuell bestimmt (Abb.3). Die Ergebnisse der Varianzanalyse zeigten einen signifikanten Unterschied $F(3,57) = 150{,}32$; $p < .001$; $eta^2 = .88$ in den vier Messzeitpunkten (Prä1, Prä2, Post, Retention) (Abb. 4).

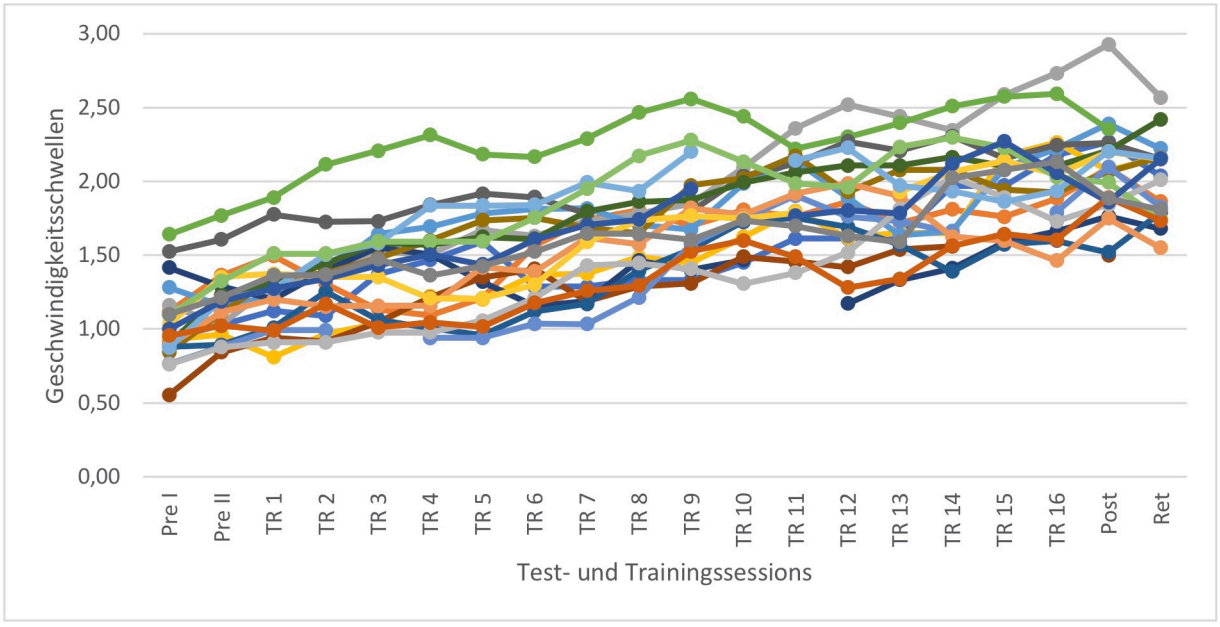


Abb. 3: Individuelle Geschwindigkeitsschwellen über alle Test (PräI, Prä II, Post, Retention)- und Trainingssessionen (TR1-TR16) der teilnehmenden Athletinnen und Athleten.

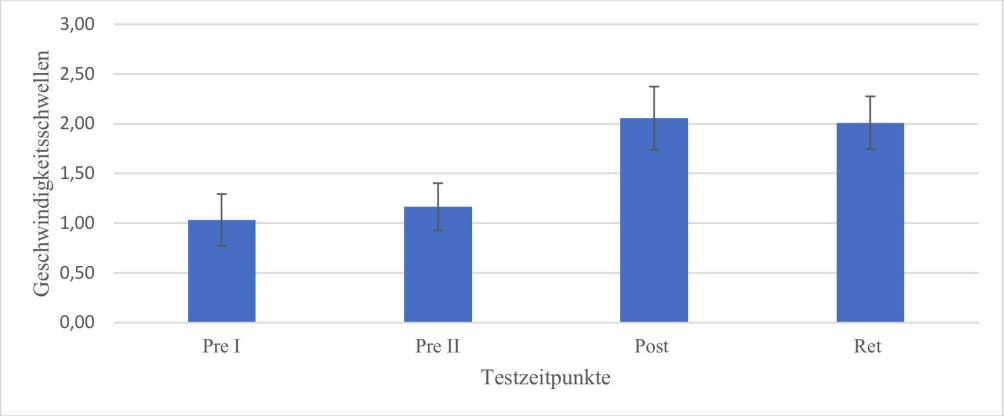


Abb. 4: Gemittelte Geschwindigkeitsschwellen (N = 20) über vier Messzeitpunkte. Post-hoc Analysen zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen Prä1 zu Prä 2 (p = .007), zu Post (p < .001), zu Retention (p < .001) und zwischen Prä 2 zu Post (p < .001) und Retention (p < .001).

3.2 Erste Ergebnisse des Leistungsverhaltens in der laborbezogenen Blockentscheidungssituation (N = 10) über vier Messzeitpunkte

Insgesamt liegen momentan zehn (von 20) komplett ausgewertete Datensätze über vier Messzeitpunkte für die laborbezogene Blockentscheidungssituation vor. Abb. 5 zeigt Veränderungen über die vier Messzeitpunkte in den drei Bedingungen: Single-Task (isolierter Blocksprung), Dual-Task Foto (Blocksprung in Abhängigkeit eines Fotos) und Dual-Task Video (Blocksprung in Abhängigkeit eines Videos). Erste Ergebnisse zeigen geringere Sprunghöhen bei Zuschaltung einer zusätzlichem perzeptuell(-kognitiven) Aufgabe. Dies konnte sowohl für Prä 1 (Single-Task 46.3 cm; Dual-Task Foto 45.1 cm und Dual-Task Video 44.4 cm) und Prä 2 gezeigt werden (Single Task 45.3 cm; Dual-Task Foto 44.4 cm und Dual-Task Video 43.4 cm). Im Post-Test weisen die Athletinnen und Athleten durchschnittlich Sprunghöhen von 45.3 cm in der Single-Task-Bedingung, 44.5 cm in der Dual-Task Foto Bedingung und 44.3 cm in der Dual-Task Video Bedingung auf. In der Retention-Messung liegen die Sprunghöhen bei 46.8 cm (Single-Task), 46.5 cm (Dual-Task Foto) und 45.9 cm (Dual-Task Video).

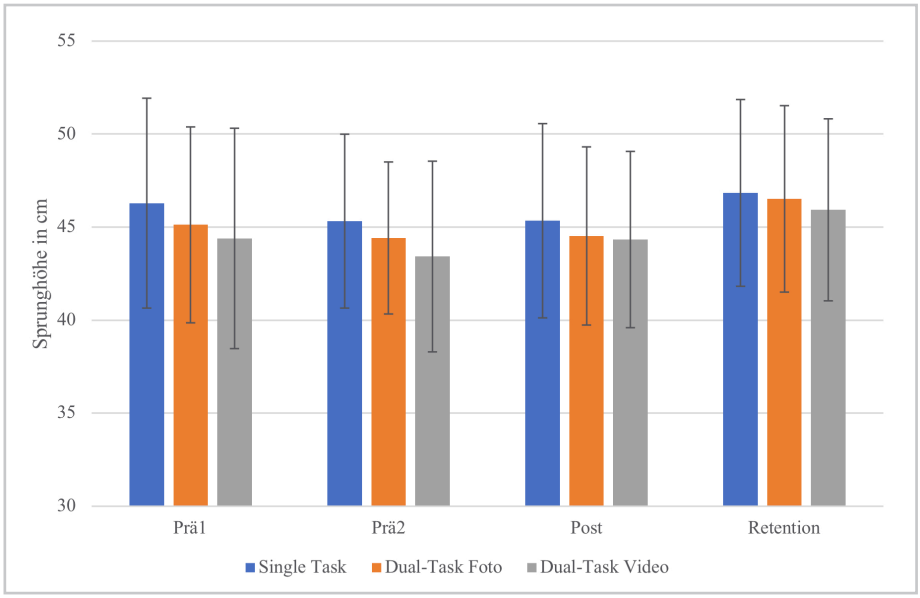


Abb. 5: Gemittelte Sprunghöhen in den drei Bedingungen Single-Task, Dual-Task Foto und Dual-Task Video über die vier Messzeitpunkte.

4 Diskussion

Das Ziel des Projekts war die Bearbeitung der Frage, ob und in welcher Breite sich sportspielbezogen relevante perzeptuell-kognitive Leistungen in geteilten Aufmerksamkeitsaufgaben durch Aufmerksamkeitstraining verändern lassen. Dafür wurde ein mehrwöchiges Aufmerksamkeitstraining bei Nachwuchsathleten und -athletinnen am Bundesstützpunkt Volleyball Münster durchgeführt.

Obwohl im Sportspiel Volleyball der perzeptuell-kognitiven Leistungsfähigkeit eine hohe Bedeutung beigemessen wird, wird entweder häufig davon ausgegangen, dass Spielerinnen und Spieler diese Fähigkeiten genetisch determiniert besitzen sollten bzw. dass entsprechende Skills nicht isoliert trainierbar seien oder beiläufig im Balltraining mittrainiert werden. Aus diesen Gründen werden sie häufig gegenüber konditionellen und technischen Fähigkeiten vernachlässigt. Im Hinblick auf den Spitzensport können jedoch perzeptuell-kognitive Leistungen einen ausschlaggebenden Einfluss auf die sportliche Leistungsfähigkeit haben.

Die Ergebnisse der achtwöchigen Intervention zeigen, dass sich perzeptuell-kognitive Leistungen in geteilten Aufmerksamkeitsleistungen verbessern lassen. Die gemittelten Geschwindigkeitsschwellen der Athletinnen und Athleten verbesserten sich im Neurotracker©CORE Programm von 1.01 (Prä 1) bzw. 1.13 (Prä 2) auf 2.05 bzw. 2.01 in den Post- bzw. Retention-Messungen. Auch Faubert (2013) zeigte in einer mehrwöchigen Interventionsphase Leistungsverbesserungen, in besonderem Ausmaß bei professionellen Sportspielern.

Inwiefern sich diese Verbesserungen auf die sportspielspezifische Wahrnehmungs- Handlungssituation auswirken, kann zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht eindeutig berichtet werden. Erste Ergebnisse weisen jedoch darauf hin, dass durch eine off-court Intervention kognitive-motorische Leistungseinbußen in Spielsituationen minimiert werden können.

5 Literatur

Faubert, J. (2013). Professional athletes have extraordinary skills for rapidly learning complex and neutral dynamic visual scenes. *Scientific reports, 3*, 1154.

Fleddermann, M. T. & Zentgraf, K. (2018). *Tapping the full potential? Jumping performance of volleyball athletes in game-like situations*. (under review)

Gasse, M. (1995). *Ermüdung im Volleyball: Zum Wahrnehmungs- und Entscheidungsverhalten des Mittelblockers unter physischer Belastung*. 1. Auflage. Sportwissenschaft und Sportpraxis. Bd. 101. Hamburg: Czwalina.

Starkes, J., & Anderson, K. (2003). Developing and retaining sport expertise. In J. Starkes & K. Anderson (Eds.), *Expert performance in sports: Advances in research on sport expertise* (pp. 220–232). Champaign, IL: Human Kinetics.

Voigt, H.-F. (1992). Anmerkungen zur Ausbildung von Wahrnehmungsfähigkeiten in Block und Feldverteidigung. In: F. Dannenmann (Hrsg.), *Verteidigung im Volleyball, CEV Trainer Symposium Berlin 1991*, Frankfurt am Main: DVV, S.30-63

Voigt, H.-F. & Jendrusch, G. (1993). Zur Bedeutung von Wiedererkennungsleistungen im Volleyball. In H.-F. Voigt (Hrsg.), *Bewegungen lesen und antworten*. 1. Auflage (S. 88-129). Ahrensburg: Czwalina.

Williams, A. M., Davids, K. & Williams, J. G. (1999). *Visual perception and action in sport*. London: E&F.N. Spon.

Zentgraf, K. & Munzert, J. (2014). *Kognitives Training im Sport*. Hogrefe: Göttingen.

Zentgraf, K., Heppe, H. & Fleddermann, M. T. (2017). Training in interactive sports. A systematic review of practice and transfer effects of perceptual-cognitive training. *German journal of exercise and sport research, 47* (1), 2-14.

Geschichte der deutschen Sportmedizin seit 1945 – Genese einer medizinischen Disziplin zwischen Gesundheitsprävention und Leistungssport

(AZ 071201/15-17)

Michael Krüger (Projektleitung), Christian Becker, Stefan Nielsen & Lukas Rehmann
Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Institut für Sportwissenschaft,
Arbeitsbereich Sportpädagogik und Sportgeschichte

Der Schwerpunkt der Projektarbeit lag auf der Erforschung der Geschichte der Sportmedizin in Ost- und Westdeutschland nach 1945. Gleichwohl war es nötig, sich in einer ersten Projektphase mit der Frühgeschichte der deutschen Sportmedizin vor 1945 einschließlich ihrer Kontextualisierung im Rahmen der Entwicklung der Medizin, des Sports und ihrer gegenseitigen Bezüge sowie des Forschungsstandes auseinanderzusetzen. Wie sich gezeigt hat, griffen die Protagonisten einer Re-Institutionalisierung der Sportmedizin nach 1945 auf tradierte Positionen aus den Anfängen der Sportmedizin zurück. Zunächst standen die Bemühungen der organisierten Sportärzte im Mittelpunkt, das Fach Sportmedizin in der Medizin sowie die Arbeit von Sportärzten in gesellschaftspolitischer Hinsicht neu zu legitimieren. Die Entwicklung der Sportmedizin in beiden deutschen Staaten verlief zunächst, d. h. in den 1950er- und 1960er-Jahren, sowohl in gegenseitigem Austausch als auch parallel mit ähnlichen Schwerpunkten. Sowohl in der DDR als auch in der Bundesrepublik lagen diese nicht zuletzt aufgrund der gesundheitspolitischen Folgen des zurückliegenden Weltkrieges in der Rehabilitation sowie in der Prävention und Gesundheitsförderung durch Bewegung, Spiel und Sport.

In diesem Kontext der Bemühungen um eine spezifische sportmedizinische Expertise sind die zahlreichen Anstrengungen im Rahmen der sportmedizinischen Fort- und Weiterbildung zu sehen, die sich seit den 1970er-Jahren in Westdeutschland zur primären Aufgabenstellung des Sportärzteverbandes entwickelte. Die damit, beinahe zyklisch, einhergehenden Versuche, einen Facharzt für Sportmedizin zu etablieren, sind jedoch bislang gescheitert.

Neben der Prävention und Rehabilitation bildete der Aufbau eines Fachgebietes der Leistungsmedizin und der sportmedizinischen Forschung zum Zwecke der Unterstützung der Athletinnen und Athleten im Leistungs- und Hochleistungssport eine weitere Legitimationsgrundlage der westdeutschen Sportmedizin. Die Leistungsmedizin spielte insbesondere seit den 1970er-Jahren für Politik und Gesellschaft eine zunehmend wichtige Rolle, weil der Leistungs- und Spitzensport als relevant für die gesamtstaatliche Repräsentation der Bundesrepublik bei Weltmeisterschaften und Olympischen Spielen erachtet wurde.

Nach dem Mauerbau und mit Beginn des Kalten Krieges entwickelten sich die Systeme von Sport und Medizin in Ost und West auseinander. In der DDR wurde die Sportmedizin vom Staat ungleich intensiver gefördert als in der Bundesrepublik. Sportmedizin wurde ab 1963 als eigenständiges Fachgebiet mit einem Studium zum Facharzt für Sportmedizin anerkannt. Der Sportmedizinische Dienst der DDR sollte eine flächendeckende sportmedizinische Versorgung der Bevölkerung der DDR sicherstellen. Insbesondere die damit verbundene Entwicklung der Sportmedizin in der DDR als Element eines präventiv ausgerichteten Gesundheitswesens für die gesamte Bevölkerung wurde im Projekt untersucht, was bislang ein deutliches Forschungsdesiderat darstellte.

Ein abschließender Untersuchungsansatz galt der jüngeren Geschichte der deutschen Sport-

medizin nach der deutschen Wiedervereinigung und dem Zusammenschluss der Berufsverbände für Sportmedizin und Prävention in Ost und West.

Die methodischen Schwerpunkte der Forschungsarbeiten lassen sich wie folgt charakterisieren:

- Intensive Auseinandersetzung mit der nationalen und internationalen Fachliteratur zur Geschichte der Sportmedizin („State of the art“)
- Systematische Erforschung bislang wenig beachteter oder unerschlossener Quellen, insbesondere zeitgenössische fachwissenschaftliche Artikel in Fachzeitschriften, Berichte von Tagungen und Kongressen zur Sportmedizin, zeitgenössische Hefte und Broschüren zur Fort- und Weiterbildung von Sportärzten, archivalische Quellen aus verschiedenen Archiven mit dem Schwerpunkt auf dem Bundesarchiv, dem „Gedächtnis des deutschen Sports“ (DOSB-Archiv) und der Behörde des Bundesbeauftragten für die Stasi-Unterlagen (BSTU) sowie Akten des Bundesinstituts für Sportwissenschaft bzw. seiner Vorläuferorganisation (Kuratorium für sportmedizinische Forschung).
- Erstellung einer Datenbank der vom Kuratorium für sportmedizinische Forschung sowie dem Bundesinstitut für Sportwissenschaft geförderten sportmedizinischen Forschungsprojekte.
- Zeitzeugengespräche: Das in dem veröffentlichten Werkstattbericht (Krüger, 2016, s. o.) abgedruckte, interpretierte und kritisch kommentierte Zeitzeugengespräch mit den Professoren Hollmann und Clasing sowie Dr. Schnell stellt auch in methodischer Hinsicht eine Innovation dar. *Oral History* als Methode zeithistorischer Forschung wurde erfolgreich angewandt und im Kontext schriftlicher Quellen interpretiert. Darüber hinaus wurden weitere Zeitzeugengespräche mit ehemaligen Athleten, Ärzten und Experten aus dem Sport wie Eberhard Gienger, Arnd Krüger und Klaus Völker geführt. Im Rahmen einer Masterarbeit werden systematisch per Online-Befragung Hausärzte mit Zusatzqualifikation Sportmedizin zu ihrer Tätigkeit befragt.

1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Rahmen des Forschungsprojekts zur Geschichte der deutschen Sportmedizin wurden bisher unerschlossene Schrift- und Archivquellen unterschiedlichster Provenienz in umfassender Weise gesichtet und ausgewertet. Dies gilt in besonderem Maße für die Geschichte der Sportmedizin in der DDR. Ergänzend wurden ausgewählte Zeitzeugen in unterschiedlicher Intensität zu Einzelthemen systematisch befragt. Diese Zeitzeugeninterviews trugen dazu bei, die aus der Literatur und den Quellen rekonstruierten Sachverhalte differenziert und kritisch zu prüfen. Aufgrund der 30-jährigen Schutzfrist archivalischer Akten in staatlichen Archiven ist es jedoch nicht möglich, den Untersuchungszeitraum in allen Teilaspekten bis in die Gegenwart an Originalquellen lückenlos auszuschöpfen.

Insgesamt ergibt sich ein zwiespältiges und aus heutiger Sicht eher ernüchterndes Bild der deutschen Sportmedizin, gemessen an den Intentionen, die der Verband bei seiner Gründung 1950 verfolgte. Die Sportmedizin in der Bundesrepublik lässt sich im Unterschied zur DDR nicht als einheitliches medizinisches Fachgebiet beschreiben. Allerdings zeigte sich in der DDR eine erhebliche Kluft zwischen dem politischen ideologischen Auftrag und Anspruch an die Sportmedizin einerseits und der Realität sportmedizinischer Praxis andererseits. In der Bundesrepublik kann von einer eher instabilen sozialen Konstruktion im Spannungsfeld traditioneller Institutionen von Sport, Wissenschaft, Politik und Gesundheitswesen gesprochen werden. Der Sport als gesellschaftliches Phäno-

men der Moderne war und ist das wesentliche Movens der Genese der Sportmedizin.

Die Sportmedizin steht damit vor ähnlichen Problemen wie die Sportwissenschaft, zu deren Teildisziplinen u. a. die Sportmedizin zu zählen ist. Die seit Beginn bzw. mit Gründung des Deutschen Sportärztebundes 1912 in Oberhof anhaltenden Bemühungen, eine konsistente Identität der Sportmedizin zu erlangen sowie damit verbunden ihre politische und gesellschaftliche Legitimität zu stärken, waren nur in Ansätzen erfolgreich. Ein Erfolg in der jüngeren Vergangenheit war hier zumindest die Aufnahme sportmedizinischer Inhalte in die Approbationsordnung für Ärzte 2002.

Der Querschnittcharakter des Faches bedingt, dass es weder eine feste fachliche Zuordnung noch ein eindeutig identifizierbares, mit einem Alleinstellungsmerkmal verbundenes Berufsfeld gibt. Aussagen von Sportlern wie etwa Eberhard Gienger, der als Zeitzeuge interviewt wurde, zeigen, dass es für den Sportler offenbar von sekundärer Bedeutung ist, ob ein Mediziner die Zusatzqualifikation für Sportmedizin besitzt oder nicht. Aussagen von Sportmedizinern wie Dr. Schnell und Prof. Clasing (Krüger, 2016, S. 328 f.) sowie Quellenfunde in den Archiven hinsichtlich jahrzehntelanger und letztlich wenig erfolgreicher Bemühungen seitens der Sportmedizin zur Durchsetzung einer sportmedizinischen Untersuchung insbesondere der jugendlichen Vereinssportler unterstreichen, dass der organisierte Sport der Sportmedizin eher skeptisch gegenübersteht – dies nicht nur im Leistung- und Hochleistungssportbereich, sondern auch im Bereich des Freizeit- und Breitensports. Dem Sportarzt wird keine Expertise per se zuerkannt, die nicht auch von anderen Fachärzten zu erbringen wäre. Im Gegenteil dürfte ein verletzter oder in seiner Handlungsfähigkeit eingeschränkter Sportler eher einen Facharzt wie einen Orthopäden oder Chirurgen aufsuchen als einen Allgemeinmediziner mit einer Zusatzqualifikation Sportmedizin. Allerdings sind diese Zusatzqualifikationen durchaus relevant, um sowohl die Anamnese der Verletzung als auch die Therapie und Rehabilitation nach erfolgter Operation besser beurteilen zu können.

Der Querschnittscharakter des Fachs bedingt zudem, dass Themenfelder der Sportmedizin von vielen anderen medizinischen Fachgebieten in Teilen besetzt sind. Spezialisierte Fachgebiete wie die Arbeitsmedizin (seit 1965 Facharzt) oder die Hygiene- und Umweltmedizin (deren Vereinigung nennt sich „Gesellschaft für Hygiene, Umweltmedizin und Präventivmedizin“) decken in ihren definierten Aufgaben Kernbereiche der Sportmedizin ab. Eine zentrale Botschaft der Sportmedizin, dass Bewegung die beste Medizin und in Verbindung mit ausgewogener Ernährung und einer moderaten Lebensführung die effektivste Form der Gesundheitsvorsorge sei, ist inzwischen zum Allgemeingut mehr oder weniger aller medizinischer Fachdisziplinen geworden.

Die Sportmedizin kann in mindestens drei Bereiche sportmedizinischer Tätigkeit unterschieden werden. Ihre Vertreter verfolgen eher divergierende als gemeinsame Interessen: Erstens die wenigen Sportmediziner, die an Hochschulen tätig sind, zweitens die zahlenmäßig ebenfalls begrenzten Sportmediziner, die im Leistungssport engagiert sind (Leistungszentren, Olympiastützpunkte, Verbände, Vereine etc.), und drittens die Masse der Sportärzte mit Diplom bzw. Zusatzqualifikation. Die in der Öffentlichkeit und den Medien wahrgenommene Sportmedizin in Deutschland reduziert sich auf wenige Repräsentanten. Die große Mehrheit der 9.000 Mitglieder der DGSP tritt dagegen öffentlich nicht oder kaum in Erscheinung. Ihre Identität als Sportärzte bleibt diffus.

Die Spaltung der Sportmedizin in eine eher kleine Gruppe von Experten der Hochleistungssportmedizin für den Spitzensport auf der einen Seite und in die große Gruppe der Ärzte, die es in ihrer alltäglichen Praxis im weitesten Sinn mit Fragen und Problemen im Zusammenhang von Sport und Bewegung zu tun haben, auf der anderen, entspricht der faktischen Spaltung des organisierten Sports in den Hochleistungssport von wenigen und dem „Sport für alle“.

Mit der Herausbildung einer staatlich geförderten Leistungsmedizin seit den 1970er-Jahren in der Bundesrepublik und dem Facharzt für Sportmedizin in der DDR mit der Spezialisierung auf den Leistungs- und Spitzensport im staatlichen

Auftrag hat sich die Divergenz von Teilinteressen und Teilidentitäten in der Sportärzteschaft manifestiert. Nach dem Anschluss der neuen Bundesländer an die Bundesrepublik Deutschland und der im Einigungsprozess erfolgten Entscheidung, den Facharztstatus für Sportmedizin aus der DDR nicht zu übernehmen, entfiel ein Alleinstellungsmerkmal der Sportmedizin in Deutschland. 25 Jahre nach dem Ende der DDR hat sich allerdings die Situation ergeben, dass das Facharztmodell Sportmedizin in zahlreichen europäischen Ländern verankert ist. Ob und wie die DDR dafür Pate stand, ist eine noch nicht beantwortete Frage.

Die Dopingproblematik, die durch einzelne Sportärzte maßgeblich mitverursacht wurde, trug gerade in Deutschland erheblich zur De-Legitimierung der Sportmedizin bei. In der medial-politischen Öffentlichkeit gilt die Sportmedizin vorrangig als „Leistungsmedizin". Dem Verband ist es trotz seines Namenswechsels über Jahrzehnte kaum gelungen, dieses Bild zu korrigieren. Rechtzeitige und nachhaltige Compliance-Maßnahmen zur Stärkung des ärztlichen und sportlichen Ethos in der Sportärzteschaft sind nicht oder nur unzureichend erfolgt. Ein Indiz für diese Versäumnisse ist die Tatsache, dass trotz zahlreicher nachgewiesener Dopingverstöße von Ärzten bzw. Sportärzten bisher kein Entzug der ärztlichen Approbation durch die Ärztekammern ausgesprochen wurde. Beim Entzug der Approbation handelt es sich allerdings um ein rechtlich sehr komplexes Verfahren (siehe dazu die Ausarbeitung des Wissenschaftlichen Dienstes des deutschen Bundestags „Entzug der Approbation von Ärzt(inn)en und Apotheker(inne)n wegen Mitwirkung bei Doping" vom 10.2.2012. AZ: WD 9 – 3000/014/12). Der DSÄB bzw. die DGSP hat allerdings bislang keinem ihrer Mitglieder wegen Verstößen gegen das ärztliche und sportliche Ethos die Mitgliedschaft entzogen.

Die Dopingproblematik ist jedoch nicht die einzige Sorge derjenigen Sportmediziner, die im Leistungssport engagiert sind. Das Ziel einer anerkannten, kontinuierlichen Betreuung des Spitzensports konnte nur in Ansätzen erreicht werden. An der grundsätzlichen Struktur der sportmedizinischen Betreuung und Unterstützung von Kaderathleten hat sich bis heute wenig geändert, wie die „Sportmedizinische Konzeption des DOSB" von 2010 offenbart. Die Schwerpunkte bilden weiterhin Untersuchung, Behandlung und Betreuung. Verantwortlich hierfür sind nach wie vor die Verbände bzw. die Verbandsärzte, die Untersuchungszentren sowie die Olympiastützpunkte, denen in der regelmäßigen leistungsmedizinischen Betreuung das größte Gewicht zukommt. Die Fragen der Ausstattung sowie des Verhältnisses zwischen Ehren- und Hauptamtlichkeit in der sportmedizinischen Betreuung und Beratung sind nach wie vor virulent.

Die öffentliche Sicht auf die im Leistungssport tätigen Sportmediziner schwankt mittlerweile zwischen „Wunderärzten" und „Doping-Tätern". Zweifelsohne verstehen sich Leistungsmediziner noch heute in erster Linie als Anwälte der Athleten und deren Wunsch, erfolgreich zu sein. Sie fühlen sich somit, wie Singler und Treutlein (2015, S. 184) schreiben, „nicht mehr so sehr dem Wissenschafts- oder dem Gesundheitssystem, sondern eher dem System des Spitzensports" verpflichtet.

In der Summe lassen sich die Probleme der Sportmedizin auf zwei grundlegende Aspekte fokussieren: die Dopingproblematik und das damit verbundene negative Bild der Disziplin in der Öffentlichkeit sowie die fehlende fachliche Anerkennung. Beide Probleme begleiten die Sportmedizin seit Jahrzehnten. Bis heute ist es der Sportmedizin nicht gelungen, sie zu lösen. Sie sind auch Ausdruck eines Mangels an gemeinsamer Identität innerhalb der Gruppe der Sportmediziner, insbesondere zwischen denen, die sich eher als Leistungssportmediziner und den anderen, die sich eher als Präventivmediziner verstehen.

Der derzeitige DGSP-Präsident Braumann äußerte in seiner Ansprache auf dem Workshop im Mai 2016 (Krüger, 2016, S. 37-47) die Hoffnung, dass die „zentrale Bedeutung [der Sportmedizin] im Rahmen der Prävention, aber auch innerhalb der Therapie typischer chronischer Krankheiten" (S. 37) stärker in den Blickpunkt gerate. Damit fokussierte er letztlich Themenfelder, die der Verband seit seiner (Wieder-) Gründung 1950 stets propagierte: Prävention und Rehabilitation. Seinem Vorschlag, die Sportmedizin „als ein Querschnittsfach" zu stärken,

„das seine Aufgaben darin sehen sollte, sportmedizinische Inhalte im Bereich der universitären Lehre sowie der ärztlichen Fort- und Weiterbildung zu vermitteln“ (S. 47), stehen jedoch den Ansichten von Meyer und Mayer (2017, S. 3) entgegen, die gerade eine Spezifizierung sportärztlicher Tätigkeit durch einen Facharztstatus anstreben – wie es auch Wildor Hollmann forderte: „Heute können Sie ohne Facharzt nichts mehr machen“ (Krüger, 2016, S. 339).

Zur Durchsetzung eines derartigen Facharztes, wie er in vielen europäischen Staaten bereits existiert, wären indes differenzierte Tätigkeitsbeschreibungen in Abgrenzung zu anderen medizinischen Fachdisziplinen notwendig. Sie müsste als klar definierbare Disziplin hinsichtlich ihrer Aufgabenbereiche, Tätigkeitsschwerpunkte und Berufsfelder erkennbar werden, vor allem aber müsste auch eine eindeutige, gemeinsam inhaltlich getragene Positionierung des Verbandes und seiner Mitglieder für einen solchen Facharzt erfolgen. Dies würde mit dem Verlust des Querschnittscharakters und einer entsprechenden Minimierung des Aufgabenspektrums einhergehen.

Dieser Konsequenz verweigern sich jedoch zahlreiche Sportmediziner, wie der langjährige Verbands-Vizepräsident Schnell stellvertretend für viele seiner Kollegen bei dem Workshop in Münster (2016) formulierte. Eine derartige Aufgabenfokussierung ist zudem in den letzten Jahren zunehmend schwieriger geworden, da die Prävention – wie ja auch vonseiten der Sportmedizin beklagt wird – zum Allgemeingut der Medizin geworden ist. Der Umstand, dass trotz aus eigener Sicht jahrzehntelang erarbeiteter Expertise auf dem Sektor einer präventiv-gesundheitsfördernden Bewegung die Sportmedizin – anders als in den 1950er- und 1960er-Jahren – an den Diskussionen um das 2015 verabschiedete Präventionsgesetz nicht an vorderer Stelle Anteil hatte, ist ein Beleg für den gesellschaftlichen, fachlichen und politischen Bedeutungsverlust der Sportmedizin.

Letztlich dürfte es aber nur der Facharztstatus sein, der die Sportmedizin über den Faktor eines „Hobbys“ (Reindell) hinaushebt und ihr damit auch einen Mitgliederzuwachs, die Möglichkeit „vermehrter wissenschaftlicher Aktivität“ (Meyer & Mayer, 2017, S. 3) und eine Gleichwertigkeit im Kanon der Medizinwissenschaft beschert.

Zugleich müsste, analog der Forderung von Meyer und Mayer (2017, S. 4), der Verband noch klarer Stellung gegenüber Doping beziehen, die sich nicht nur in Worten, sondern auch in Taten wie dem Ausschluss von Mitgliedern äußert. Glaubwürdigkeit wird allein durch die immer wieder angeregte (erneute) Umbenennung des Verbandes in „Gesellschaft für Präventionsmedizin“ kaum zu gewährleisten sein. Unter Umständen müsste hier eine stärkere Trennung der „Leistungssportmedizin“ von der „Präventivmedizin“ – bis hin zu zwei eigenen Verbänden – vollzogen werden.

Eine weitere Problematik besteht im Verhältnis zwischen der akademischen Sportmedizin auf der einen und Alltagssportmedizin auf der anderen Seite. Die akademische Sportmedizin selbst zerfällt in weitere Spezialdisziplinen. Die Dopinganalytik, die selbst gar nicht zur Sportmedizin gerechnet wird, hat gleichwohl seit den 1970er-Jahren in die traditionellen Kompetenzen der Sportmedizin eingegriffen.

Letztlich bleibt es insgesamt fraglich, ob es der deutschen Sportmedizin gelingen wird, in Staat und Gesellschaft, selbst im Sport, erneut eine derartige Deutungshoheit über Fragen zur gesundheitlichen Relevanz von Bewegung, Spiel und Sport zu erlangen, wie sie sie in den 1950er- und 1960er-Jahren innehatte. In gewisser Weise hat die organisierte Sportmedizin dadurch, dass es ihr – gemeinsam mit anderen Lobbyisten des Sports – gelungen ist, in dieser Zeit das medizinische und gesundheitspolitische Paradigma vom hohen Wert der Bewegung und eines wirksamen, aber gemäßigten Sporttreibens für die Gesundheit im Sinne der Präventiven und Rehabilitation durchzusetzen, selbst zu ihrem späteren Bedeutungsverlust beigetragen.

2 Literatur

Krüger, Michael (Hrsg.) (2016). *Sportmedizin in Deutschland – Historische Facetten. Ein Werkstattbericht*. Hildesheim: Arete.

Meyer, T. & Mayer, F. (2017). Die deutsche Sportmedizin in der Krise – Ursachen und Lösungen. *Zeitschrift für Sportmedizin, 68* (1), 3-4.

Singler, A. & Treutlein, G. (2015). Joseph Keul: *Wissenschaftskultur, Doping und Forschung zur pharmakologischen Leistungssteigerung.* Evaluierungskommission Freiburger Sportmedizin – Wissenschaftliches Gutachten im Auftrag der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg. Abrufbar unter: https://www.uni-freiburg.de/universitaet/einzelgutachten/gutachten-joseph-keul-01-02-2017.pdf

Weiterführende Projektinformationen

Das Forschungsprojekt zur Geschichte der deutschen Sportmedizin seit 1945 wurde vom 1. März 2015 bis 31. August 2017 durch Mittel des Bundesinstituts für Sportwissenschaft gefördert.

Die Projektnehmer veranstalteten am 25. Mai 2016 in Münster einen öffentlichen Workshop zur Geschichte der deutschen Sportmedizin, auf dem Zwischenergebnisse der Forschungsarbeiten vorgestellt und im Kreis von Experten und Zeitzeugen diskutiert wurden.

Die Ergebnisse dieses Workshops unter Beteiligung des Präsidenten der Deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention, Prof. Braumann, sowie des BISp-Direktors Fischer wurden in Buchform im Dezember 2016 veröffentlicht (Krüger, 2016).

Biomechanische Diagnostik und Sonifikation von Gieren und Stampfen des Rennruderbootes im Nachwuchstraining

(AZ 071603/17)

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

1 Problem

Auf der Grundlage leistungsphysiologischer Untersuchungen sowie der erzielten Regattaergebnisse erfolgt die jährliche Auswahl der leistungsstärksten deutschen Juniorenruderinnen und -ruderer für die Juniorennationalmannschaft (JNM). Besondere Aufmerksamkeit liegt dabei auf der individuellen ruderspezifischen Leistungsfähigkeit in den Groß- und Mittelbooten. Für die Formierung der neuen Bootsbesatzungen und deren rudertechnische Vorbereitung auf den internationalen Wettkampfhöhepunkt (Junioren- und U23 Weltmeisterschaften) und um eine hohe Bootsgeschwindigkeit während der Ruderrennen im internationalen Vergleich zu erreichen, müssen in vergleichsweise kurzer Zeit, die Ruderleistung und -technik optimiert und im Mannschaftsgefüge fein eingestellt werden. Mittels biomechanischer Diagnostik und anschließendem Feedbacktraining kann dieser Prozess schnell und zielgerichtet gesteuert werden (Böhmert & Mattes, 2003; Schaffert & Mattes, 2015) und die Arbeit der Trainerinnen und Trainer unterstützen. Folgende Aspekte stehen hier im Mittelpunkt:

- Ableitung des Rankings der Teilnehmer und Empfehlungen zur Groß- und Mittelbootsformierung (Vorschlag für die Bootszusammensetzung inklusive Sitzplatzverteilung im Boot),
- Ableitung von Trainingszielen zur Ansteuerung der individuellen Rudertechnik sowie für die Bootsbesatzung und
- wissenschaftliche Anleitung und Begleitung des Feedbacktrainings zur Sicherung von Ansteuerungseffekten.

Der Einsatz erfolgt in den zentralen Lehrgängen, an Trainingswochenenden und in der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung (UWV) auf die WM. Auf Grundlage vorangegangener Projektergebnisse zur Sonifikation (Schaffert & Mattes, 2016; Mattes & Schaffert, 2015) und zum Außenarmzug (Mattes et al., 2016) liegen die Schwerpunkte des Transferprojekts auf der Übertragung der Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt zur Analyse von Gieren und Stampfen sowie auf der akustischen Rückmeldung (Sonifikation) der beiden Rotationsbewegungen im Wassertraining (ZMVI4-07080316-17).

2 Methode

Die Betreuungsmaßnahmen erfolgten mit Athletinnen und -athleten (CJ-Kader), die am Selektionslehrgang zur Nominierung für die JNM 2017 in Mittel- und Großbooten (4- und 8+) teilnahmen. Jede Athletin und jeder Athlet wurde ein- bis zweimal getestet. Die Ergebnisse des ersten Tests dienten zur Selektion für die JNM. Der zweite Test fand während der UWV zur Überprüfung der Wirksamkeit der Trainingsmaßnahmen statt. Für die Feineinstellung der Rudertechnik absolvierten ausgewählte Boote Feedback-Trainingsfahrten (visuell und akustisch). Die Messungen erfolgten im Frühjahr und Sommer 2017 auf der Regatta-Strecke in Berlin-Grünau.

Für die komplexe Diagnostik (KLD) wurde das bewährte Mobile Mess- und Trainingssystem (MMS) 2012 und für das parametergestützte Feedbacktraining das Processor Coach System-3/Sportler (PCS-3/S) (visuell) (Institut FES Berlin) sowie das neu- bzw. weiterentwickelte akustische Mess- und Feedbacksystem *Sofirow II* (BeSB GmbH Berlin) eingesetzt. Die Beschreibung der Messgrößen des MMS 2012 sowie Einzelheiten zu den Testmethoden und dem Vorgehen in der Trainingspraxis findet sich in den Berichten zu den Vorjahresprojekten.

Das Mess- und akustische Feedbacksystem *Sofirow II* misst und speichert die kinematischen Parameter der Bootsbewegung in Vortriebsrichtung (Bootsgeschwindigkeit und -beschleunigung) und die 3D-Rotationsbewegung (Rollen, Gieren und Stampfen) mittels inertialen Messsystems mit 100 Hz und einer Messauflösung von jeweils 0,1°. Die fahrdynamischen Parameter Gieren und Stampfen werden als direkte Klangmodulation in Echtzeit abgebildet (sonifiziert), wobei sich die Tonhöhe als Funktion der jeweiligen Rotationsbewegung ändert und Veränderungen in der Gier- und Stampfbewegung unmittelbar hörbar werden (ansteigender/abfallender Ton). Die Messdaten werden als Synchroninformation während des Ruderns den Athleten im Rennboot akustisch rückgemeldet. Die in *Sofirow II* gespeicherten Daten können anschließend per WLAN ausgelesen und mit der Software Regatta II analysiert werden.

In Abhängigkeit von der Zielstellung der Diagnostik kamen für die Betreuung in Absprache mit den Bootstrainerinnen und -trainern unterschiedliche Testmethoden zur Anwendung. Der Transfer der Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt basiert auf den Felduntersuchungen mit 12 männlichen Ruderern (Skull) im Renneiner. Dafür wurden im Forschungsprojekt für die Untersuchung von (1) Gieren und (2) Stampfen des Bootes je zweimal 500 m in unterschiedliche Fahrtrichtungen (Gegen- und Schiebewind) sowie mit veränderter Stemmbretthöhe (höher und tiefer als die individuellen Einstellungen) in der Schlagfrequenzstufe 20 ± 0,5 Schläge/min sowie (3) die Sonifikation der beiden Rotationsbewegungen und Befragung zur Wirkung auf die Athleten durchgeführt. Details zur Untersuchungsdurchführung sind im Bericht zum Forschungsprojekt beschrieben.

3 Ergebnisse der Betreuungs- und Transfermaßnahmen

3.1 Komplexe Leistungsdiagnostik (KLD)

Die Selektion der Auswahlmannschaften erfolgte über Ranggruppen auf Grundlage der Messergebnisse zur individuellen Ruderleistung und -technik. Die Empfehlungen zur Sitzposition der einzelnen Ruderin bzw. des einzelnen Ruderers im formierten Boot (beispielsweise die Verteilung im Achter von Platz 1 im Bug bis Platz 8 auf Schlag), erfolgte wie gewohnt als schriftlicher Vorschlag. Bei Bedarf wurden die individuellen Mess- und Testergebnisse sowie die Bildung der Ranggruppen den Trainerinnen und Trainern mündlich erläutert. Dabei wurden die Zusammenhänge zwischen dynamischer und kinematischer Struktur der Ruderbewegung, die von außen sichtbare Rudertechnik und deren Wirkung auf die Bootsgeschwindigkeit sowie der Bootsdurchlauf thematisiert und die Schwerpunkte für das folgende Technik- und Konditionstraining abgeleitet.

3.2 Visuelles und akustisches Feedbacktraining

Grundlage für das biomechanisch gestützte Feedbacktraining waren die Messergebnisse aus den Selektionsuntersuchungen sowie die daraus abgeleiteten rudertechnischen Schwerpunkte für das Training. Vor dem Feedbacktraining wurden konkrete Hinweise zur Veränderung der Bewegungsausführung und zur jeweiligen Feedbackanzeige gegeben. Im Feedbacktraining erfolgte die Präsentation der Messinformationen zeitsynchron zur Bewegungsausführung visuell auf Grafikdisplays (PCS-3) bzw. akustisch über Lautsprecher als Klangsequenz (*Sofirow II*) im Rennboot. Inhaltlich wurden die objektiven Synchroninformationen über die Bewegungsausführung und deren Ergebnisse als Kennlinien und -werte (visuell) bzw. der Parameterverläufe (akustisch) mit dem Ziel rückgemeldet,

die Aufmerksamkeit auf den jeweiligen Technikschwerpunkt zu lenken. Dieses extrinsische Feedback sollten die Athletinnen und Athleten in Beziehung zu den eigenen intrinsischen Rückinformationen setzen und die veränderte Bewegungsausführung wahrnehmen und verinnerlichen. Letztlich sollten damit das Gefühl für die Bewegungsausführung und -veränderung sowie die Ansteuerung verschiedener Merkmale der Rudertechnik in kurzer Zeit (1-3 Trainingseinheiten) unterstützt werden. Unmittelbar im Anschluss an die Wassertrainingseinheit wurde die Wirkung des Feedbacks im gemeinsamen Gespräch analysiert. Der Schwerpunkt lag hier auf der Analyse und Bewertung von Änderungen der Bewegungsausführung, dem Zusammenhang zwischen in- und extrinsischem Feedback sowie der richtigen Bewegungsausführung, um den erzielten Lernfortschritt feststellen und die weiteren Trainingsschwerpunkte festlegen zu können.

3.3 Transfer der Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt zur Rotationsbewegung des Bootes

Die Ergebnisse aus dem ersten Jahr des Forschungsprojekts zur Analyse von Gieren und Stampfen des Rennruderbootes (ZMVI4-07080316-17) wurden in die Trainingspraxis integriert und bei der Durchführung der Betreuungsmaßnahmen berücksichtigt.

3.3.1 Einfluss der Windbedingung (WB) auf das Gieren im Renneiner

Asymmetrische Bewegungsmuster beim Skullen infolge von seitlichem Wind können das Risiko für Rückenbeschwerden erhöhen. Die Annahme, dass bei Seitenwind von Steuer- oder Backbord das Boot unterschiedlich giert und eine veränderte Asymmetrie der Innenhebel- und Stemmbrettkraft zur Kurskorrektur erfordert, wurde im Feldtest über zweimal 500 m bei vergleichbarer Windgeschwindigkeit aber unterschiedlicher Windrichtung (WB 1: seitlicher Schiebewind von Steuerbord und WB 2: seitlicher Gegenwind von Backbord) überprüft. Dabei wurde eine höhere Gierwinkelamplitude bei WB 2 im Vergleich zu WB 1 festgestellt, die mit höherer Asymmetrie der Innenhebelgeschwindigkeit und -kraft mit ca. 40 N höherer Kraft pro Schlag auf der Steuerbordseite korrespondierte. Die unterschiedliche Wirkung von seitlichem Wind aus Steuer- oder Backbord, aber auch ein Einfluss der Handführung auf das Gieren und die Asymmetrie rudertechnischer Kennwerte wurden bestätigt (Mattes et al., 2017).

Ein erhöhtes Risiko für Rückenbeschwerden besteht, wenn Gegenwind beständig von Backbord weht und lange Trainingseinheiten mit nur einem Fahrtrichtungswechsel absolviert werden. Erfolgt die Gegenwindfahrt dabei im zweiten Teil der Trainingseinheit mit fortschreitender Ermüdung, steigt das Risiko weiter an. Als Konsequenz für die Trainingspraxis sollte daher in langen Einheiten bei starkem Seitenwind häufiger die Fahrt- und damit die Windrichtung geändert werden, um höhere Belastungen einer Körperseite zu vermeiden. Zudem stellt die Kontrolle des Gierens im steuerlosen Skullboot sowohl bei Windstille als auch bei seitlichem Gegen- oder Schiebewind eine rudertechnische Anforderung dar, deren Bewältigung das Leistungsergebnis erheblich beeinflussen kann.

3.3.2 Einfluss der Stemmbretthöhe auf das Stampfen im Renneiner

Die Stampfbewegung des Bootes ist von der Bootseinstellung und Rudertechnik abhängig und erhöht die innerzyklische Bootsgeschwindigkeitsschwankung. In der Teilstudie wurde durch Veränderung der Stemmbretthöhe und Schlagfrequenz untersucht, ob sich mit *Sofirow II* das Stampfen des Bootes praxisrelevant erheben lässt und welche Abhängigkeit dabei von rudertechnischen Merkmalen besteht. Die Annahme, dass sich in Abhängigkeit von der Stemmbretthöhe der Rollsitzweg, die Ruderwinkelamplitude insbesondere der Rudervorlagewinkel und die Stampfbewegung des Bootes und in Abhängigkeit von der Schlagfrequenz die Rollsitz- und Innenhebelgeschwindigkeit und -leistung unterscheiden, wurde im Feldtest über 500 m mit unterschiedlicher Stemmbretthöhe (niedrig: 14 cm, mittel: 16 cm und hoch: 18 cm) sowie im Schlagfrequenzstufentest überprüft.

Es zeigte sich, dass die Veränderung der Stampfbewegung mit *Sofirow II* praxisrelevant über die Stampfamplitude registriert werden kann.

Wie erwartet, beeinflusste die Stemmbretthöhe die Rudertechnik, wobei sich mit Zunahme der Stemmbretthöhe die Schlagweite und der Rollsitzweg, als wichtige rudertechnische Kennwerte, verringerten und eine reduzierte horizontale Massenverschiebung Sportler vs. Rennboot resultierte und so eine reduzierte Stampfbewegung begünstigte.

Mit der Schlagfrequenz erhöhten sich die Bootsgeschwindigkeit, die Innenhebel- und Rollsitzgeschwindigkeit sowie die Innenhebelkraft und -leistung. Die Schlagweite und der Rollsitzweg blieben unverändert.

Da die Stampfbewegung den Wasserwiderstand erhöht, ist deren Minimierung im Training und Wettkampf anzustreben, um die mittlere Bootsgeschwindigkeit als Zielgröße der Ruderbewegung zu maximieren. Dabei bieten sich in allen Geschwindigkeitsbereichen eine Reduzierung der Schlagfrequenz und/oder der horizontalen Massenverschiebung an, da diese sich unmittelbar auf die Stampfbewegung auswirken. Für den einzelnen Athleten muss eine optimale Stemmbretthöhe gefunden werden, um einerseits die Innenhebelleistung zu maximieren und anderseits die Stampfbewegung zu minimieren.

3.3.3 Befragung zur Sonifikation von Gieren und Stampfen

Die Befragung der Athleten zum Einsatz der Sonifikation der Gier- und Stampfbewegung des Bootes zeigte das Potential des Einsatzes von akustischem Feedback für die Ansteuerung der Bewegungsausführung im Techniktraining. Sie zeigte aber auch, dass die Vertonung der Veränderungen in der jeweiligen Bewegungsrichtung individuell unterschiedlich wahrgenommen und interpretiert wurden: „Der Ton verleitet einen zur Konzentration." gegenüber „Es war schwer, sich auf den Ton und das Rudern gleichzeitig zu konzentrieren."

„Ich konnte zuerst nicht so viel mit dem Ton anfangen, aber das wurde dann besser." gegenüber „Man merkt sofort, wenn das Boot besser läuft und die Vertonung einem das Feedback gibt. Besonders das Gieren zeigte einem sofort, wie man im Wasser liegt. Ich konnte mich bei den Messfahrten besser auf meine Technik konzentrieren. Außerdem habe ich versucht, mich von starken Wechseln im Ton an Technikpunkte zu erinnern." „Gerade weil es ein ungewohntes Boot war, konnte die Vertonung deutlich dazu beitragen ein besseres Bootsgefühl zu bekommen." „Ja; sehr feine Tonabstimmung sowie Unterschiede hörbar bei kleinsten Veränderungen. Man kann den kompletten Zug am Stemmbrett mm für mm heraushören." „Es war am Anfang etwas störend, aber man hat sich schnell daran gewöhnt."

„Ich habe die Vertonung als gut empfunden, da man die Bewegung die das Boot macht besser erkennt."

4 Diskussion und Fazit

Die Erfahrungen aus den vergangenen Jahren zeigen, 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 und mittlerweile unverzichtbarer Bestandteil in der Formierung der Großboote und der Entwicklung leistungsfähiger Bootsklassen in Vorbereitung auf die JNM und internationalen Wettkampfhöhepunkte 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 auf Ergebnissen, die im Rahmen von Forschungsprojekten an der Universität Hamburg generiert worden sind. Die technischen Entwicklungen und deren Wirkung auf die Rudertechnik und -leistung wurden in der Trainingspraxis erprobt, evaluiert und die Ergebnisse ins tägliche Training überführt.

Hervorzuheben ist die hohe trainingspraktische Relevanz der generierten Mess- und Testdaten der eingesetzten Messsysteme, um Hinweise zur Steuerung der individuellen Ruderleistung und -technik sowie Empfehlungen für die Formierung von Bootsbesatzungen geben zu können. Das MMS ermöglicht die Erfassung der individuellen Ruderleistung und -technik der Athletinnen und Athleten unmittelbar im Rennboot in allen Bootsklassen unter den typischen Wettkampf- und Trainingsbedingungen, wie z. B. das Messen von Achterbesatzungen bei internationalen Rennen. Mit *Sofirow II* können

die Rotationsbewegungen des Bootes über die Gier- und Stampfwinkelamplituden als geeignete Beschreibungsgrößen reliabel und praxisrelevant abgebildet werden. Über das akustische Feedback wahlweise der Gier- oder Stampfbewegung oder Beschleunigungsverlaufs besteht die Möglichkeit zur Verbesserung der Bootsbewegung und des Bootslaufs sowie der Mannschaftssynchronisation (Mattes & Schaffert, 2015). Veränderungen in der Rudertechnik werden von den Athletinnen und Athleten wahrgenommen und können dadurch motorische Lerneffekte stimulieren. Die Sonifikation ergänzt damit den Prozess der wissenschaftlichen Betreuung der Kaderathleten.

Nach den ersten Erfahrungen aus dem Forschungsprojekt sollte der Einsatz von *Sofirow II* und die Analyse von Gieren und Stampfen in die leistungsdiagnostische Routine integriert werden, um Aussagen zur Gier- und Stampfbewegung des Bootes machen zu können. Weiterhin empfiehlt sich für die Trainingspraxis, die Sonifikation mit neu formierten Bootsbesatzungen durchzuführen, um die Bootsbewegung, den Bootslauf und die Mannschaftssynchronisation möglichst schnell zu erreichen und damit die Grundlage für Ansteuerungseffekte der Rudertechnik zu schaffen.

5 Literatur

Baudouin, A. & Hawkins, D. (2004). Investigation of biomechanical factors affecting rowing performance. *Journal of biomechanics; 37*, (7), 969-976.

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), 403-411.

Kleshnev, V. (2010). Boat acceleration, temporal structure of the stroke cycle, and effectiveness in rowing. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of sports engineering and technology, 224: 63-74.

Künzel, M. (2007). *Entwicklung eines Messsystems zur Bestimmung der Kräfte am Stemmbrett bei Rennruderbooten*. Diplomarbeit, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin.

Mattes, K. & 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., Manzer, S., Reischmann, M. & Schaffert, N. (2017). Der Einfluss der Windrichtung auf das Gieren beim Skullen. *Leistungssport, 47* (4), 36-41.

Mattes, K., Manzer, S., Reischmann, M., Schaffert, N. & Böhmert, W. (2016). Zur Wirkung des Außenarmzuges auf die Kräfte am Innenhebel und Stemmbrett im Riemenrudern. *Leistungssport, 46* (1), 32-38.

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. (2015). Interactive Sonification in Rowing: An Application of Acoustic Feedback for On-Water Training. *IEEE MultiMedia, 22* (1), 58-67.

Schaffert, N. & Mattes, K. (2016). Influence of acoustic feedback on boat speed and crew synchronization in elite junior rowing. *International journal of sports coaching, 11* (6), 832-845.

Smith, R.M. & Loschner, C. (2002). Biomechanics feedback for rowing. *Journal of sports science, 20* (10), 783-791.

Spielanalyse Para-Tischtennis

(AZ 071604/17)

Daniel Link[1] (Projektleitung), Michael Fuchs[1] & Volker Ziegler[2]

[1] Technische Universität München, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaften, Lehrstuhl für Trainingswissenschaft und Sportinformatik,
[2] Bundestrainer Tischtennis, Deutscher Behindertensportverband e. V.

1 Einleitung

In den letzten Jahren lässt sich eine zunehmende Professionalisierung von paralympischen Sportarten beobachten. Dieses trifft auch auf das Para-Tischtennis zu. Der wesentliche Unterschied zum olympischen Tischtennis besteht darin, dass taktisches Verhalten noch stärker von den körperlichen Fähigkeiten der beteiligten Athletinnen und Athleten bestimmt wird. Dieses liegt daran, dass der individuelle Grad der Behinderung mit sehr spezifischen Bewegungseinschränkungen verbunden ist (bspw. geringe Reichweite auf der Vorhand). Im Wettkampf müssen daher die eigenen physisch-anthropometrischen Schwächen möglichst vermieden und die gegnerischen Defizite taktisch klug ausgespielt werden. Ziel dieses Projektes war, die Konkurrenzfähigkeit des Deutschen Nationalteams mit der Entwicklung und Etablierung einer modernen Spielbeobachtung im Para-Tischtennis zu verbessern. Dies beinhaltet eine Anpassung der existierenden Lösung für das Tischtennis der Nicht-Behinderten, sowie die Betreuung der deutschen Nationalmannschaft bei Wettkämpfen.

2 Spielbeobachtungsmethodik und Softwareunterstützung

In den Jahren 2015/16 wurden in einem vorangegangenen BISp-Projekt spezialisierte Spielanalysetools für Tischtennis entwickelt (Fuchs, Lames, & Wenninger, 2017). Der *TUM.TT Scouter* erlaubt eine effiziente, manuelle Datenerfassung unter Berücksichtigung des Spielrhythmus, während der *TUM.TT Viewer* eine spezifische Datenanalyse ermöglicht. Diese Tools wurden im Rahmen des Projektes erweitert und an die Bedürfnisse im Para-Tischtennis angepasst. Abb. 1 zeigt einen Screenshot des Hauptfensters des adaptierten *TUM.TT Scouter*. Die Datenerhebung erfolgt in zwei Detailierungsstufen, einem sogenannten *Live-Modus* und einem *Review-Modus*. Im Live-Modus wird das Spiel in einzelne Ballwechsel unterteilt und mit grundlegenden Informationen versehen (z. B. Spielstand, Aufschläger, Ballwechselsieger, Ballwechsellänge). Im *Review-Modus* findet nach dem Spiel eine detaillierte Dateneingabe statt. Hier werden nicht nur Daten zu Ballwechseln, sondern zu jedem einzelnen Schlag erhoben (Schlagtechnik, Platzierung, Qualität, Balltreffpunkt/Position, Aggressivität, Spin Aufschlag).

Mit Hilfe dieser Daten können im *TUM.TT Viewer* quantitative Voranalysen durchgeführt sowie Reports generiert werden. Diese beinhalten z. B. die Gewinnwahrscheinlichkeiten bei eigenem Aufschlag bzw. Rückschlag des Gegners/eigenen Spielers, Gewinnwahrscheinlichkeiten bei kurzen und langen Ballwechseln. Auch können Wiedergabelisten unter der Anwendung spezieller Filter erstellt werden. Beispielhaft wäre hier eine Wiedergabeliste mit den Rückschlagfehlern des eigenen Spielers zu nennen (Ballwechsel in denen der Gegner Aufschlag und die der Gegner gewonnen hat, mit der Ballwechsellänge 2). Diese Wiedergabelisten konnten für eine qualitative Analyse des Videomaterial verwendet werden (vgl. Hansen & Lames, 2001; Link & Ahmann, 2013).

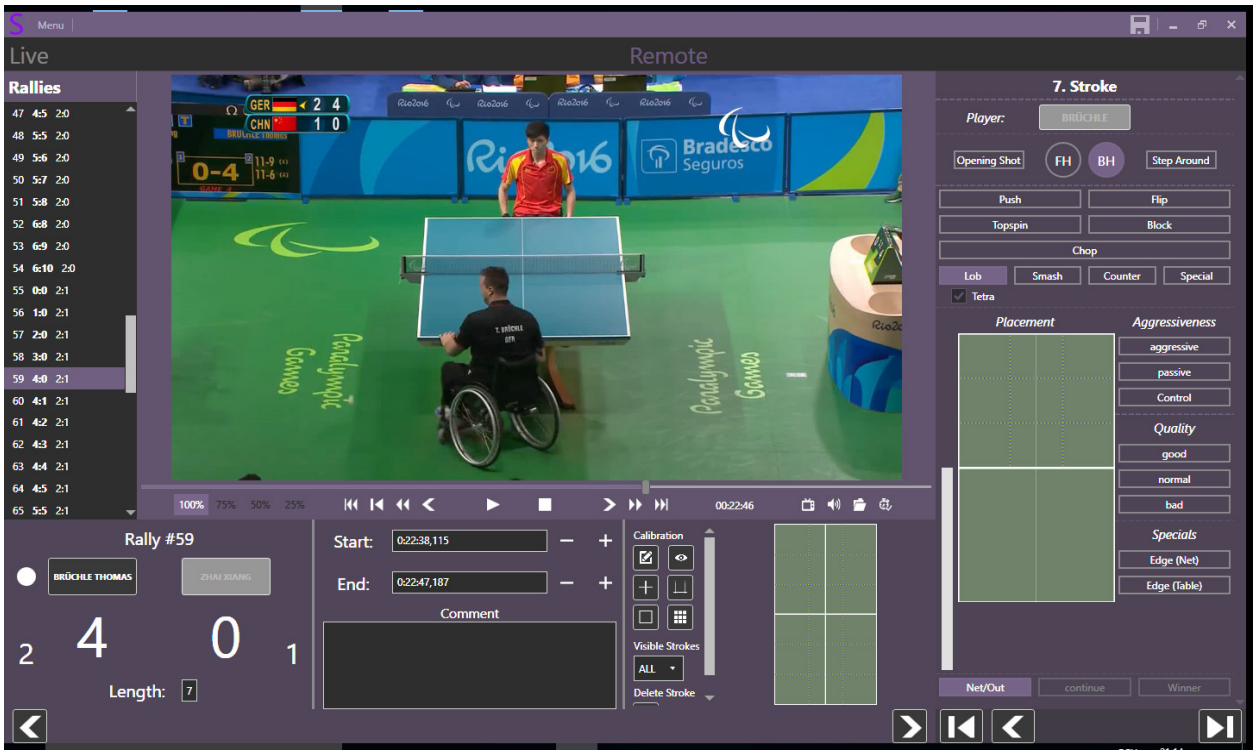


Abb. 1: TUM.TT Scouter für Para-Tischtennis (Review-Modus)

Zu den speziellen Adaptionen für Para-Tischtennis gehört bspw. die Analysemöglichkeit des „Eröffnungsball". So kann der erste offensive Schlag (Flip, Topspin, Schuss) einer Rally im *TUM.TT Scouter* nun explizit mit dem Tag „Opening Shot" gekennzeichnet werden. Dies ist insbesondere im Rollstuhltischtennis hilfreich (Wettkampfklasse 1-5), da hier lange Ballwechsel auftreten, in denen viel über die Mitte des Tisches geschupft wird. Häufig ist dann der erste offensive Ball nach diesen passiven bzw. taktischen Schupfbällen entscheidend. Die Visualisierung des Eröffnungsschlags über eine zusätzliche Grafik gibt einen Überblick, welche Schlagtechniken ein Spieler bzw. eine Spielerin zur Eröffnung benutzt und welche Platzierungen er oder sie hierfür verwendet.

Eine andere Erweiterung betrifft die Einteilung des Satzes in verschiedene Phasen. Bisher war nur eine Filtermöglichkeit für die sogenannte Crunchtime, also der „heißen Phase" gegen Ende des Satzes möglich. Da nicht nur das Satzende an sich separat analysiert werden sollte, sondern speziell auch die Unterschiede zum Satzanfang (z. B. ob der Gegner zum Satzbeginn andere Aufschläge macht, als gegen Satzende) analysiert werden sollten, wurde eine Filtermöglichkeit für den Satzanfang integriert. Ebenfalls berücksichtigt das Kategoriensystem den sogenannten „Tetra-Loop", eine spezielle Variante des Lobs, der in den sitzenden Wettkampfklassen, überwiegend bei den Tetraplegikern (Wettkampfklassen 1 und 2) zum Einsatz kommt.

3 Wettkampfbetreuung

Im Rahmen des Projektes wurden die deutschen Nationalteams auf vier Turnieren (Slovenia Open, Team-Weltmeisterschaft, German Open, Einzel- & Team-Europameisterschaft) begleitet. Typische Fragestellungen waren bspw., welche Platzierungen bzw. –techniken beim Aufschlag sowie aus dem laufenden Spiel heraus besonders erfolgreich waren. Die Ergebnisse wurden zu einem Stärken- und Schwächenprofil von gegnerischen Athleten kondensiert und Bundestrainer und Spielern vorgestellt. Als Resultat der Trainingssitzungen entstand ein Matchplan für den kommenden Wettkampf. Insgesamt wurden im Verlauf des Projektes 29 Spiele auf diese Art ausgewertet.

Die Erstellung eines Gegnerprofils soll beispielhaft am Polen Pawel Konstantyn gezeigt werden, der ein möglicher Gegner bei den 2017 Spanish

Open vom deutschen Nationalspieler Yannick Rüddenklau war. Das Turnier bzw. speziell das Spiel gegen Konstantyn war von großer Bedeutung, da es für einige Spieler die letzte Chance für eine Qualifikation zur Einzel-WM 2018 war. Durch die Daten des *Live-Modus* war ersichtlich, dass Konstantyn 10 seiner 34 Punkte direkt mit seinem Aufschlag erzielen konnte. Der Review-Modus lieferte mit den zusätzlichen Statistiken über Spin und Platzierung des Aufschlages nun zusätzlich auch noch das „wie". So konnte eine bevorzugte halblange Aufschlagplatzierung über die Tischmitte mit Überschnitt statistisch und visuell belegt werden. Ein weiterer auffälliger Punkt bei der Analyse von Pawel Konstantyn war dessen extrem vorhandorientiertes Spielsystem. Von den 25 Eröffnungsbällen waren vier Schläge direkte Fehler und 20 von 21 erfolgreichen Eröffnungsschlägen Vorhand Topspins. Insgesamt 16 von 23 Schläge, welche zu einem direkten Punktgewinn geführt haben, wurden mit der Vorhand gespielt. Auf Grundlage wurde ein entsprechende Matchplan für das Spiel gegen ihn entwickelt.

4 Fazit

Der *TUM.TT Scouter* und *TUM.TT Viewer* ist ein optimiertes Analysetool für den Einsatz im Tischtennis und Para-Tischtennis. Die durch dieses Projekt realisierten Möglichkeit der zusätzlichen Unterstützung einerseits durch den Aufbau einer Spieldatenbank und andererseits durch Videoanalysen vor Ort bzw. in Vorbereitung vor wichtigen Wettkämpfen wurde positiv von den Nationaltrainern und –spielern der Tischtennis Para-Nationalmannschaft angenommen. Die ersten Testläufe bei der Betreuung der Para-Nationalmannschaft waren vielversprechend und trugen beim Saisonhöhepunkt, der Einzel- und Teameuropameisterschaft 2017 in Slowenien schon erste Erfolge. Mit den vorhandenen Softwaretools besteht für die deutsche Nationalmannschaft in diesem Bereich derzeit ein Wettbewerbsvorteil, der aber vermutlich mittelfristig von konkurrierenden Nationen (China, Japan, Korea) aufgeholt werden könnte, nachdem der Einsatz unserer Spielanalysesoftware bei den letzten Turnieren von der Konkurrenz durchaus registriert wurde.

5 Literatur

Fuchs, M., Lames, M., & Wenninger, S. (2017). *Wettkampfdiagnostik im Tischtennis*. Endbericht zum BISp-Projekt (ZMVI1-070602/15-16). Technische Universität München.

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.

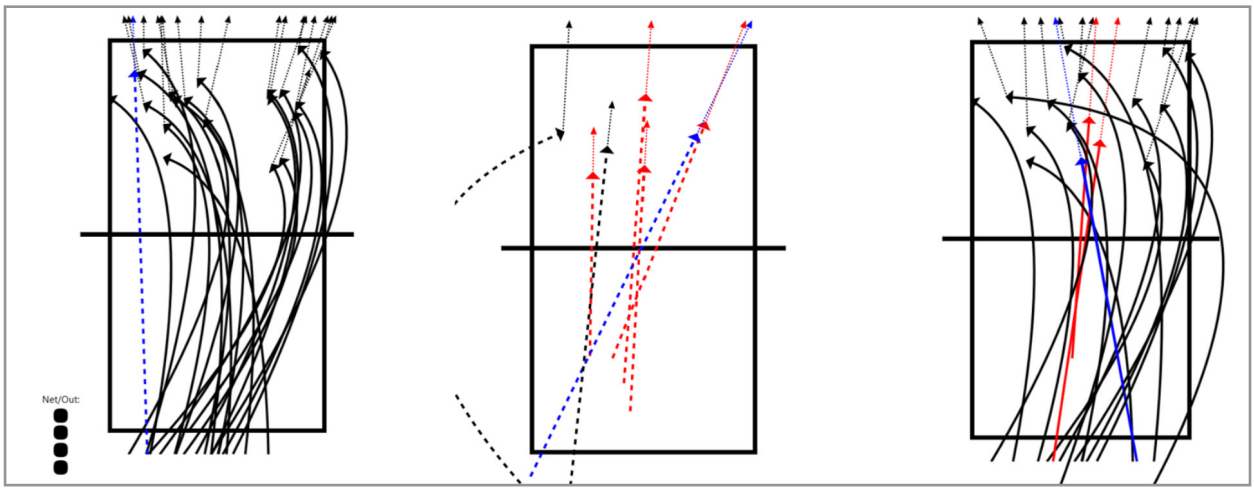


Abb. 2: Visualisierung der Eröffnungsbälle von Pawel Konstantyn gegen Yannik Rüddenklau (links), punktbringenden Rückhand Schläge (Mitte), punktbringenden Vorhand Schläge (rechts)

Kinematische Analyse des Sprintschrittes und Vergleich mit dem Modell der Schwung-Zug-Technik in verschiedenen Leistungsklassen

(AZ 071605/17)

Klaus Mattes (Projektleitung), Stefanie Manzer, & Martin Reischmann

Universität Hamburg, Abteilung Bewegungs- und Trainingswissenschaft

Kooperationspartner: Cheick-Idriss Gonschinska, DLV-Cheftrainer, R. Stein, Bundestrainer Sprint, K. Jakobs, leitender Landestrainer HHLV, Dr. R. Buckwitz, OSP Berlin

1 Einteilung

Im Kalenderjahr 2017 konnten die Studien zum „Ziehenden Laufen“ mit Kurz- und Langsprinterinnen und -sprintern des Senioren und Juniorenbereichs fortgeführt werden. Das verwendete Technikmodell wurde in den Vorgängerprojekten (2015 und 2016) von der Arbeitsgruppe der Universität Hamburg in Kooperation mit dem OSP Berlin zur kinematischen Analyse des Doppelschrittes bei maximaler Sprintgeschwindigkeit entwickelt und theoretisch begründet (Mattes, Manzer & Buckwitz, 2016). Das Modell stimmt gut mit den Vorstellungen des DLV zum greifenden/ziehenden Sprinten (Strüder, Jonath & Scholz, 2017) überein. Das greifende/ziehende Sprinten soll die Zeit und Kraft im Vorderstütz minimieren und die vordere Schwungphase im Vergleich zur hinteren Stütz- und Schwungphase betonen (Strüder et al., 2017). Mittels des Technikmodells werden die kinematischen Merkmale operationalisiert und mit Messwerten für die jeweilige Kaderstichprobe unterlegt.

Das Technikmodell umfasst einen Doppelschritt und wird anhand von acht Events (t1-t8) und den Aktionen einer Körperseite gegliedert. Das Event t1 und t8 markiert jeweils den Abflug (Take off) zu Beginn und zum Ende des Doppelschrittes. Die wichtigsten Phasen sind dabei in absteigender Reihenfolge ihrer Wertigkeit geordnet: der Bodenkontakt, der Schwungzug oder Pre-Support, der Kniehub, das Anfersen und Ausschwingen. Das Technikmodell impliziert eine hohe Rumpfstabilität zur Absicherung einer aufrechten Körperhaltung mit leichter Oberkörpervorlage (Abb. 1).

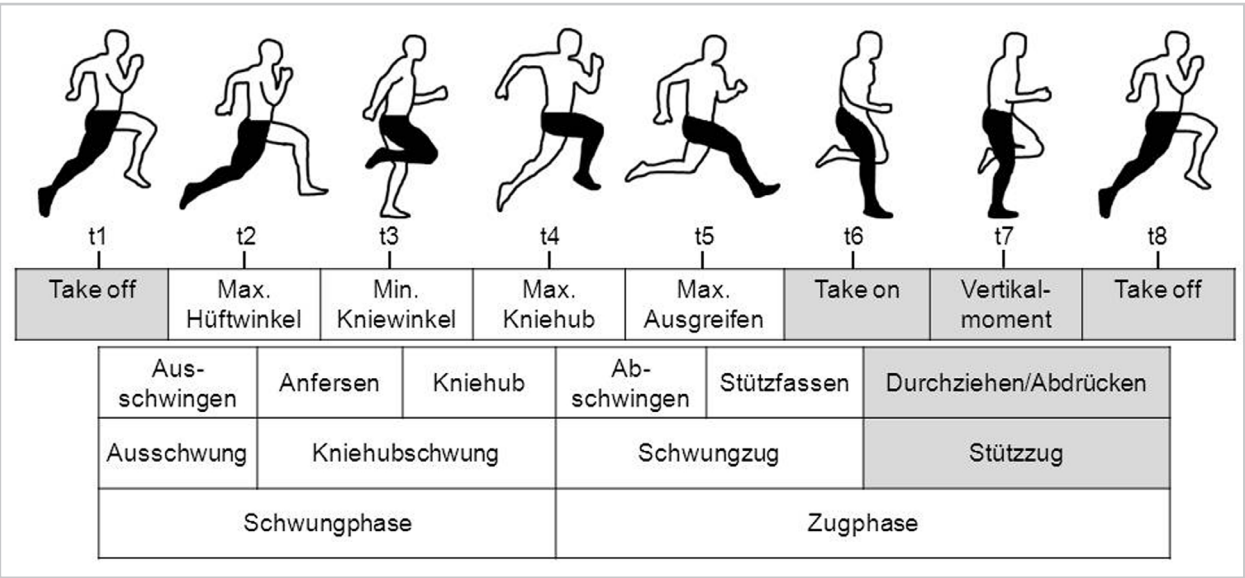


Abb. 1: Phasenstruktur des Doppelschrittes (in Anlehnung an Tidow & Wiemann, 1994)

Eine Analyse männlicher Bundeskaderathleten (*N* = 26), die mit einer Sprintgeschwindigkeit von >10,0 bis 11,3 m/s sprinteten, zeigte eine Korrelation zwischen einer hohen maximalen Sprintgeschwindigkeit und einer großen Doppelschrittlänge und kurzen Bodenkontaktzeit, aber nicht mit der Schrittfrequenz und Flugzeit (Mattes & Manzer, 2017). Ein langer Schritt war erwartungsgemäß mit einer langen Flugzeit assoziiert. Eine hohe Schrittfrequenz resultierte sowohl aus einer kurzen Kontakt- als auch kurzen Flugzeit.

Unter Berücksichtigung der Sprinttechnik korrelierte die maximale Sprintgeschwindigkeit mit

- einem geringen Kniewinkel bei Take off (t1 und t8),
- einer hohen Hüftbeugegeschwindigkeit während des Kniehubs (t3 bis t4),
- einem kleinen Fußwinkel und einem großen Kniewinkel beim Ausgreifen (t5),
- einer hohen Hüftstreckgeschwindigkeit und vertikalen Fußgeschwindigkeit während des Schwungzuges (t5 bis t6),
- einem großen horizontalen Abstand des Fußes zum Hüftpunkt (Trochanter Major) und kleinem Fußwinkel bei Take on (t6) sowie
- einer geringen Knieflexion und -extension während des Bodenkontaktes (t6 bis t8, Mattes & Manzer, 2017).

Das Ziel des Transferprojektes bestand im Vergleich der individuellen und gruppenspezifischen Technikausprägung mit dem „Ziehenden Sprinten" bzw. von Kadergruppen im Längs- und Querschnitt, um das jeweilige Ausprägungsniveau messtechnisch und verbal zu kennzeichnen.

2 Methode

Die Felduntersuchungen erfolgten mit Kurz- und Langsprinterinnen und -sprintern des DLV nahe dem Saisonhöhepunkt im Sommer sowie in der Vorbereitungsperiode. Die Athletinnen und Athleten wurden durch den verantwortlichen Bundestrainer benannt (Tab. 1).

Nach Erhebung anthropometrischer Daten (Körperhöhe, -masse, Beinlänge) und einer allgemeinen Erwärmung wurden die Sprinterinnen und Sprinter mit gut sichtbaren Markern beklebt. Danach erfolgten die spezifische Sprinterwärmung und die Tests. Die Junioren Kurz- und Langsprinter führten entweder fliegende Sprints über die Distanz von 30 m oder maximale Sprints aus dem Startblock über die Distanz von 80 m aus. Bezogen auf den Startpunkt lag dabei der ca. 10-m-Aufnahmebereich bei 40-50 m.

Die Männer und Frauen des Langsprints absolvierten auf einer Tartanbahn in einem Laufschlauch 2 Sprintserien à 6 x 50 m fliegend, wobei der erste Lauf der jeweiligen Serie aus dem Stand 1 m vor der Lichtschranke gestartet wurde. Zwischen den 50-m-Sprints betrug die Pause 30 s. Die Serienpause lag bei 20-25 min. In die Analyse wurden der 2. Lauf der ersten Serie sowie der letzte (6.) Lauf der zweiten Serie einbezogen. Die Athleten liefen individuell mit Spikes oder in Trainingsschuhen.

Tab. 1 Untersuchungsstichproben 2017, N = 41

Kaderstatus	Messtermin	Anzahl	Körpermasse [kg]	Körperhöhe [m]
C Kader Junioren Kurz-/Langsprint	Juli 2017	12	75,5 ± 6,4	1,87 ± 0,06
	Dez. 2017	17	73,0 ± 8,6	1,83 ± 0,07
A Kader Männer Langsprint	Okt. 2017	6	81,7 ± 7,1	1,89 ± 0,08
A Kader Frauen Langsprint	Nov. 2017	6	61,0 ± 4,7	1,74 ± 0,03

Die Aufnahmen wurden mit Photonfocus Kameras, 200 Hz und einer Bildauflösung von 1760x448 Pixel angefertigt. Eine Dreifach-Lichtschranke (Wilhelm Köster, Ditzingen) registrierte die Laufzeit und damit die mittlere Laufgeschwindigkeit über ein 10-m-Intervall. Die kinematische Auswertung erfolgte mit Peak Motus 10.1 (Vicon). Neben den Kennwerten zur Charakterisierung der Sprintgeschwindigkeit (Schrittlänge, Schrittfrequenz, Bodenkontakt- und Flugzeit) wurden vier Körperwinkel für die Schlüsselpositionen des Sprintschrittes (Abb. 1) sowie für den Fußaufsatz der horizontale Abstand des Zehpunktes zum Hüftpunkt beim Fußaufsatz bestimmt (Abb. 2). Weitere Kennwerte stellten die Beuge- und Streckgeschwindigkeit im Hüft- und Kniegelenk sowie die Fußgeschwindigkeit vor Bodenkontakt dar (Manzer, Mattes & Holländer, 2016).

3.1 Querschnittsanalyse Junioren Kurzsprint Dez. 2016 vs. Dez. 2017

Im Dez. 17 erreichten die Junioren eine größere Sprintgeschwindigkeit, bei kleinerer Schrittlänge, größerer Schrittfrequenz, kürzerer Bodenkontaktzeit und vergleichbarer Flugzeit (Tab. 2). In der Sprinttechnik bestanden zwei wesentliche Unterschiede, wobei im Dez. 2017 eine größere Hüftstreckgeschwindigkeit während des Schwungzuges (t4-t6) und eine größere vertikale Fußaufsatzgeschwindigkeit während des Pre-Supports vor Bodenkontakt (t5-t6) erreicht wurden. Die Unterschiede können die geringfügig höhere Sprintgeschwindigkeit im Dez. 2017 erklären.

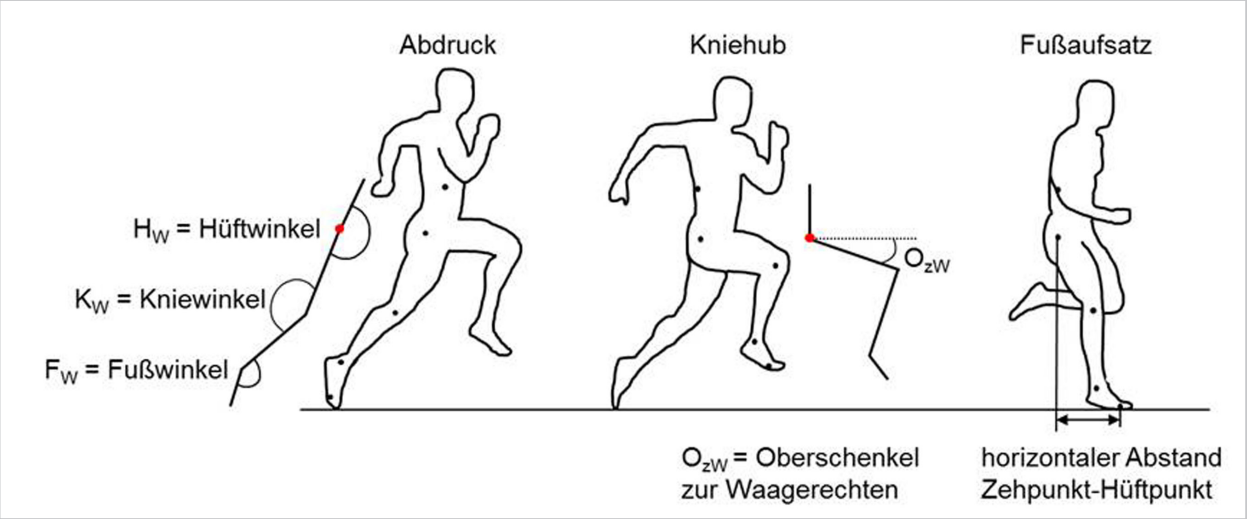


Abb. 2: Definition der Körperwinkel und des horizontalen Abstandes des Zehpunktes zum Hüftpunkt

3 Ergebnisse

Für die untersuchten Kaderstichproben wurden individuelle und Gruppenvergleiche anhand des Technikmodells erstellt. Für die Frauen und Männer Langsprint lag der Schwerpunkt dabei auf der Analyse der Sprinttechnik unter progredienter Ermüdung. Nachfolgend werden eine Querschnittsanalyse der Junioren und ein Vergleich des Sprintschrittes der Männer Langsprint bei geringer und progredienter Ermüdung präsentiert.

Tab. 2 gibt darüber hinaus den Abstand der Messergebnisse zu den Männern (100 %.) und zum Anforderungsprofil der Junioren wieder, die sich beide auf den Wettkampfhöhepunkt im Sommer beziehen.

Tab. 2: Querschnittsvergleich der Junioren Dez. 16 (N = 14) vs. Dez. 17 (N = 17) mit Angabe des Anforderungsprofils für die Junioren zum Wettkampfhöhepunkt im Sommer. Die Prozentwerte der Junioren beziehen sich auf die Messdaten der Männer zum Wettkampfhöhepunkt im Sommer (100 %.).

Phase	Kennwert	Maß-einheit	Dez 16		Dez 17	%.	Anforderungsprofil Bereich	MW	%.
Doppel-schritt	Geschwindigkeit	[m/s]	10,04 ± 0,28	<	10,13 ± 0,26	93	10,46-10,74	10,55	97
	Schrittlänge	[m]	4,59 ± 0,24	>	4,51 ± 0,26	95	4,47-4,73	4,70	99
	Schrittfrequenz	[1/s]	2,19 ± 0,12	<	2,24 ± 0,13	97	2,39-2,5	2,44	105
	Bodenkontakt-zeit	[ms]	100 ± 9	>	97 ± 7	107	84-94	90	100
	Flugzeit	[ms]	128 ± 10	=	126 ± 11	101	115-125	120	97
Anfersen	min. Kniewinkel	[°]	38 ± 8	=	39 ± 5	93	28-40	34	80
Kniehub	$v_{Hüftbeugung}$	[°/s]	370 ± 86	=	358 ± 76	87	342-389	366	89
max. Knie-hub	Oberschenkel-winkel	[°]	19 ± 5	=	18 ± 7	82	18-23	21	96
Ausgreifen	Kniewinkel	[°]	144 ± 10	=	145 ± 8	92	142-158	151	96
Schwung-zug	$v_{Hüftstreckung}$	[°/s]	217 ± 55	<	251 ± 74	71	197-342	283	80
Stützfassen	max. v_{Zeh}	[m/s]	3,6 ± 0,5		3,9 ± 0,7	84	3,2-4,2	3,8	81
Bodenkon-takt	Abstand Zeh-punkt-Hüftpunkt	[m]	0,35 ± 0,05	=	0,36 ± 0,03	84	0,34-0,37	0,36	83
Bodenkon-taktphase	Nachgeben im Kniegelenk	[°]	12 ± 4	=	12 ± 5	75	20-11	15	100
	Streckung im Kniegelenk	[°]	16 ± 4	=	15 ± 5	125	12-26	17	143

3.2 Vergleich der Sprinttechnik vor und nach progredienter Ermüdung am Beispiel eines Langsprinters

Der Langsprinter realisierte den zweiten Lauf mit 9,06 m/s bzw. den sechsten Lauf mit 8,93 m/s das entsprachen 102 bzw. 101 %. der geforderten individuellen Zielgeschwindigkeit (8,77 m/s). Dabei verlängerte er im 6. Lauf die Bodenkontaktzeit, reduzierte die Schrittlänge und Flugzeit ohne die Schrittfrequenz zu verändern (Tab. 3). In der Sprinttechnik zeigten sich im Lauf 6 (ermüdet) folgende Auffälligkeiten:

- ein weiter gestreckter Kniewinkel bei Take off (t1),
- ein stärkeres Anfersen (10°) bei t3,
- eine vergleichbare Hüftbeuge-geschwindigkeit während des Kniehubschwungs mit geringerem Kniehub (3° größerer Oberschenkelwinkel zur Waagerechten bei t4, Abb. 2),
- ein geringeres Ausgreifen (Kniewinkel 7° kleiner) bei t5,
- eine vergleichbare Hüftstreck-geschwindigkeit aber geringere Fußaufsatzgeschwindigkeit während des Schwungzuges (t4-t6) bei gleichem Abstand des Fußes vor dem Körperschwerpunkt bei Bodenkontakt (t6) sowie
- ein stärkeres Nachgeben im Kniegelenk mit einer weiteren Streckung im Kniegelenk während der Bodenkontaktphase (t6-t8, Tab. 3).

Tab. 3: Vergleich der kinematischen Schrittmerkmale von Lauf 2 vs. Lauf 6 eines 400-m-Sprinters

Event/Phase	Kennwert [Maßeinheit]	Lauf 2		Lauf 6
Doppelschritt	Schrittlänge [m]	4,95	>	4,78
	Schrittfrequenz [1/s]	1,94	=	1,98
	Bodenkontaktzeit [ms]	100	<	110
	Flugzeit [ms]	155	>	145
t1, Take off	Kniewinkel [°]	153	<	161
t3, Anfersen	minimaler Kniewinkel [°]	41	>	31
t3-t4, Kniehub	vHüftbeugung [°/s]	475	=	450
t4, maximaler Kniehub	Oberschenkelwinkel zur Waagerechten [°]	17	<	20
t5, Ausgreifen	maximaler Kniewinkel [°]	160	>	153
t4-t6, Schwungzug (Pre-Support)	vHüftstreckung [°/s]	274	=	291
t4-t6, Stützfassen	max. vZeh [m/s]	4,21	>	3,52
t6, Bodenkontakt	Abstand Zehpunkt-Hüftpunkt [cm]	0,35	=	0,36
t6-t8, Bodenkontaktphase	Nachgeben im Kniegelenk [°]	13	<	20
	Streckung im Kniegelenk [°]	15	<	22

4 Diskussion

Die kinematischen Analysen beschreiben den Ist-Stand der individuellen und gruppenspezifischen Sprintleistung und -technik, der jeweils getesteten Athletinnen und Athleten. Für die Datenauswertung und -interpretation erwiesen sich die Messwiederholungen zum Technikmodell des „Ziehenden Sprintens“ als vorteilhaft. Da die Messungen nach der gleichen Methode und auf Grundlage desselben Technikmodells erfolgten, konnten so Längs- und Querschnittsanalysen erstellt werden. Diese Analysen geben Einblicke in die Jahresdynamik (Vorbereitungsperiode vs. Wettkampfperiode) und über den Zweijahresverlauf im Juniorenbereich (jeweils Juli und Dez. beider Trainingsjahre). Aufgrund der Leistungswirksamkeit bei maximaler Sprintgeschwindigkeit wurden im ersten Schritt die realisierte Sprintgeschwindigkeit und deren Zustandekommen aus Schrittlänge und -frequenz gekennzeichnet und das Verhältnis Schrittlänge/Schrittfrequenz charakterisiert. Eine Grundvoraussetzung für schnelles Sprinten stellt eine Bodenkontaktzeit unter 100 ms dar (Strüder et al., 2017). Hier erreichten die Junioren bereits vergleichbare bzw. sogar kürzere Bodenkontaktzeiten als die Senioren. Im zweiten Schritt erfolgte die Analyse der zugrundeliegenden Sprinttechnik für die Körperwinkel der acht Schlüsselpositionen. Des Weiteren wurden die Hüftbeugegeschwindigkeit während des Kniehubs, der Hüftstreckgeschwindigkeit und vertikalen Fußgeschwindigkeit während des Pre-Supports, der horizontale Abstand des Fußes zum Hüftpunkt (Abb. 2) bei Fußaufsatz sowie die Knieflexion (Nachgeben) und die Kniestreckung während des Bodenkontaktes als leistungsdeterminierende Technikmerkmale analysiert.

Die Messergebnisse konnten absolut und relativ am Anforderungsprofil der Junioren bzw. im Vergleich zu den schnellsten deutschen Männern (100 %.) bewertet werden. Das war möglich, weil, seit 2015 die Leistung und Technik bei maximaler Sprintgeschwindigkeit der jeweils leistungsstärksten Junioren dreimal unmittelbar vor dem Wettkampfhöhepunkt im Sommer (Juli 2015-2017) getestet wurde. Ebenfalls unmittelbar vor dem Saisonhöhepunkt (2014) konnten die schnellsten deutschen Männer gemessen werden, die u.a. bei den anschließenden Europameisterschaften die Silbermedaille in der Staffel (4x100 m) errangen. Auf Grundlage dieses Datenpools leistungsstarker Sprinter wurde das Anforderungsprofil der Junioren Kurzsprint absolut und in Prozent zu den Senioren (Tab. 2) erstellt.

Das Anforderungsprofil berücksichtigt, dass die Junioren bei geringerer Sprintgeschwindigkeit und Reaktivkraftanforderung bereits ausgewählte Technikmerkmale vergleichbar mit den

Männern realisieren. Das betrifft den minimalen Kniewinkel beim Anfersen, den Kniehub am Ende des Kniehubschwunges und das Nachgeben im Kniegelenk während des Bodenkontaktes. Unterschiede zu den Männern bestanden im geringeren Kniewinkel beim Anfersen, einer geringeren Hüftbeugegeschwindigkeit während des Kniehubschwungs, einer geringeren Hüftstreck- und Fußaufsatzgeschwindigkeit während des Pre-Supportes, einem geringeren Abstand des Zehpunktes vom Hüftpunkt bei Fußaufsatz und einer größeren Kniestreckung während des Bodenkontaktes. Der Transfer der Ergebnisse unterstützt die Ableitung der individuellen Zieltechnik und deren Kontrolle in der Vorbereitungs- und Wettkampfperiode, so dass sich kurz- bis mittelfristige Trainingsziele generieren lassen.

Bei Langsprintern wurden typische Veränderungen in der Schrittstruktur infolge von Ermüdung festgestellt. Bei vergleichbarer bzw. gering reduzierter Sprintgeschwindigkeit (ca. 0,15 m/s) verlängerte sich die Bodenkontaktzeit bei reduzierter Schrittlänge und Flugzeit ohne Veränderung der Schrittfrequenz. In der Sprinttechnik werden als wesentliche Veränderungen ein stärkeres Anfersen, ein geringerer Kniehub, ein geringeres Ausgreifen, eine geringere Fußaufsatzgeschwindigkeit während des Schwungzuges sowie ein stärkeres Nachgeben und eine weitere Streckung im Kniegelenk während der Bodenkontaktphase individuell unterschiedlich beobachtet. Hieraus lassen sich Präzisierungen der Zieltechnik und der Technikveränderung unter Ermüdung für Langsprinter und analog auch für Langsprinterinnen ableiten.

5 Literatur

Strüder, H. K., Jonath, U. & Scholz, K. (2017). *Leichtathletik: Trainings- und Bewegungswissenschaft - Theorie und Praxis aller Disziplinen*. Hellenthal: Sportverlag Strauß.

Manzer, S., Mattes, K. & Holländer, K. (2016). *Kinematic Analysis of Sprinting Pickup Acceleration versus Maximum Sprinting Speed. journal biology of exercise, 12* (2), 55-67. doi: 10.4127/jbe.2016.0109

Mattes, K. & Manzer, S. (2017). Was zeichnet schnelle Sprinter aus? *Leichtathletiktraining, 12* (18).

Mattes, K., Manzer, S. & Buckwitz, R. (2016). Überprüfung eines Modells zur „Schwung-Zug-Technik“ mit maximaler Sprintgeschwindigkeit. In P. Wastl & K. Isermann (Hrsg.), *12. Tagung der dvs-Kommission Leichtathletik* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, siehe Tagungsband). Sankt Augustin: Academia.

Tidow, G. & Wiemann, K. (1994). Zur Optimierung der Sprintlaufs – bewegungsanalytische Aspekte. *Leistungssport, 5*, 15-19.

Sozial- und Verhaltenswissenschaften

Anforderungen und Bewältigungsprozesse im paralympischen Nachwuchsleistungssport unter besonderer Berücksichtigung der Vereinbarung von Schule und Leistungssport

(AZ 070403/17)

Sabine Radtke (Projektleitung) & Lisa Schäfer
Universität Paderborn, Department Sport & Gesundheit, AG „Inklusion im Sport“

1 Problem

Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportler sind mit der Herausforderung konfrontiert, neben den Anforderungen des Leistungssports zugleich den Ansprüchen einer schulischen Ausbildung gerecht zu werden. Zur Bewältigung einer dualen Karriere sind in den 1990er Jahren in Deutschland Eliteschulen des Sports etabliert worden (vgl. z. B. Richartz & Brettschneider, 1996; Richartz, 2000; Radtke & Coalter, 2007; Emrich et al., 2009). Aktuell gibt es bundesweit 43 Eliteschulen des Sports mit rund 108 Haupt-, Real- und Gesamtschulen sowie Gymnasien, an denen derzeit mehr als 11.500 Talente gefördert werden, und die Themen „Chancen und Risiken des Hochleistungssports im Jugendalter“ und „Vereinbarung von Schule und Leistungssport“ werden seit über zwei Jahrzehnten in den sozialwissenschaftlichen Disziplinen der Sportwissenschaft bearbeitet. Veröffentlichungen konzentrieren sich jedoch ausschließlich auf Athletinnen und Athleten aus olympischen Sportarten bzw. auf das Verbundsystem zur Förderung des olympischen Leistungssports; der paralympische Nachwuchsleistungssport wird in diesem Zusammenhang bisher in der Literatur kaum thematisiert. Da sich bestimmte Strukturen und Gegebenheiten im Behindertenleistungssport und damit auch im paralympischen Nachwuchsleistungssport in vielerlei Hinsicht vom Nichtbehindertensport unterscheiden und daraus folgend wissenschaftliche Erkenntnisse, die den Nachwuchsleistungssport betreffen, nicht ohne Weiteres auf den Behindertensport zu übertragen sind (vgl. z. B. Scheid, Rank & Kuckuck, 2003; Quade, 2009; Radtke & Doll-Tepper, 2010), besteht in Bezug auf den paralympischen Leistungssport von Jugendlichen mit Behinderung weiterhin Forschungsbedarf (vgl. Doll-Tepper & Niewerth, 2003).

Die Tatsache, dass an den Eliteschulen des Sports neben den jugendlichen Athletinnen und Athleten aus olympischen Sportarten schon seit mehreren Jahren eine – wenn auch vergleichsweise kleine – Gruppe von Sportlerinnen und Sportlern aus paralympischen Sportarten beschult wird, findet bislang in der Öffentlichkeitsarbeit der für die Vergabe des Qualitätssiegels „Eliteschule des Sports“ zuständigen Instanz keine offensichtliche Berücksichtigung. Und nur in Ausnahmefällen ist aus den Webauftritten von Eliteschulen des Sports ersichtlich, dass die Aufnahme von Sportlerinnen und Sportlern mit Behinderung möglich ist (vgl. als Examples of Good Practice den Webauftritt der Lausitzer Sportschule Cottbus, der Sportschule Potsdam oder des Sportinternats Hannover). Es liegt kein Wissen über Anforderungen und Bewältigungsstrategien durch die Doppelbelastung von Schule und Leistungssport sowie Zugangsmöglichkeiten und -barrieren von Sportlerinnen und Sportlern mit Behinderung in Eliteschulen des Sports vor.

Eine von der Arbeitsgruppe „Inklusion im Sport“ der Universität Paderborn im Vorfeld des Forschungsvorhabens durchgeführte explorative telefonische Befragung der Schulleitungen von Eliteschulen des Sports ergab, dass an mindestens 17 Schulen aktuell oder in der Vergangenheit Schülerinnen und Schüler aus paralympischen Sportarten unterrichtet werden

bzw. wurden. Die Anzahl beläuft sich dabei auf mindestens 25 Schülerinnen und Schüler mit Behinderung, die aktuell an den Eliteschulen des Sports unterrichtet werden, und mindestens 28 Schülerinnen und Schüler mit Behinderung, die in der Vergangenheit an den Eliteschulen unterrichtet wurden und ihre schulische Laufbahn mittlerweile abgeschlossen haben. Die aktuellen Eliteschülerinnen und -schüler sind in den paralympischen Sportarten Schwimmen, Leichtathletik, Rollstuhlbasketball, Tischtennis und Ski nordisch aktiv. In Anbetracht der Tatsache, dass an den existierenden 43 Eliteschulen derzeit insgesamt 11.500 Talente gefördert werden, ist die Anzahl der Schülerinnen und Schüler mit Behinderung mit N = 25 gering – selbst wenn in Betracht gezogen werden muss, dass im paralympischen Sport die Population der Kaderathletinnen und -athleten im Jugendalter vergleichsweise klein ist (vgl. Radtke, 2011) und im Bundeskader (N = 316) über alle paralympischen Sportarten hinweg die Zahl der 15- bis 20-Jährigen bei N = 69 und in den sieben paralympischen Sportarten bei N = 55 liegt (vgl. Tab. 1).

Während auf der DOSB-Website zu den Eliteschulen des Sports der paralympische Sport nicht erwähnt wird, thematisiert der Deutsche Behindertensportverband (DBS) auf seiner Website die Aufnahme von Sportlerinnen und Sportlern mit Behinderung in Eliteschulen des Sports explizit als eine Inklusionsmaßnahme.

Unsere oben genannte telefonische Befragung hat verdeutlicht, dass es unter den Expertinnen und Experten des Nichtbehindertensports einerseits Unwissenheit, andererseits ein nicht unbedeutendes Maß an Widerstand gegenüber der gleichberechtigten Teilhabe von Sportlerinnen und Sportlern aus paralympischen Sportarten gibt – was hinderlich ist, um die vom DBS gewünschte Inklusion voranzutreiben. So wurden zum Beispiel in einem unserer Gespräche seitens eines Schulleiters als Grund für die fehlende Berücksichtigung paralympischer Sportarten an seiner Schule angegeben, dass es im Wintersport keine paralympischen Sportarten gäbe. In einem weiteren Gespräch wurde geäußert, dass Leistungssport nur von „Gesunden" betrieben werden könne und dies der Grund sei, dass der paralympische Sport an der eigenen Schule nicht vertreten sei. Diese Antworten, die zweifellos Extremfälle darstellen, überraschen angesichts der Tatsache, dass es sich bei den Befragten um Kenner des Leistungssports in all seinen Facetten handelt/handeln sollte. Zweifellos deuten die Aussagen auf einen unverkennbaren Informationsbedarf auf Seiten einiger Expertinnen und Experten des olympischen Nachwuchsleistungssports hin. Ein Schulleiter machte seinerseits darauf aufmerksam, dass es seiner Erfahrung nach vielerorts „noch nicht in den Köpfen angekommen" sei, dass Menschen mit Behinderung auch in der Lage seien, Leis-

Tab. 1: Altersverteilung der Bundeskaderathletinnen und -athleten in den sieben paralympischen Kernsportarten (DBS-Angabe. Stand: 2016)

Paralympische Kernsportarten	**Bis 20 Jahre (N)**	**21-29 Jahre (N)**	**30-39 Jahre (N)**	**40-49 Jahre (N)**	**50 Jahre und älter (N)**
Leichtathletik	22	19	9	7	2
Radsport	0	9	6	5	5
Rollstuhlbasketball	14	20	8	1	0
Schwimmen	9	7	3	1	1
Ski Alpin	1	3	3	0	0
Ski Nordisch	0	7	1	2	0
Tischtennis	9	7	4	4	1
Gesamt Paralympische Kernsportarten	55	72	34	20	9
Gesamt Bundeskader	69	105	70	49	22

tungssport zu betreiben. Es kann gemutmaßt werden, dass einerseits strukturelle Gründe den Zugang der Kaderathletinnen und -athleten aus den paralympischen Sportarten zu Eliteschulen des Sports verhindern, andererseits bestehen – zumindest teilweise – offenbar Barrieren auf der Ebene von Kulturen und Praktiken im Bereich des Nichtbehindertensports (vgl. Radtke, 2013). Die aus unserer Telefonbefragung gezogenen Erkenntnisse deuten darauf hin, dass sich einige Verantwortliche aus dem Bereich des Nichtbehindertensports, wohl nicht zuletzt infolge von Unkenntnis, der gleichberechtigten Förderung von olympischem und paralympischem Sport verschließen.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, erstmals eine empirische Datengrundlage und damit Orientierungswissen zu den Anforderungen und Bewältigungsprozessen im paralympischen Leistungssport unter besonderer Berücksichtigung der Vereinbarung von Schule und Leistungssport zu generieren und dabei Gemeinsamkeiten und Differenzen zwischen Athletinnen und Athleten mit Behinderung, die eine Regelschule besuchen, und Athletinnen und Athleten mit Behinderung, die eine Eliteschule des Sports besuchen, aufzuzeigen. Durch die Einbeziehung der Sichtweisen von Eltern, Trainerinnen und Trainern sowie Schulleitungen sollen Erkenntnisse zu möglichen Barrieren auf der Ebene der Strukturen sowie der Kulturen und Praktiken gesammelt werden. Folgende Themenbereiche und zentrale Fragestellungen stehen im Zentrum der Betrachtung:

- Umgang mit der Doppelbelastung durch Training und Schule: *Wie gehen jugendliche Kaderathletinnen und -athleten mit Behinderung, die an Regelschulen bzw. Eliteschulen des Sports unterrichtet werden, mit der Doppelbelastung um und welche Ressourcen stehen ihnen zur Bewältigung der Anforderungen zur Verfügung?*
- Barrieren der derzeitigen Integration von Sportlerinnen und Sportlern mit Behinderung in die Eliteschulen des Sports: *Welche Barrieren bei der Integration in Eliteschulen des Sports sehen/erleben jugendliche Sportlerinnen und Sportler aus paralympischen Sportarten, deren Eltern und Trainerinnen bzw. Trainer sowie Entscheidungsträger an den Eliteschulen des Sports*?

2 Methode

Das Forschungsvorhaben gliedert sich in zwei qualitative Teilstudien. Die Entscheidung für das qualitative Verfahren ist durch die „subjektiv-sinnhafte Struktur des Gegenstandes“ (Richartz, 2000, S. 51) begründet. Bei der Abfrage von subjektiven Anforderungen und Bewältigungsstrategien, die im Kontext der biographischen Rahmenbedingungen erfolgen, ist eine offene biographische Methode empfehlenswert. Die Jugendlichen werden als Expertinnen und Experten ihrer Lebenswelt angesehen und aufgefordert, ihre Erfahrungen kommunikativ zu vermitteln. Bei der Leitfadenkonstruktion wurden folgende Sequenzen berücksichtigt:

- Zeitverteilungsschemata, Erhebung von Anforderungsprofilen
- Ermöglichung von ausführlichen Narrationen zum biographischen Kontext der Sport- und Schulkarriere
- Erhebung von Bewältigungsstrategien
- Erhebung von Strukturen und Funktionen der sozialen Ressourcen, Exploration der sozialen Beziehungen evtl. durch Nutzung der egozentrierten Netzwerkkarte (vgl. Bona, 2001)

2.1 Erste Teilstudie: Qualitative Interviews mit jugendlichen Leistungssportlerinnen und -sportlern

Im ersten Schritt wurde mittels einer qualitativen Befragung von jugendlichen Kaderathletinnen und -athleten eruiert, ob die Vereinbarkeitsproblematik, wie sie seit Jahren für den Nachwuchsleistungssport in den olympischen Sportarten diskutiert wird, für die Athletinnen und Athleten mit Behinderung in vergleichbarer Weise vorliegt. Ziel der ersten Teilstudie ist es, aus den Interviews mit den Jugendlichen Aussagen über den biographischen Kontext ihrer Schul- und Sportkarriere, über objektive und subjektive Anforderungen, über soziale Unterstützungsressourcen und über eventuelle Integrationsbarrieren in Eliteschulen des Sports zu generieren. Die Stichprobe der ersten Teilstudie setzte sich aus 13 Bundes- und sechs Landeskaderathletinnen und -athleten aus den sieben paralympischen Kernsportarten zusammen, von denen 14 eine Regelschule und fünf eine Eliteschule des Sports besuchen/besuchten. Es wurden elf männliche und acht weibliche Jugendliche interviewt, deren Altersspanne zwischen 11 und 19 Jahren lag. Die berücksichtigten Sportarten und die Art der körperlichen Beeinträchtigungen sind in den Tab. 2 und 3 dargestellt.

2.2 Zweite Teilstudie: Qualitative Interviews mit Eltern, Trainerinnen/Trainern und Schulleitungen von Eliteschulen des Sports

Im zweiten Schritt wurden durch qualitative Interviews mit Verantwortlichen, die in Eliteschulen des Sports tätig sind, Trainerinnen und Trainern sowie Eltern Erkenntnisse gesammelt zu möglichen Integrationsbarrieren auf der strukturellen Ebene sowie auf der Ebene von Kulturen und Praktiken. Die zweite Teilstudie umfasst drei Elterninterviews, sechs Interviews mit Trainerinnen und Trainern und sieben Interviews mit Schulleitungen bzw. Sportkoordinatorinnen und Sportkoordinatoren. Es wurden sowohl Schulleitungen von Eliteschulen befragt, die bereits Sportlerinnen bwz. Sportler mit Behinderung aufnehmen, als auch Schulleitungen von Eliteschulen, die sich bislang allein auf den olympischen Sport konzentriert haben.

Tab. 2: Sportarten der Interviewpartner und -partnerinnen

Sportart	Anzahl der Sportler/Sportlerinnen
Schwimmen	7
Leichtathletik	6
Tischtennis	2
Rollstuhlbasketball	1
Radsport	1
Ski alpin	1
Ski nordisch	1

Tab. 3: Art der körperlichen Beeinträchtigung der Sportlerinnen und Sportler

Art der Beeinträchtigung	Anzahl der Sportler/Sportlerinnen
Beeinträchtigung der Sehfähigkeit	4
Fehlen von Gliedmaßen	4
Funktionsstörungen im Bewegungsapparat	7
Querschnittlähmung	4

3 Ausgewählte Befunde zum Einstieg in den Breiten- und Leistungssport von jugendlichen Kaderathletinnen/-athleten mit Behinderung und Diskussion

Im Folgenden werden erste Befunde des Forschungsprojekts skizziert. Der Abschlussbericht sowie die daraus hervorgehenden Publikationen enthalten weitergehende Details zu den generierten Befunden.

Die Erkenntnisse zur Sport- und Schulbiografie von Athletinnen und Athleten aus paralympischen Sportarten deuten auf Parallelen zu Befunden aus Studien zum Verlauf von Sportkarrieren im Nichtbehindertensport hin. Das heißt, die jugendlichen Leistungssportlerinnen und -sportler mit Behinderung (sowohl von Regel- als auch Eliteschulen) durchlaufen größtenteils die gleichen Stationen der sportlichen und schulischen Ausbildung wie Athletinnen und Athleten aus dem Nichtbehindertensport. Auffällig ist, dass der Einstieg in den (Breiten-) Sport in allen Fällen über ein sportaffines familiäres Umfeld erfolgt. Die Peer Group oder Vertreterinnen bzw. Vertreter des Sportsystems (z. B. aus dem Übungsleiter- und Trainerbereich etc.) spielen beim Einstieg in den Sport hingegen keine oder lediglich eine sehr untergeordnete Rolle.

Der Einstieg in den organisierten Sport und die anschließende sportliche Förderung finden bei den befragten Athletinnen und Athleten aus paralympischen Sportarten größtenteils im Regelsportverein (Nichtbehindertensport) statt. Separierte Behindertensportvereine sind den Befragten größtenteils gänzlich unbekannt. Erst beim Übergang vom Breiten- zum Leistungssport und im Zuge der Aufnahme der Athletinnen und Athleten in den Landes- bzw. Bundeskader steigen die Sportlerinnen und Sportler in den Behindertensport ein. Der Einstieg in das System des Behindertenleistungssports bedeutet jedoch nicht, dass die Jugendlichen den Bezug zum System des Nichtbehindertensports verlieren. Vielmehr verfügen die jugendlichen Leistungssportlerinnen und -sportler anschließend über eine Vereinsmitgliedschaft sowohl in einem Regel- als auch in einem Behindertensportverein und nehmen sowohl im Behinderten- als auch im Nichtbehindertensport an Wettkämpfen teil. Eine Ausnahme stellen die befragten Rollstuhlsportlerinnen und -sportler dar, von denen einige zwar in inklusiven Trainingssettings trainieren, ihre Wettkämpfe jedoch ausnahmslos im Behindertenleistungssport bestreiten. Festzuhalten bleibt, dass bei der Gestaltung der Sportkarriere seitens der befragten paralympischen Athletinnen und Athleten weder eine ausnahmslos separierte und damit behindertensportspezifische Förderung noch eine ausschließlich im Nichtbehindertensport stattfindende Trainings- und Wettkampftätigkeit favorisiert wird. Beide Systeme nehmen eine wichtige Funktion in der sportlichen Förderung der jugendlichen Athletinnen und Athleten aus paralympischen Sportarten ein.

4 Diskussion unter besonderer Berücksichtigung von Transfer in die Praxis

Die von uns interviewten jugendlichen Kadersportlerinnen und -sportler wissen sich in der Welt des Nichtbehindertensports von klein auf zu bewegen, weisen keinerlei Berührungsängste auf bzw. wissen, mit Berührungsängsten anderer umzugehen. Das Kompetenzerleben im Leistungssport zeigt überaus positive Auswirkungen im Hinblick auf das eigene Selbstbild und – als ein Spezifikum von Sportlerinnen und Sportlern mit Behinderung – im Hinblick auf die Einschätzung der eigenen Teilhabechancen in der Gesellschaft.

Eliteschulen des Sports scheinen aktuell als ein inklusives Setting in erster Linie für diejenigen attraktiv zu sein, die sich in der „Welt des Nichtbehindertensports“ auskennen. Bei flächendeckender Berücksichtigung von Schülerinnen und Schülern aus paralympischen Sportarten könnten sie sich zu vorbildhaften inklusiven Trainingssettings entwickeln. Zukünftig müssen jedoch auch die Bedürfnisse derjenigen Jugendlichen, die ihre Sportlaufbahn über den Eintritt in Behindertensportvereine beginnen, stärker in den Fokus genommen werden.

Die Erkenntnisse des Forschungsvorhabens liefern für die Sportpolitik wichtige Anregungen und Impulse und stellen spezifisches Handlungs- und Steuerungswissen über Anforderungen und Bewältigungsprozesse von jugendlichen Leistungssportlerinnen und -sportlern mit Behinderung bereit. Nicht zuletzt ist das Forschungsthema für die Sportpraxis relevant, um Wissen zu generieren über unterschiedliche Belastungsparameter junger paralympischer Athletinnen und Athleten im Vergleich zu den Belastungsparametern junger olympischer Athletinnen und Athleten. Es können Schlüsse gezogen werden, wie das Verbundsystem eventuell zu verändern/zu adaptieren ist, um ebendiesen spezifischen Anforderungen des paralympischen Sports gerecht zu werden. Auf der Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse können eventuelle Zugangsbarrieren von jugendlichen Athletinnen und Athleten aus paralympischen Sportarten zu Eliteschulen identifiziert und entsprechende Fördermaßnahmen konzipiert werden, mit dem Ziel, die Zahl der Schülerinnen und Schüler mit Behinderung an den Eliteschulen des Sports zu erhöhen. Dieses Ziel geht einher mit der in der UN-Behindertenrechtskonvention (UN-BRK) formulierten Forderung nach voller, wirksamer und gleichberechtigter Teilhabe im Schulsport sowie auf allen Ebenen des organisierten Sports (vgl. Artikel 24 und 30 der UN-BRK).

5 Literatur

Bona, I. (2001). *Sehnsucht nach Anerkennung? Zur sozialen Entwicklung jugendlicher Leistungssportlerinnen und -sportler*. Köln: Sport & Buch Strauß.

Doll-Tepper, G. & Niewerth, T. (2003). Kinder und Jugendliche mit Behinderungen im Sport, In W. Schmidt, I. Hartmann-Tews & W.-D. Brettschneider (Hrsg.), *Erster Deutscher Kinder- und Jugendsportbericht*, (S. 339-359). Schorndorf: Hofmann.

Emrich, E., Fröhlich, M., Klein, M., & Pitsch, W. (2009). Eliteschulen des Sports – Erste Ergebnisse einer Pilotstudie. *Zeitschrift für Evaluation, 6* (2), 223-246.

Quade, K. (2009). Nachwuchsproblematik aus Sicht des Deutschen Behindertensportverbandes. In A. Eskau (Red.), *BISp-Arbeitstagung: Nachwuchsrekrutierung und Nachwuchsförderung im Leistungssport der Menschen mit Behinderungen* (S. 12-28). Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.

Radtke, S. (2011). Nachwuchsgewinnung und -förderung als Herausforderung im paralympischen Sport. *Leistungssport, 41* (3), 48-51.

Radtke, S. (2013). Zwischen Inklusion und Exklusion. Internationaler Vergleich von Systembedingungen für einen erfolgreichen Leistungssport – Erste Ergebnisse eines Forschungsprojekts. In V. Anneken (Hrsg.), *Inklusion durch Sport – Forschung für Menschen mit Behinderung* (S. 43-63). Köln: Sportverlag Strauß.

Radtke, S. & Coalter, F. (2007). *Sports Schools – Eliteschulen des Sports. Ein internationaler Vergleich unter Einbeziehung von zehn Ländern*. Köln: Sportverlag Strauß.

Radtke, S. & Doll-Tepper, G. (2010). *Ist-Analyse von Talentsichtung und -förderung im Behindertensport in den deutschen Landesverbänden und im Ausland (Pilotstudie)*. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.

Richartz, A. (2000). *Lebenswege von Leistungssportlern. Anforderungen und Bewältigungsprozesse der Adoleszenz. Eine qualitative Längsschnittstudie*. Aachen: Meyer & Meyer.

Richartz, A. & Brettschneider, W. (1996). *Weltmeister werden und die Schule schaffen: Zur Doppelbelastungvon Schule und Leistungstraining*. Schorndorf: Hofmann.

Scheid, V., Rank, M. & Kuckuck, R. (2003). *Behindertenleistungssport. Strukturen und Anforderungen aus Athletensicht*. Aachen: Meyer & Meyer.

Effekte des Hochleistungssports auf die kollektive Identifikation der Bürgerinnen und Bürger

(AZ 070903/15-17)

Michael Mutz (Projektleitung) & Markus Gerke
Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Sportwissenschaft

1 Problemstellung

Die Sportlerinnen und Sportler, die bei internationalen Sportgroßereignissen, wie z. B. Olympischen Spielen oder Welt- und Europameisterschaften im Fußball, an den Start gehen, repräsentieren den Nationalstaat. Insofern sind Olympische Spiele oder Welt- und Europameisterschaften nicht nur globale Sportereignisse, sondern zugleich eingerahmt in eine nationale Symbolik, die sich u. a. am Abspielen der Nationalhymnen und in der Präsenz von Nationalflaggen manifestiert. Die Medien fokussieren ebenfalls vorwiegend „unsere" Sportlerinnen und Sportler und rücken diese in den Mittelpunkt ihrer Berichterstattung. Die meisten Zuschauer identifizieren sich insbesondere mit den Athletinnen und Athleten, die ihr eigenes Land vertreten, und fiebern mit diesen mit. Die Sportlerinnen und Sportler verkörpern insofern für einige Wochen die Nation und werden für die Dauer eines Sportereignisses zu einem herausragenden Ankerpunkt für kollektive bzw. nationale Zugehörigkeit.

Diese Effekte des Hochleistungssports auf die Identifikation der Bürgerinnen und Bürger mit dem Nationalstaat wurden im Projekt im Detail untersucht.

Dabei standen folgende Fragestellungen im Mittelpunkt:

- Erstens sollte geprüft werden, ob die Identifikation mit dem Nationalstaat tatsächlich durch ein sportliches Großereignis messbar ansteigt.
- Wenn dies der Fall ist, stellt sich die Frage, ob es sich dabei um einen ‚harmlosen', ‚fröhlichen' Patriotismus handelt, bei dem das Feiern und der Sport im Vordergrund stehen, oder ob auch nationalistische Einstellungen zunehmen, in denen sich eine Überhöhung der deutschen Nation und die Abwertung anderer Nationen ausdrücken.
- Wie genau bzw. durch welche Mechanismen nationale Identifikation während eines Sportgroßereignisses erzeugt und aktualisiert wird, sollte in einer dritten Forschungslinie thematisiert werden.

2 Theoretischer Rahmen

Für die Analysen waren vor allem zwei theoretische Bezugspunkte leitend, die jeweils die spezifische Bedeutung von sportlichen Leistungen und Erfolgen oder von erlebten Emotionen für die Identifikation der Menschen mit dem Nationalstaat hervorheben.

1) Aus sozialpsychologischer Perspektive lässt sich die Social Identity Theory (SIT, Tajfel & Turner, 1979) heranziehen, die im Kern besagt, dass Menschen sowohl sich selbst als auch andere Menschen nicht nur als Individuen wahrnehmen, sondern immer auch als Angehörige verschiedener sozialer Gruppen. Sie können sich selbst bzw. sich wechselseitig als Bürger eines Nationalstaats, Anhänger einer bestimmten Religion, Mitglied einer Partei usw. kategorisieren. Diese Kategorisierung kann für Personen Teil ihrer sozialen Identität werden, wenn sie sich mit der sozialen Gruppe *identifizieren*. Identifikation geht über das Wissen, Mitglied der Gruppe zu sein, hinaus und impliziert, dass sich Menschen mit einem Kollektiv verbunden *fühlen* und ihnen

die Zugehörigkeit *wichtig* ist. Laut SIT hängt die Stärke der Identifikation mit einer Gruppe entscheidend von den Eigenschaften ab, die der Gruppe zugeschrieben werden. Je positiver die Eigenschaften bewertet werden, desto stärker die Identifikation mit der Gruppe. Für diese Bewertungen sind Vergleiche mit Fremdgruppen äußerst relevant. Sportliche Wettkämpfe, bei denen Nationalteams gegeneinander antreten, erlauben soziale Vergleiche zwischen Eigengruppe und Fremdgruppe auf besonders einfache und direkte Art und Weise. Schneiden die Sportlerinnen und Sportler des eigenen Landes erfolgreich ab, kann dies laut SIT eine wichtige Quelle für Nationalstolz und positive Identifikation mit dem eigenen Land sein. Jede Medaille und jeder Sieg, sei es bei den Olympischen Spielen oder einem internationalen Fußballturnier, wird so zu einem anschaulichen Exempel für die Leistungsfähigkeit, Stärke, ja Überlegenheit der eigenen Nation und dürfte die Bindung an die Nation entsprechend verstärken.

2) Darüber hinaus können die bei einem Sportereignis erlebten (meist medial vermittelten) Emotionen für die Erzeugung und Verstärkung kollektiver Bindungen ausschlaggebend sein. Diese Annahme hat eine lange Tradition in der soziologischen Theoriebildung, die sich bis zu Durkheim (1995/1912) zurückverfolgen lässt. In seinen religionssoziologischen Arbeiten beschreibt Durkheim, wie durch gemeinschaftlich ausgeführte Rituale starke kollektive Erregungszustände in einer Gruppe ausgelöst werden. Diese außeralltäglichen kollektiven Emotionen übersteigen die gewöhnliche Erfahrungswelt, sind Grundlage (quasi-)religiöser Gefühle und führen dazu, dass die Gruppe selbst und die Symbole, die die Gruppe repräsentieren, dem Bereich des Sakralen zugeordnet werden. Dieses Argument lässt sich auf heutige Sportereignisse übertragen, wo ebenfalls kollektive Erregungszustände ausgelöst werden, die nicht nur emotionale Bindungen an die Sportlerinnen und Sportler hervorrufen, sondern auch an das Kollektiv – d. h. hier die Nation –, das sie repräsentieren. Der Sport bietet durch die ihm inhärente Dramaturgie insofern zahlreiche Gelegenheiten, die Symbole des Nationalstaats und die Kategorie „Nation“ affektiv aufzuladen. Die im Grunde nur imaginierte Gemeinschaft der Nation wird so zu einer fühl- und erlebbaren Erfahrung.

3 Methode

Das empirische Forschungsvorhaben bestand aus einem repräsentativen Online-Panel, der im Längsschnitt angelegt war und vier Erhebungszeitpunkte im Jahr 2016 umfasste. Die vier Zeitpunkte wurden so terminiert, dass sie die Fußball-EM in Frankreich und die Olympischen Sommerspiele in Rio de Janeiro umfassten (Abb. 1). Als Ausgangsstichprobe (t1) wurden N = 1500 Interviews im Mai 2016 realisiert, die die deutsche erwachsene Bevölkerung hinsichtlich zentraler soziodemografischer Merkmale repräsentierte. In den jeweils folgenden Wellen (t2 und t3) konnten etwa 70 %. der Ausgangsstichprobe wieder erreicht und befragt werden, so dass umfangreiche Stichproben für Längsschnittanalysen zur Verfügung stehen. In einer vierten Erhebungswelle im September 2016 (t4) wurden alle Personen nochmals angeschrieben, die an der EM- (t2) und/oder der Olympia-Welle (t3) teilgenommen hatten.

Inhaltlich bezogen sich die Fragen und Skalen des Surveys u. a. auf die Rezeption der beiden Sportgroßereignisse, die Identifikation mit deutschen Sportlerinnen und Sportlern, die Verbundenheit mit dem Nationalstaat und seinen Institutionen, Patriotismus, Nationalismus, soziales Vertrauen und Fremdenfeindlichkeit. Der Survey wurde durch drei experimentelle Studien flankiert, die darauf abzielten, bestimmte Mechanismen genauer zu prüfen, durch die ein Effekt der Sportberichterstattung auf die Rezipienten zustande kommen kann. Hier wurde getestet, inwieweit sich Zuschauer einer bestimmten Sportsendung nach dem Ansehen im Hinblick auf ihre Einstellungen zum bzw. Identifikation mit dem Nationalstaat von einer Kontrollgruppe, die keine oder eine andere Sendung sahen, unterscheiden.

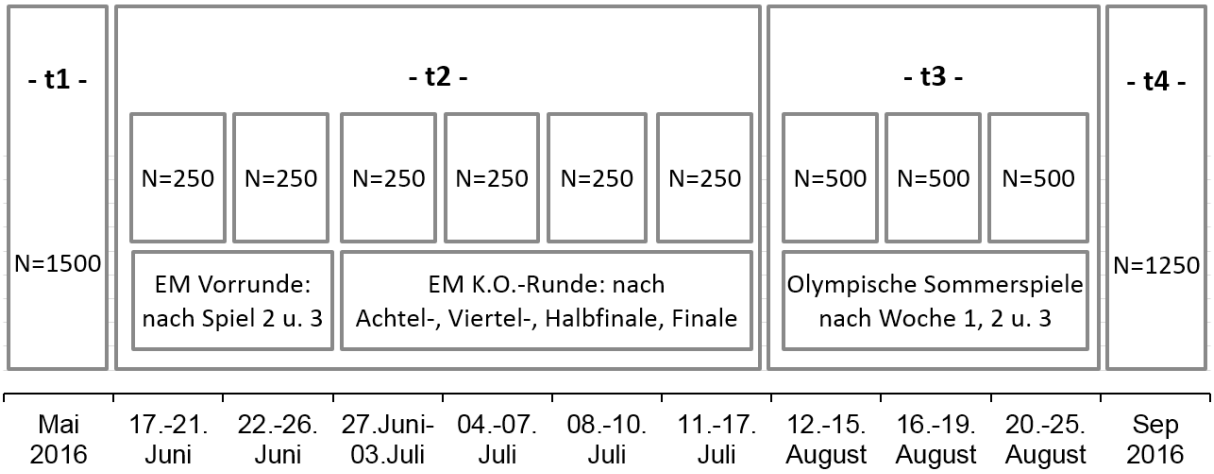


Abb. 1: Terminierung der Erhebungswellen und der Interviews der Online-Panelstudie

4 Ergebnisse

4.1 Zentrale Befunde des Online-Surveys

Die umfangreichen Ergebnisse des deutschlandweiten Online-Surveys können an dieser Stelle nur in wenigen Ausschnitten und im Überblick beschrieben werden.

1) Die Sportübertragungen zur Fußball-EM und den Olympischen Sommerspielen entwickelten eine enorme mediale Reichweite. Zur Fußball-EM verfolgten hochgerechnet auf die deutsche Bevölkerung rund 40 Millionen Menschen die Live-Sendungen der Vorrundenspiele und bis zu 47 Millionen Menschen die K.O.-Spiele des DFB-Teams. In diesen Zahlen sind nicht nur die Fernsehzuschauer zu Hause, sondern auch die Zuschauer an öffentlichen Orten abgebildet. Darüber hinaus zeigen die Befunde, dass die Live-Sendungen soziale, Geselligkeit stiftende Events sind: Neben Personen, die außer Haus in Bars und Biergärten die EM-Spiele verfolgten, schauten die Menschen die Sportsendungen auch in den eigenen vier Wänden mit der Familie, Freunden oder Bekannten an. Die wenigsten saßen allein vor dem Fernsehgerät.
2) Darüber hinaus lässt sich festhalten, dass ein großer Anteil der Zuschauer bei den Live-Übertragungen emotional involviert war, d. h. mitgefiebert und sich mitgefreut hat. Die Intensität der berichteten Emotionen, wie z. B. Freude und Anspannung, fiel bei einem höheren Grad an Identifikation mit deutschen Sportlerinnen und Sportlern nochmals höher aus. Die Fans und Sympathisanten der DFB-Auswahl empfanden nach dem Ausscheiden aus dem EM-Turnier aber auch mehr Trauer und Ärger. Darüber hinaus lässt sich ein Zusammenhang zwischen Emotionserleben und Gruppenkontext belegen: Das Anschauen der EM-Spiele zusammen mit mehreren anderen Personen geht mit einer Intensivierung von Spannung und Freude einher.
3) Die Identifikation der Bevölkerung mit deutschen Sportlerinnen und Sportlern ist ausgesprochen hoch. Rund 31 %. der Befragten können sich „sehr stark“ und weitere 40 %. „etwas“ mit der deutschen Fußballnationalmannschaft identifizieren. Aber nicht nur die DFB-Elf ist ein Ankerpunkt für Identifikation, sondern auch die deutschen Sportlerinnen und Sportler insgesamt: In der Olympia-Welle im August gaben 62 %. der Befragten an, sich „sehr stark“ oder „etwas“ mit den deutschen Athletinnen und Athleten zu identifizieren.
4) In der EM-Welle wurde nach Verhaltensweisen gefragt, in denen sich ein expressiver „Fußballpatriotismus“ ausdrückt (Mutz, 2018a). Damit ist ein offener, ausdrucksbetonter Umgang mit nationalen Symbolen gemeint, z. B. das Mitsingen der Nationalhymne vor einem Fußballspiel, das Anziehen von Deutschland-Shirts, -Kappen und -Schals oder das Aufhängen von Flaggen am Auto oder in der Wohnung. Für die

EM lässt sich ein Anteil von ca. 15 %. an „Fußballpatrioten" ermitteln – umgerechnet auf die Grundgesamtheit sind das mehr als 9 Millionen Menschen. Dabei wurden alle Personen zu den Fußballpatrioten gerechnet, die angegeben haben, dass sie mehrere expressive Handlungen ausgeführt haben (vgl. Tab. 1). Weitere Befunde zeigen, dass Fußballpatriotismus in jüngeren Altersgruppen und bei Personen, die sich politisch in der Mitte oder eher rechts verorten, stärker ausgeprägt ist.

Tab. 1: Verbreitung fußballpatriotischer Handlungen zur UEFA EURO 2016

	Anteil (in %.)
die Nationalhymne vor einem Spiel mitgesungen	20,9
ein Deutschland-Trikot oder Fan-Shirt angezogen	16,1
die deutsche Flagge aufgehängt	14,8
DFB-Fanartikel angezogen (Schal, Kappe etc.)	12,7
Wohnung mit Accessoires geschmückt	10,7
Fangesänge mit anderen angestimmt	10,1
das Auto mit Fanartikeln geschmückt	9,4
sich in Schwarz-Rot-Gold geschminkt	7,3
nach dem Spiel am Autokorso teilgenommen	1,9
„Fußballpatrioten" (mind. drei verschiedene Handlungen)	14,7

5) Signifikante Veränderungen in den Einstellungen zum Nationalstaat im Vergleich zum Mai 2016 (t_1) sind in der Gesamtstichprobe zum Zeitpunkt der Fußball-EM (t_2) oder der Olympischen Sommerspiele (t_3) nicht zu erkennen. Tendenziell ist für Personen, die sich *nicht* für die Sportereignisse interessieren, eine geringere Identifikation mit dem Nationalstaat zu erkennen[1], während patriotische und nationalistische Einstellungen bei sportinteressierten Personen konstant bleiben bzw. bei den „Fußballpatrioten" sogar leicht ansteigen.

6) Mit Blick auf das subjektive Wohlbefinden der Befragten kann gezeigt werden, dass die Lebenszufriedenheit in der erwachsenen deutschen Bevölkerung während der Fußball-EM signifikant höher lag als wenige Wochen zuvor (Mutz, 2018b). Der Effekt der EM auf die Zufriedenheit war insgesamt zwar nur von geringer Stärke (d = .17), jedoch gab es deutlich höhere Anstiege in fußballaffinen Bevölkerungsgruppen, z. B. bei den Sympathisanten der DFB-Elf. Im Zeitraum der Olympischen Sommerspiele ist ebenfalls ein positiver Effekt auf die Lebenszufriedenheit zu erkennen, der aber im Durchschnitt geringer ausfiel (d = .10).

1 Bei der Interpretation ist zu berücksichtigen, dass kurz vor Beginn der EM eine öffentliche Debatte über die Hautfarbe einiger DFB-Spieler ausgelöst wurde. Dies dürfte einige Befragte für nationalistische Untertöne sensibilisiert haben, weshalb die entsprechenden Items im Survey in der Folge kritischer bewertet wurden.

4.2 Zentrale Befunde der Experimente

Die Experimente, von denen wir zwei im Folgenden kurz beschreiben, testeten spezielle Zusammenhänge und Mechanismen. In Experiment 1 wurde geprüft, ob eine *einzelne* Fußballübertragung der deutschen Nationalmannschaft die Identifikation mit der Nation bzw. mit dem Nationalstaat verändern kann. Das Experiment 2 testete, ob Probanden *nur dann* eine höhere nationale Identifikation aufweisen, wenn ein (aus deutscher Sicht) erfolgreiches Sportereignis mit einem höheren Grad an emotionaler Involvierung verfolgt wird.

1) Im Experiment 1 wurde ein Längsschnitt-Design genutzt, bei dem die Versuchspersonen an zwei Zeitpunkten zu ihren Einstellungen befragt wurden. Etwa drei Wochen vor der Fußball-EM 2016 (t_1) beantworteten die Teilnehmenden verschiedene Fragen zu ihrer Identifikation mit dem Nationalstaat und wurden anschließend zufällig in eine Experimental- und eine Kontrollgruppe unterteilt. Die Experimentalgruppe schaute drei Wochen später gemeinsam das EM-Eröffnungsspiel der DFB-Auswahl gegen die Ukraine live im Fernsehen, während die Kontrollgruppe am selben Tag drei Stunden früher ein Spiel ohne Beteili-

gung der deutschen Mannschaft (Polen gegen Nordirland) live gemeinsam ansah. Nach Ende des Spiels füllten die Teilnehmenden den Fragebogen ein zweites Mal aus (t_2). Versuchspersonen, die das Spiel der deutschen Mannschaft gesehen hatten, fühlten sich danach stärker Deutschland zugehörig und waren in höherem Maß patriotisch und nationalistisch eingestellt als drei Wochen zuvor. Zudem war der Anstieg in der Identifikation mit dem Nationalstaat größer als in der Kontrollgruppe, also bei denjenigen, die wenige Stunden vorher ein Spiel ohne deutsche Beteiligung gesehen hatten. Die Ergebnisse des Experiments lassen den Schluss zu, dass sich bereits das Anschauen eines einzigen erfolgreichen Spiels der Nationalmannschaft auf die Stärke der Identifikation mit dem Nationalstaat auswirkt.

2) Im Experiment 2 wurde getestet, ob die mediale Rahmung einer Sportsendung patriotische Gefühle aufseiten des Fernsehpublikums verstärken kann (Mutz & Gerke, 2017). Hierfür sahen sich die Versuchspersonen die Aufzeichnung der Live-Übertragung des Kajak-Finals (K2, 1000 m) der Olympischen Spiele 2016 an, welches vom deutschen Boot gewonnen wurde. Die Teilnehmenden wurden dabei zufällig in zwei Gruppen aufgeteilt. Eine Gruppe sah die Aufzeichnung der ARD-Übertragung, während die zweite Gruppe dasselbe Rennen als Aufzeichnung des österreichischen Kanals ORF2 verfolgte. Während Fernsehbilder, Verlauf und Ausgang des Rennens für beide Gruppen identisch waren, lag der einzige Unterschied in der Kommentierung: Der ARD-Kommentator präsentierte das Rennen wesentlich emotionaler und parteiischer, z. B. feuerte er die deutschen Sportler an und freute sich enthusiastisch über ihren Sieg, während der ORF-Kommentator den Wettkampf wertfrei und ruhig präsentierte. Nach Anschauen der Übertragung füllten die Teilnehmenden einen Fragebogen zur Identifikation mit dem Nationalstaat aus. Hierbei zeigte sich, dass die Experimentalgruppe, die das Rennen im deutschen Fernsehen mit einer emotional und patriotisch eingefärbten Kommentierung ansah, nicht nur stärker mitfieberte, sondern sich anschließend stärker Deutschland zugehörig fühlte sowie patriotischer und nationalistischer eingestellt war als diejenigen, die die ORF-Sendung desselben Rennens sahen (vgl. Tab. 2). Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass die emotionale Einfärbung der Fernsehsendung eines (aus deutscher Sicht) erfolgreichen sportlichen Wettkampfes die Identifikation mit Deutschland sowie Patriotismus und Nationalismus aufseiten der TV-Zuschauer verstärken kann.

5 Diskussion

Tab. 2: Identifikation mit dem Nationalstaat nach dem Anschauen einer Aufzeichnung der ARD- vs. ORF-Sendung des olympischen Kajak K2 1000m Finals von Rio de Janeiro 2016

	Mittelwertdifferenz der ARD- vs. ORF-Gruppe						
	M_{ARD}	M_{ORF}	*Diff*	SD_{pool}	*t*	*d*	*p*
Zugehörigkeit zu Deutschland	4,10	3,53	0,57	1,04	2,36	0,55	.011
Patriotismus-Skala	3,68	3,28	0,40	0,74	2,33	0,43	.012
Nationalismus-Skala	2,40	2,10	0,30	0,58	2,26	0,52	.014

Aus dem Projekt haben sich wichtige Erkenntnisse über die Wirkungen und Wirkungsweisen des Hochleistungssports auf Einstellungen zur Nation und zum Nationalstaat ergeben: Insbesondere ist festzuhalten, dass in den durchgeführten Experimenten konsistent nachgewiesen werden konnte, dass der Spitzensport die Einstellungen zum Nationalstaat beeinflussen kann, und zwar bereits dann, wenn Sportereignisse in kleinen ‚Dosierungen' – z. B. in Form einzelner Spiele und einzelner Berichte – konsumiert werden. Flächendeckend ist ein solcher Effekt im Bevölkerungssurvey nicht zu erkennen. Dort treten Veränderungen in den Einstellungen zur Nation nur bei besonders sportinteressierten bzw. emotional besonders stark involvierten Personengruppen auf. Die aufgezeigten Effekte des Sports scheinen jedoch nicht länger konservierbar zu sein. Die zwei Sportgroßereignisse

erzeugten in einigen Bevölkerungsgruppen kurze Aufwallungen an Nationalstolz, die sich kurz nach dem Sportereignis bereits erkennbar abschwächten und im September – etwa zwei Monate nach Ende der UEFA Europameisterschaft bzw. etwa einen Monat nach Ende der Olympischen Spiele – weitestgehend wieder verschwunden waren.

Als komplex entpuppt sich das Verhältnis zwischen Patriotismus und Nationalismus. Fußballbezogener Patriotismus ist zum einen ein Massenphänomen, das in der Mitte der Gesellschaft fest verankert ist. Als Einstellungskonstrukt ist patriotischer Stolz auf die Leistungen und Erfolge deutscher Sportlerinnen und Sportler positiv mit Nationalismus und Fremdenfeindlichkeit korreliert, die als benachbarte Konstrukte angesehen werden können. So gesehen erscheint es nicht realistisch, davon auszugehen, dass der Sport patriotische Bindungen an die Nation erzeugen kann, ohne dass im Schlepptau auch nationalistische Ressentiments mitbeeinflusst werden.

6 Literatur

Durkheim, E. (1995/1912). *The elementary forms of religious life*. New York: The Free Press.

Mutz, M. (2018a, im Erscheinen). Football-related patriotism in Germany and the UEFA EURO 2016. *German Journal of Exercise and Sport Research*.

Mutz, M. (2018b, im Erscheinen). Life satisfaction and the UEFA EURO 2016: Findings from a nation-wide longitudinal study in Germany. *Applied Research in Quality of Life*.

Mutz, M. & Gerke, M. (2017). Major sporting events and national identification: The moderating effect of emotional involvement and the role of the media. *Communication & Sport*. Online First (03.10.2017). doi: 10.1177/2167479517733447.

Tajfel, H. & Turner, J. (1979). An integrative theory of intergroup conflict. In W. Austin & S. Worchel (Eds.), *Social psychology of intergroup relations* (S. 33-47). Monterey: Brooks/Cole.

Psychische Gesundheit von Trainern: Diagnostik und Intervention

(AZ 071003/15-17)

Michael Kellmann[1,2] (Projektleitung), Jens Kleinert[3,4] (Projektleitung), Paul Schaffran[1] & Christian Zepp[3]

[1]Ruhr-Universität Bochum, Sportpsychologie
[2]The University of Queensland, School of Human Movement and Nutrition Sciences, Australia
[3]Deutsche Sporthochschule Köln, Psychologisches Institut, Abt. Gesundheit & Sozialpsychologie
[4]Das Deutsche Forschungszentrum für Leistungssport Köln – momentum

1 Problem

Burnout im Leistungssport ist seit fast drei Jahrzehnten ein Thema der Sportwissenschaft. Seit der ersten Publikation, die sich mit Burnout-Prozessen im Sport beschäftigte (Caccese & Mayerberg, 1984), hat dieses Thema zunehmendes Interesse gefunden. Die Übersichtsarbeiten von Dale und Weinberg (1990), Goodger et al. (2007) sowie Altfeld und Kellmann (2013) zeigen, dass die Anzahl von Burnoutstudien im Sport in den letzten Jahren beständig gestiegen ist, zugleich aber auch, dass die zu Grunde gelegten Forschungskonzeptionen eher einseitig, nämlich überwiegend stresstheoretisch ausgerichtet sind.

Im Kontext des zunehmenden Interesses der Sportwissenschaft für Burnout spielte das Trainerburnout bislang eine untergeordnete Rolle. Dabei besitzt das Thema eine hohe Relevanz sowohl aus gesellschaftlicher, aus sportwissenschaftlicher als auch aus sportpraktischer Sicht. In gesellschaftlicher Hinsicht stellen sich Trainerinnen und Trainern als Stellvertreter für andere hoch beanspruchte Berufsgruppen dar (z. B. Lehrer, Pflegepersonal), was dazu führt, dass Wissen über Burnout-Prozesse im Sport auch für die Gesamtgesellschaft von besonderer Bedeutung ist.

In sportwissenschaftlicher Hinsicht sind viele Mechanismen von Trainerburnout bislang ungeklärt (Fletcher & Scott, 2010). Dies betrifft die Verursachung von Burnout, insbesondere aber Präventionsmöglichkeiten. Bisherige Untersuchungen sind häufig theoretisch ausgerichtet; zudem fehlen sensitive Messinstrumente, die dabei helfen, solche Mechanismen aufzudecken und klinische Symptome von vorklinischen zu unterscheiden.

Schließlich ist Trainerburnout aus sportpraktischer Sicht hoch relevant, weil hiermit die sportliche Leistungsfähigkeit in hohem Maße beeinflusst wird. Der Athlet ist in seinem Befinden und seiner Leistungsfähigkeit von einer funktionsfähigen Trainer-Athlet-Beziehung abhängig, weshalb sich eine starke Beeinträchtigung auf Seiten der Trainerin oder des Trainers auch auf die Leistung und das Befinden des Athleten auswirkt (Price & Weiss, 2000). Trainerburnout ist also auch für Athletinnen und Athleten ein wichtiges Thema.

Basierend auf diesen Gründen initiierten die Ruhr-Universität Bochum und die Deutsche Sporthochschule Köln gemeinsam das vorliegende Projekt, mit dem die beiden folgenden Hauptzielsetzungen verfolgt wurden:

- Es sollten diagnostische Ansätze weiterentwickelt, erprobt und evaluiert werden, die einerseits salutogenetisch (gesundheitsförderlich) orientiert sind, andererseits dazu dienen, Risikofaktoren für Burnout in Frühstadien zu erkennen.
- Es sollten Maßnahmen zur Förderung der psychischen Gesundheit und zur Prävention entwickelt, erprobt und evaluiert werden, die sich sowohl als Add-On als auch als Teil der Traineraus-, -fort- und -weiterbildungen einbinden lassen.

2 Methode

Zur *Diagnostikentwicklung* (Fragestellung 1) wurden drei Querschnittstudien und eine Längsschnittstudie (8 Messzeitpunkte über die gesamte Saison) durchgeführt. Im Rahmen der ersten Studie (*N* = 233) wurden Fragebögen gesichtet und eingesetzt, bei denen aus bisheriger Literatur bereits Zusammenhänge mit Burnout nachweisbar waren. In diesem Prozess wurden sowohl motivationale Ansätze (Coach-Motivation-Questionnaire [CMQ]; McLean, Mallett & Newcombe, 2012) als auch Konzepte zu Stress und Erholung (Erholungs-Belastungs-Fragebogen für Trainer [EBF-Trainer]; Kellmann, Kallus & Altfeld, 2016, Erholungs-Belastungs-Fragebogen für den Arbeitskontext [EBF-Work]; Jimenez, Dunkl & Kallus, 2016) sowie die Arbeitsplatzbedingungen von Trainerinnen und Trainern (Areas of Worklife Survey [AOW]; Leiter & Maslach, 1999) berücksichtigt. Anhand von Regressionsanalysen wurden die Skalen mit der größten Varianzaufklärung von Emotionaler Erschöpfung (als Kernsymptom von Burnout) extrahiert und deren Anzahl in der zweiten Studie (*N* = 312) weiter gekürzt. In Studie zwei wurde darüber hinaus eine explorative Faktorenanalyse zur Identifikation einer Faktorenstruktur gerechnet. In Studie drei (*N* = 473) wurde zur Überprüfung der faktoriellen Struktur des neuen Diagnostikums eine konfirmatorische Faktorenanalyse durchgeführt. Die Längsschnittstudie wurde über eine gesamte Saison (8 Messzeitpunkte) mit 41 Fußballtrainern durchgeführt und diente der Überprüfung der Veränderungssensitivität des Diagnostikums.

Zu Fragestellung 2 wurde eine *Interventionsstudie* mit insgesamt 65 Trainerinnen und Trainern (76.9 %. männlich; Alter *M* = 43.6 Jahre) durchgeführt, die randomisiert einer der drei Untersuchungsbedingungen (Workshop, Einzelbetreuung, Kontrollgruppe) zugeordnet wurden. Inhaltlich hatten sowohl die Workshops als auch die telefonischen Einzelbetreuungen eine salutogenetische Perspektive, in der der Fokus sowohl auf die individuelle Erholungs-Beanspruchungsbilanz als auch auf die individuelle Bedürfnisbefriedigung gelegt wurde. Darüber hinaus wurden speziell die in den Querschnittstudien identifizierten Risikofaktoren allgemeine Beanspruchung, Übermüdung, körperliche Beschwerden, allgemeine Erholung, gestörte Pausen, emotionale Erschöpfung und ungestörte Freizeit angesprochen und mit den Trainerinnen und Trainern bearbeitet. Sowohl die Workshops als auch die Einzelbetreuungen wurden von erfahrenen sportpsychologischen Experten durchgeführt. Auf Ergebnisevaluationsebene wurde die Wirksamkeit der erarbeiteten Interventionen mit Hilfe des in den Querschnittstudien entwickelten Diagnostikums, sowie der etablierten Messinstrumente zur Erfassung der psychischen Gesundheit WHO-5 (Bech, 2004) und des Risikos eine Depression zu entwickeln PHQ-2 (Kroenke & Spitzer, 2003) untersucht. Die Prozessevaluation wurde mit Hilfe des Fragebogens zur Qualitätssicherung in der Sportpsychologie (QS-17; Kleinert & Ohlert, 2014) durchgeführt.

3 Ergebnisse

Diagnostikentwicklung. Als Ergebnis der Regressionsanalyse wiesen 15 der insgesamt 45 Skalen (6 aus dem CMQ, 19 aus dem EBF-Trainer, 14 aus dem EBF-Work und 6 aus dem AOW) ein signifikantes Beta-Gewicht auf und konnten 59 %. der Gesamtvarianz von Emotionaler Erschöpfung erklären. Das Ergebnis der explorativen Faktorenanalyse zeigte ein Modell mit drei Dimensionen (*Prä-Burnout, Ressourcen, Burnout*), welches durch die konfirmatorische Faktorenanalyse sowohl für das Gesamtmodell (GFI = .91, AGFI = .86, CFI = .96, RMSEA = .09), als auch für die einzelnen Dimensionen *Prä-Burnout* (GFI = 1.0, AGFI = .98, CFI = 1.0, RMSEA = .05), *Ressourcen* (GFI = .97, AGFI = .91, CFI = .99, RMSEA = .11) und *Burnout* (GFI = .97, AGFI = .91, CFI = .99, RMSEA = .10) mit guten Fit Indizes bestätigt werden konnte. Die Ergebnisse aus der Längsschnittstudie zeigten signifikante Unterschiede über den Saisonverlauf für *Prä-Burnout* ($F(5.0,201.6) = 2.696$, $p = .022$, $\eta 2 = .063$) und *Burnout* ($F(4.8,192.2) = 2.476$, $p = .036$, $\eta 2 = .058$). Für *Ressourcen* ($F(6.4,257.2) = 2.050$, $p = .055$, $\eta 2 = .049$) zeigten sich hingegen keine signifikanten Effekte. Post-Hoc Analysen zeigten für *Prä-Burnout* jedoch keine signifikanten Einzelvergleiche zwischen den acht Messzeitpunkten. In der Dimension *Burnout* zeigte sich ein signi-

fikanter Anstieg von MZP 5 (Beginn der Rückrunde) zu MZP 6 (Mitte der Rückrunde).

Interventionsstudie. Kurzfristig führten die Interventionen von MZP 1 zu 2 lediglich in der Einzelbetreuungsbedingung zu signifikanten Veränderungen in den Dimensionen der Allgemeinen Beanspruchung ($T = 2.294$, $p = .034$) und der Gestörten Pausen ($T = 2.356$, $p = .030$) bei den teilnehmenden Trainerinnen und Trainern. Von MZP 1 zu 3 führten die Interventionen mittelfristig bei den Workshopteilnehmerinnen und -teilnehmern in den Bereichen der Gestörten Pause ($T = 2.786$, $p = .011$) sowie Ungestörten Freizeit ($T = -2.402$, $p = .026$), und bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der Einzelbetreuungen in der Allgemeinen Beanspruchung ($T = 2.505$, $p = .022$), den Somatischen Beschwerden ($T = 2.107$, $p = .049$) sowie dem Risiko eine Depression zu entwickeln ($T = 2.233$, $p = .038$) von MZP 1 zu 3 zu signifikanten Verbesserungen. Darüber hinaus wurden die unterschiedlichen Interventionsangebote in Form von Workshops und telefonischer Einzelbetreuung von den Trainerinnen und Trainern insgesamt sehr positiv beurteilt. Besonders positiv wurde bei den Workshops der Austausch mit Kolleginnen und Kollegen sowie die direkte Anwendbarkeit der vermittelten Methoden bewertet.

4 Diskussion

Das entwickelte Diagnostikum vereint eine Vielzahl an bereits durch frühere Studien erfasste Risiko- und Schutzfaktoren von Burnout innerhalb eines Fragebogens. Auf der Basis dieser Faktoren können kritische Zustände und Bedingungen frühzeitig erkannt und in der Folge zielgerichtete Intervention abgeleitet werden. Während die Dimension Burnout dabei die unmittelbar mit der Entwicklung von Burnout zusammenhängenden Aspekte von Burnout enthält, subsumiert die Dimension Ressourcen Aspekte, welche burnoutprädiktiv und somit gesundheitsfördernd wirken. Die Dimension Prä-Burnout hingegen beinhaltet Situationen und deren physische Folgen, die zu einer Störung von Erholungsaktivtäten führen können. Die Ergebnisse der Längsschnittstudie deuten darauf hin, dass die innerhalb des Diagnostikums erfassten Dimensionen bei Fußballtrainern Schwankungen über den Verlauf einer Saison hinweg unterliegen.

Die Ergebnisse der Interventionsstudie zeigen, dass die Workshops und Einzelbetreuungen zu einigen kurz- und mittelfristigen Verbesserungen in den im ersten Projektschritt identifizierten Risikofaktoren sowie einer Reduktion des Risikos, eine Depression zu entwickeln führen. Unterschiede zwischen den verschiedenen Interventionsgruppen konnten allerdings nicht nachgewiesen werden. Eine Erklärung hierfür ist, dass die beiden Interventionszeiträume einmal am Jahresende und dann am Jahresanfang lagen. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Trainerinnen und Trainer, die an den Interventionen zu Jahresbeginn teilgenommen haben, aufgrund der Weihnachtszeit erholter waren und dadurch eine bessere psychische Gesundheit besaßen.

Die Ergebnisse der Interventionsstudie zeigen darüber hinaus, dass eine Betreuung von Trainerinnen und Trainern mit vergleichsweise wenig Aufwand (z. B. durch kurze, telefonische Einzelgespräche) zu positiven Effekten auf die psychische Gesundheit führen können. Daher sollten Sportverbände sowohl in der Trainerausund -weiterbildung, als auch in der langfristigen Begleitung ihrer Trainerinnen und Trainer entsprechende Maßnahmen integrieren und anbieten. Um einen möglichst großen Effekt auf die psychische Gesundheit von Trainerinnen und Trainern zu haben sollten entsprechende Angebote nicht in oder unmittelbar nach Ferien durchgeführt werden. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass sich die Integration einer aktiven Gesundheitsförderung und Primärprävention bei Trainerinnen und Trainern positiv auswirkt und so auch zu funktionsfähigen Trainer-Athlet-Beziehungen beitragen kann.

5 Literatur

Altfeld, S. & Kellmann, M. (2013). Burnout bei Trainern: Ein Review. *Zeitschrift für Sportpsychologie, 20*, 47-58.

Altfeld, S., Schaffran, P. & Kellmann, M. (2015). Trainerburnout, Stress und Erholung im Saisonverlauf. In K. Wunsch, J. Müller, H. Mothes, A. Schöndube, N. Hartmann & R. Fuchs (Hrsg.), *Selbstregulation und Sport*, Abstractband zur 47. asp-Jahrestagung (S. 35). Hamburg: Czwalina.

Bech, P. (2004). Measuring the dimensions of psychological general well-being by the WHO-5. *QoL Newsletter, 32*, 15-16.

Caccese, T. & Mayerberg, C. (1984). Gender differences in perceived burnout of college coaches. *Journal of sport & exercise psychology, 6*, 279-288.

Dale, J. & Weinberg, R. (1990). Burnout in sport: A review and critique. *Applied sport psychology, 2*, 67-83.

Fletcher, D. & Scott, M. (2010). Psychological stress in sports coaches: A review of concepts, research, and practice. *Journal of sports sciences, 28*, 127-137.

Goodger, K., Gorely, T., Lavallee, D. & Harwood, C. (2007). Burnout in sport: A systematic review. *The sport psychologist, 21*, 127-151.

Jimenez, P., Dunkl, A., & Kallus, K. W. (2016). *Recovery-Stress Questionnaire for Work. In K. W. Kallus & M. Kellmann (Eds.), The Recovery-Stress Questionnaires: User manual* (pp. 158-187). Frankfurt am Main: Pearson.

Kellmann, M., Kallus, K. W. & Altfeld, S. (2016). The Recovery-Stress Questionnaire for Coaches. In K. W. Kallus & M. Kellmann (Eds.), *The Recovery-Stress Questionnaires: User manual* (pp. 132-157). Frankfurt am Main: Pearson.

Kleinert, J. & Ohlert, J. (2014). Ergebnisqualität in der sportpsychologischen Beratung und Betreuung: Konstruktion und erste Ergebnisse des Befragungsinventars QS17. *Zeitschrift für Sportpsychologie, 21* (1), 13-22.

Kroenke, K. & Spitzer, R. L. (2002). The PHQ-9: A new depression diagnostic and severity measure. *Psychiatric annals, 32* (9), 1-7.

Leiter, M. P. & Maslach, C. (1999). Six areas of worklife: A model of the organizational context of burnout. *Journal of health and human resources administration, 21*, 472-489.

McLean, K., Mallett, C. J. & Newcombe, P. (2012). Assessing coach motivation: The development of the Coach Motivation Questionnaire (CMQ). *Journal of sport & exercise psychology, 34*, 184-207.

Price, M. S. & Weiss, M. R. (2000). Relationships among coach burnout, coach behaviors, and athletes' psychological responses. *The sport psychologist, 14* (4), 391-409.

Schaffran, P., Altfeld, S., Zepp, C., Kleinert, J. & Kellmann, M. (2016). Sind deutsche Trainer ausgebrannt? Eine Studie zur Prävalenz emotionaler Erschöpfung bei deutschen Trainern. In B. Halberschmidt, D. Dreiskämper, T. Utesch, M. Tietjens, K. Staufenbiel, L. Schücker, M. Kolb, S. Querfurth, S. Mentzel, A. Hill, C. Raue & B. Strauß (Hrsg.), *Spitzenleistungen und Sportpsychologie: Der Weg zu Olympia*. 48. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie (asp) vom 05.-07. Mai 2016 in Münster (S. 88).

Schaffran, P., Altfeld, S., Zepp, C., Kleinert, J. & Kellmann, M. (2016). Burnout, Stress, and Recovery in German Coaches. *Research quarterly for exercise and sport, 87* (1), 32-33. doi: 10.1080/02701367.2016.1213610

Schaffran, P., Altfeld, S., Zepp, C., Kleinert, J. & Kellmann, M. (2017). Entwicklung eines Fragebogens zur Früherkennung psychischer Risikofaktoren bei TrainerInnen. In C. Zuber, J. Schmid, M. Schmidt, M. Wegner & A. Conzelmann (Hrsg.), *Gelingende Entwicklung im Lebenslauf*, Abstractband der 49. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie (asp) vom 25.-27. Mai 2017 in Bern (S. 100-101). Bern: Universität Bern, Bern Open Publishing.

Schaffran, P., Altfeld, S., Zepp, C., Kleinert, J. & Kellmann, M. (2017). The effect of recovery-stress imbalance on emotional exhaustion in German coaches. In A. Ferrauti, P. Platen, E. Grimminger-Seidensticker, T. Jaitner, U. Bartmus, L. Becher, M. De Marées, T. Mühlbauer, A. Schauerte, T. Wiewelhove, & E. Tsolakidis (Eds.), *22nd annual congress of the European College of Sport Science* 5th-8th July 2017, Metropolis Ruhr, Germany. Book of abstracts (pp. 517).

Schaffran, P., Kleinert, J. Zepp, C. & Kellmann, M. (subm.). Stress, Erholung und Burnout von Fußballtrainern im Saisonverlauf. In M. Raab & S. Hoffmann. *Die Psychophysiologie der Handlung*. 50. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie (asp) vom 10.-12. Mai 2018 in Köln.

Zepp, C., Schaffran, P., Altfeld, S., Kellmann, M. & Kleinert, J. (2016). SDT-basierte Korrelate von Beanspruchungserleben bei Trainern. In B. Halberschmidt, D. Dreiskämper, T. Utesch, M. Tietjens, K. Staufenbiel, L. Schücker, M. Kolb, S. Querfurth, S. Mentzel, A. Hill, C. Raue & B. Strauß (Hrsg.). *Spitzenleistungen und Sportpsychologie: Der Weg zu Olympia*. 48. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie (asp) vom 05.-07. Mai 2016 in Münster (S. 149).

Zepp, C., Schaffran, P., Kellmann, M., Mallett, C.J. & Kleinert, J. (2016). Behavioural regulation in coaches: A German version of the Coach-Motivation Questionnaire (CMQ-G). *Research Quarterly for Exercise and Sport, 87* (1), 101-102. doi: 10.1080/02701367.2016.1213610

Zepp, C., Sulprizio, M., Schaffran, P., Altfeld, S., Kellmann, M. & Kleinert, J. (subm.). Sportpsychologische Interventionen zur Veränderung der psychischen Gesundheit bei Trainerinnen und Trainern: ein RCT. In M. Raab & S. Hoffmann. *Die Psychophysiologie der Handlung*. 50. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie (asp) vom 10.-12. Mai 2018 in Köln.

S4WIN – Selbstgesprächsregulation **für** **W**ettkampferfolge **i**m **N**achwuchsleistungssport

(AZ 071001/16-18)

Dorothee Alfermann (Projektleitung), Nadja Walter & Felix Wippich

Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, Institut für Sportpsychologie und Sportpädagogik, Abteilung Sport- und Bewegungspsychologie

1 Problem

Verschiedene Überblicksarbeiten und wissenschaftliche Untersuchungen konnten die positiven Effekte von Selbstgesprächen (Self-talk; ST) hinsichtlich sportlicher Leistung, motorischer Lernprozesse und psychologischer Variablen wie Wettkampfangst bereits belegen (u. a. Hatzigeorgiadis et al., 2011; Tod, Hardy & Oliver, 2011). Die Ergebnisse zu anderen psychologischen Aspekten wie Selbstkonzept und Volition werden jedoch kontrovers diskutiert. So ist einerseits noch nicht vollständig geklärt, welche Effekte die Anwendung von personalisiertem ST auf die Selbstwirksamkeit und auf volitionale Komponenten wie Selbstoptimierung oder Fokussierung hat. Zudem finden sich unter den aktuellen Studien zur Anwendung von ST im Sport nur wenige, die Effekte auf die Wettkampfleistungen oder zumindest die allgemeine Leistungsentwicklung von Leistungssportlerinnen und -sportlern untersuchen. Hinzu kommt, dass die Stichproben überwiegend aus männlichen Teilnehmern, Studierenden und/oder Amateursportlerinnen und -sportlern bestehen. Frauen und (Nachwuchs-)Leistungssportlerinnen und -sportler sind unterrepräsentiert. Schließlich existiert nach unserer Kenntnis aktuell keine systematische Anleitung für Sportlerinnen und Sportler zur selbstbestimmten Entwicklung von individuellem ST.

All diese Aspekte addressiert die **S4WIN**-Studie (**S**elbstgesprächregulation **für** **W**ettkampferfolge **i**m **N**achwuchsleistungssport). Sie geht zum einen der Frage nach, welche Effekte ein systematisches ST-Training auf psychologische und physiologiche Variablen bei jugendlichen Leistungssportlerinnen und -sportlern hat. Unter Kontrolle möglicher Moderatorvariablen (Alter, Geschlecht, Experte vs. Novize, bevorzugter Sinneskanal) sowie der Unterscheidung von zwei Interventionsformen (Kurzzeit- vs. Langzeitintervention) wurden die Effekte eines ST-Trainings auf Selbstwirksamkeit, Volition, Wettkampfangst und auf die Wettkampfleistung von Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportlern verschiedener Mannschafts- und Individualsportarten aus Bayern, Berlin, Sachsen und Sachsen-Anhalt untersucht. Zum anderen war es das Ziel der S4WIN-Studie, Sportlerinnen und Sportler bei der Entwicklung individueller Selbstgespräche für den Einsatz in Training und Wettkampf zu unterstützen.

2 Methode

Im Vorfeld der Studie wurde zunächst ein positives Votum der Ethikkommssion eingeholt, sodann das Einverständis der in Frage kommenden Sportlerinnen und Sportler sowie deren Erziehungsberechtigten und der Trainerinnen und Trainer.

Das Studiendesign beinhaltete zwei Interventionsgruppen und eine Wartekontrollegruppe mit drei Messzeitpunkten (MZP). Die beiden Interventionsgruppen unterschieden sich hinsichtlich der Interventionsdauer. Die Gruppe der Kurzzeitintervention (KZI) erhielt in einer Woche drei ST-Trainingseinheiten von je 60 Minuten. Die Gruppe der Langzeitintervention (LZI) erhielt über den Zeitraum von acht Wochen jeweils dreimal pro Woche ein 20-minütiges ST-Training. Die Wartekontrollgruppe (KG) erhielt zunächst kein ST-Training. Aus ethischen Gründen und aus Gründen der Gleichbehandlung erhielten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der KG nach Abschluss der Studie ebenfalls ein ST-Training.

Aus dem Forschungsdesign ergeben sich folgende zwei Hypothesen:

1. Es wurde erwartet, dass ein systematisches ST-Training zu verbesserten volitionalen Kompetenzen, erhöhter Selbstwirksamkeit, einer höheren physiologischen Leistung sowie zu niedrigeren Zuständen von Wettkampfangst führt.
2. Es wurde darüber hinaus erwartet, dass die Dauer der Intervention Einfluss auf die Entwickung der physiologischen und psychologischen Variablen Wettkampfangst, volitionale Kompetenzen, Selbstwirksamkeit und Leistungsfähigkeit hat, wobei die Gruppe der Langzeitintervention stärker von der ST-Intervention profitieren sollte.

Die Datenerhebung fand für die drei Gruppen (KZI, LZI, KG) zu drei Zeitpunkten (prä, post und follow-up) statt. Zu MZP 1 füllten die Probandinnen und Probanden während einer regulären Trainingseinheit einen Fragebogen zur Erfassung der oben genannten psychologischen Variablen aus. Zur Erfassung der Zustands- und Eigenschaftsangst der Athletinnen und Athleten wurden die State- und Trait-Versionen des Wettkampf-Angst-Inventars von Brand, Ehrlenspiel und Graf (2009) verwendet (Skalen WAI-S: *somatische Zustandsangst, Besorgnis, Zuversicht; WAI-T: somatische Ängstlichkeit, Besorgnis, Konzentrationsstörungen*). Die Volition wurde mit Hilfe des Fragebogens zur Erfassung Volitionaler Komponenten im Sport (VKS) von Wenhold, Elbe und Beckmann (2009) erhoben (Subskalen *Selbstoptimierung, Aktivierungsmangel, Fokusverlust und Selbstblockierung*). Die Selbstwirksamkeit wurde mithilfe der deutschen Version der Generalized Self-Efficacy Scale (GSE) von Schwarzer und Jerusalem (1995) und die sportliche Leistung über Ratingskalen erfasst (Alfermann, Lee & Würth, 2005). Dabei schätzten die Trainerinnen und Trainer die Leistung der Athletinnen und Athleten hinsichtlich *Ausdauer, Fitness, Kraft, koordinativen Fähigkeiten, mentalen Fähigkeiten und taktischen Kompetenzen* ein. Im Anschluss an MZP 1 erfolgte die randomisierte Zuteilung zu den drei Untersuchungsgruppen (KZI, LZI und KG).

Die Untersuchungsstichprobe bestand aus 117 Sportlerinnen und Sportler im Alter von 13 bis 23 Jahren (M = 16.0, SD = 1.8; 55 weiblich, 62 männlich) aus verschiedenen Individualsportarten (N = 72) sowie Mannschaftssportarten (N = 45). Insgesamt 109 der 117 Athletinnen und Athleten gaben an, regelmäßig an Wettkämpfen teilzunehmen. Hiervon hatten 56 Individualsportlerinnen und -sportler und 33 Mannschaftssportlerinnen und -sportler einen D,- DC-, C-, B- oder A-Kader-Status inne oder übten ihre Sportart auf dem höchsten bis dritthöchsten Niveau aus.

Als theoretische Grundlage für die Interventionsinhalte diente das ST-Modell von Hardy, Oliver und Tod (2009). Das Modell beschreibt den Zusammenhang von Selbstgesprächen und sportlicher Leistung, der durch vier Mechanismen erklärt werden kann: den behavioralen, kognitiven, affektiven und den motivationalen Mechanismus. Die Inhalte der Intervention wurden in der Art geplant, dass jeweils ein Schwerpunkt zu den vier Mechanismen durchgeführt wurde. So ergaben sich die folgenden Schwerpunkte für das ST-Training: Wie kann ST Bewegungen verbessern (behavioraler Mechanismus), Aufmerksamkeit steuern (kognitiver Mechanismus), Emotionen regulieren (affektiver Mechanismus) und Motivation beeinflussen (motivationaler Mechanismus)? Zu Beginn des ST-Trainings wurden allgemeine Informationen zur Funktionsweise und den Effekten von ST behandelt. Anschließend wurde unter Anleitung und den genannten Schwerpunkten ein individuelles ST entwickelt und eingeübt.

Nach Abschluss der ST-Intervention erfolgte die Datenerhebung zu MZP 2 (post-Test) und nach weiteren zwei Monaten ohne Intervention die letztmalige Datererfassung zum MZP 3 (follow-up).

3 Ergebnisse

Für Wettkampfangst und die volitionalen Komponenten (WAI-S, WAI-T, VKS) wurden multivariate Analysen durchgeführt, während für die Selbstwirksamkeit sowie die Leistungseinschätzung univariate Analysen verwendet wurden. In allen Messinstrumenten zeigten sich erwartungskonforme Veränderungen. Im Folgenden

sollen die Ergebnisse zur Selbstwirksamkeit und zur Leistung näher erläutert werden.

Bei der *Leistungseinschätzung* durch Trainerinnen und Trainer sowie für die *Selbstwirksamkeit* zeigten sich keine signifikanten Geschlechterunterschiede, wonach die Geschlechtergruppen zur weiteren Analyse zusammengefasst wurden. Die Varianzanalysen legen neben einem signifikanten Haupteffekt Zeit auch die erwarteten Interaktionseffekte von Zeit x Gruppe offen. Für die Selbstwirksamkeit zeigen sich in der LZI signifikante Unterschiede von MZP 1 zu 2 ($p < .001$) und von MZP 1 zu 3 ($p < .001$), während für die KZI lediglich eine signifikante Verbesserung der Selbstwirksamkeit von MZP 1 zu 2 ($p < .05$) nachgewiesen werden konnte. Die KG hatte bei keinem paarweisen Vergleich einen signifikanten Zuwachs in der Selbstwirksamkeit (Abb. 1).

Bei der Einschätzung der *Leistungsfähigkeit* zeigten sich für die LZI ebenfalls signifikante Unterschiede von MZP 1 zu 2 ($p < .001$) sowie von 1 zu 3 ($p < .01$), jedoch nicht für die KZI. Auch für diese Variable ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bei der KG (Abb. 2).

4 Diskussion

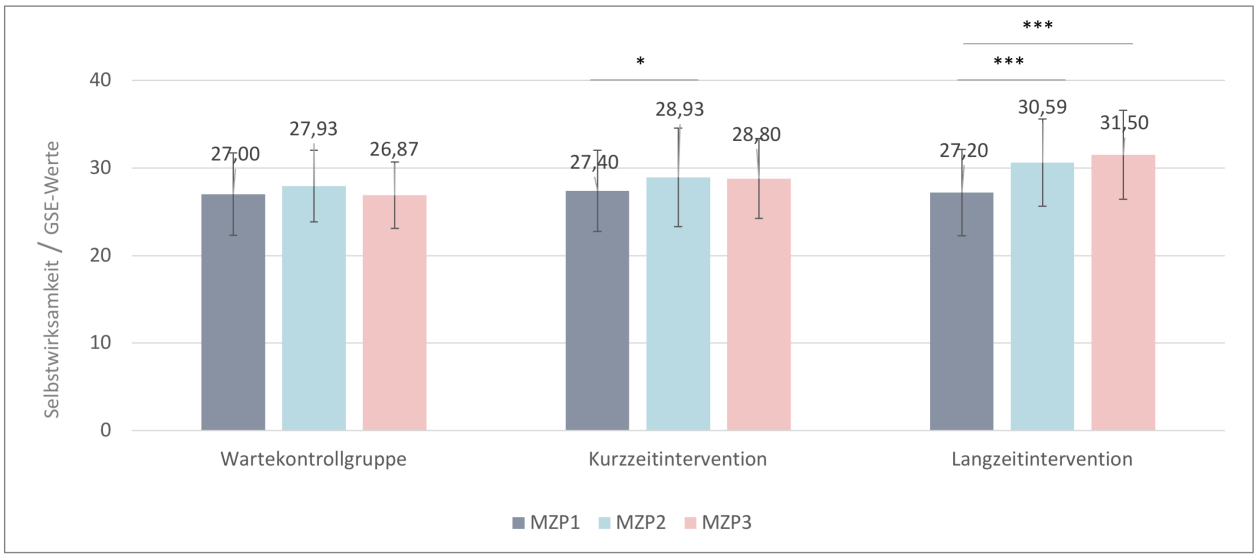


*Abb. 1: Vergleich Entwicklung Selbstwirksamkeit von MZP 1 zu MZP 3 zwischen Kurzzeit- und Langzeitinterventions- und Wartekontrollgruppe ($F (4,154) = 4.20$, $p = .002$, $\eta^{2\ partial} = 0.09$; *p < .05; **p < .01; ***p < .001)*

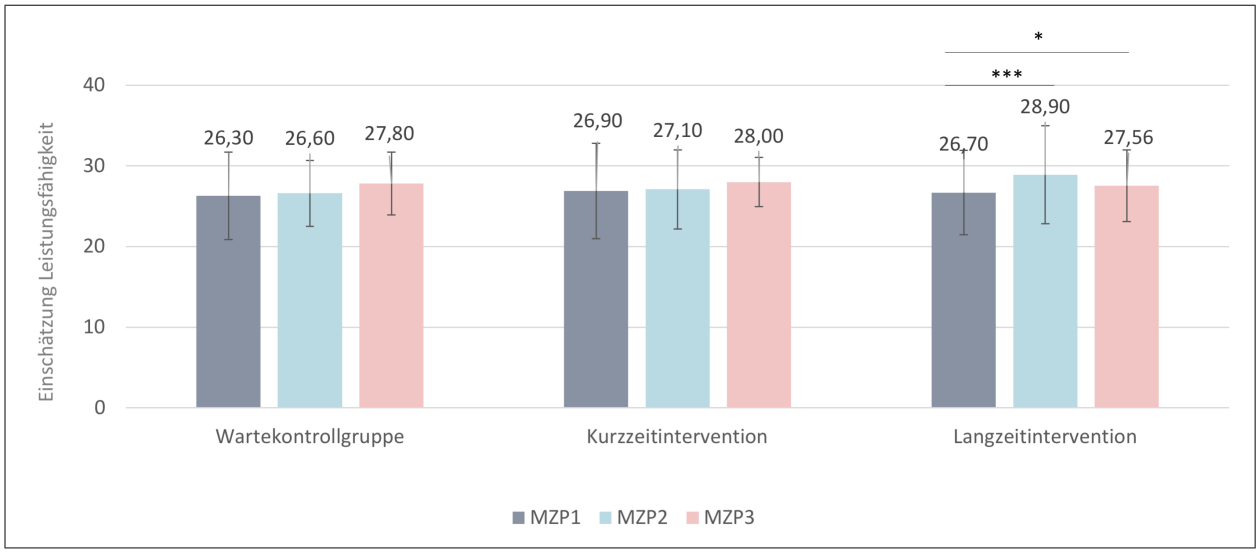


*Abb. 2: Vergleich Entwicklung Leistungsfähigkeit von MZP 1 zu MZP 3 zwischen Kurzzeit- und Langzeitinterventions- und Wartekontrollgruppe $F (2,70) = 5.73$; $p = .005$; $\eta^{2\ partial} = 0.14$; *p < .05; **p < .01; ***p < .001)*

Die S4WIN-Studie verfolgte mit der hier dargestellten Interventionsstudie zwei grundlegende Ziele. Zum einen sollte der Einfluss eines systematischen ST-Trainings auf psychologische Variablen wie Selbstwirksamkeit, Volition und Wettkampfangst sowie auf Wettkampfleistung untersucht werden. Zum anderen war es das Ziel, jugendliche Leistungssportlerinnen und -sportler bei der Entwicklung eines individuellen Selbstgesprächs zu unterstützen.

Die Ergebnisse zeigen, dass ein systematisches ST-Training physiologische und psychologische Komponenten positiv beeinflussen kann. In der S4WIN-Studie konnten demnach volitionale Fähigkeiten, Selbstwirksamkeit sowie die Leistungsfähigkeit verbessert und eine vorliegende Wettkampfangst reduziert werden. Ein längeres ST-Training führte dabei zu größeren Effekten als ein Training von nur einer Woche. Gleichzeitig zeigte ein qualitativer Vergleich der ST vor und nach der Intervention, dass die Mehrzahl an Athletinnen und Athleten ihre personalisierte Ansprache konkretisieren und an die vier Wirkmechanismen nach Hardy, Oliver und Tod (2009) anpassen konnten. Folglich scheint auch das Ziel einer individuellen Entwicklung von Selbstgesprächen erreicht worden zu sein.

Ungeachtet der positiven Ergebnisse sollen an dieser Stelle einige kritische Anmerkungen zur Studiendurchführung und Hinweise für zukünftige Untersuchungen in diesem Bereich erfolgen. Die Implementierung zusätzlicher sportpsychologischer Trainingseinheiten in den stark durchgeplanten Schul- und Trainingsalltag der Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportler stellte die größte Herausforderung bei der Durchführung der Studie dar. Dabei zeigte sich, dass die ST-Trainingseinheiten der KZI (eine Woche drei Termine à 60 min, trainingsunabhängig) zwar den Zeitplan der Schülerinnen und Schüler deutlich verdichtet hat, diese jedoch zu mehr Akzeptanz der Teilnehmerinnen und Teilnehmer führte, als die LZI (drei Termine à 20 min für acht Wochen, trainingsbegleitend). Eine 20-minütige ST-Trainingseinheit vor oder nach einer Trainingseinhheit hat zwar den Vorteil einer erleichterten Planung, jedoch signalisierten die Athletinnen und Athleten, dass ihnen der Wechsel von physiologischem zu psychologischem Training (oder umgekehrt) nicht immer gut gelang. Ein vom Training unabhängiger Termin hat demgegebüber den Vorteil, dass Inhalte ungestörter vermittelt werden können. Folglich kann aus den Erfahrungswerten die Empfehlung formuliert werden, ein ST-Training über einen längerfristigen Zeitraum einmal wöchentlich in den Trainingsalltag zu integrieren. Diese Verfahrensweise erscheint am geeignetsten, um einerseits Inhalte gezielt und im Training anwendbar vermitteln zu können und anderseits den Tagesablauf der Athletinnen und Athleten nicht noch stärker zu verdichten.

Abschließend ist zu erwähnen, dass als eine Transferleistung aus den Ergebnissen und Erfahrungen der Interventionsstudie ein Leitfaden für die Generierung von individuellem ST für Sportlerinnen und Sportler erstellt wurde. Von diesem können in Zukunft auch Sportlerinnen und Sportler profitieren, die nicht an der Studie teilgenommen haben[1].

1 Das S4WIN Manual kann bei Interesse bei den Autorinnen angefordert werden.

5 Literatur

Alfermann, D., Lee, M. J. & Würth, S. (2005). Perceived leadership behavior and motivational climate as antecedents of adolescent athletes' skill development. Athletic Insight – *The online journal of sport psychology, 7* (2), 14-36.

Brand, R., Ehrlenspiel, F. & Graf, K. (2009). *Wettkampf-Angst-Inventar. Manual zur komprehensiven Eingangsdiagnostik von Wettkampfangst, Wettkampfängstlichkeit und Angstbewältigungsmodus im Sport* [Competitive Anxiety Inventory, Manual]. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.

Hardy, J., Oliver, E. & Tod, D. (2009). A framework for the study and application of self-talk within sport. In S. D. Mellalieu & S. Hanton (Eds.), *Advances in applied sport psychology: A review* (pp. 37-74). London: Routledge.

Hatzigeorgiadis, A., Zourbanos, N., Galanis, E. & Theodorakis, Y. (2011). Self-Talk and sports performance: A meta-analysis. *Perspectives on psychological science, 6* (4), 348-356. doi: 10.1177/1745691611413136

Schwarzer, R. & Jerusalem, M. (1995). Generalized Self-Efficacy scale. In J. Weinman, S. Wright & M. Johnston, *Measures in health psychology: A users portfolio. Causal and control beliefs* (S. 35-37). Windsor: Nfer-Nelson.

Tod, D., Hardy, J. & Oliver, E. (2011). Effects of self-talk: A systematic review. *Journal of sport & exercise psychology, 33*, 666-687. doi: 10.1123/jsep.33.5.666

Wenhold, F., Elbe, A.-M. & Beckmann, J. (2009). *VKS: Fragebogen zur Erfassung Volitionaler Komponenten im Sport* [VCQ: Questionnaire to assess volitional components in sports]. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.

Entwicklung und Evaluation eines instruktionsbasierten Motivationsprogramms zur Optimierung von Leistung im Hochleistungssport

(AZ 071003/16-18)

Daniel Memmert (Projektleitung), Frowin Fasold, Stefanie Hüttermann, Wolfgang Hillmann, Karsten Schul & Matthias Kempe

Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik

1 Einleitung

Etwas schwarz-weiß pointiert scheint es in vielen Sportarten zwei Arten von Menschen zu geben. Die einen machen irgendwie in schwierigen Situationen immer das Richtige und damit die Punkte und die Tore, die anderen irgendwie immer das Falsche, und somit nicht den Punkt oder das Tor. So treffen die Basketballspieler Dirk Nowitzki und Steve Nash den Korb beim Freiwurf oder der Golfer Tiger Woods das Loch beim Putten in einer fast schon nicht nachzuvollziehenden Regelmäßigkeit. Andere prominente Sportler wie Shaquille O´Neal oder Bernhard Langer haben in ähnlichen Situationen leider irgendwie (statistisch gesehen) nur selten Erfolg. Diese Beobachtung kann man in allen Ligen, Expertiselevels und Altersbereichen machen. Natürlich gibt es bei allen beschriebenen Fällen eine Menge von Einflussfaktoren, warum Aufgaben von den jeweiligen Sportlern nicht gelöst werden. Ein Faktor, der bisher wenig berücksichtigt wurde, ist (Memmert et al., 2015), wie Athleten und Athletinnen Umweltfaktoren wahrnehmen und motivational bewerten und somit ihre Persönlichkeit, ihr Können und situationale Faktoren interagieren.

Als Grundlage dieses Forschungsprogramms, nehmen wir an, dass manche Sportlerinnen bzw. Sportler keine optimale motivationale Passung zu ihrer Umwelt herstellen, um adäquate Entscheidungen im Wettkampf treffen zu können. In Einklang mit bisherigen handlungstheoretischen Überlegungen (Nitsch & Munzert, 1997a, 1997b) müssen dabei die vier Bereiche Person, Situation, Instruktion und Kommunikation bedacht werden. Anders formuliert: Sportler oder Sportlerinnen können vor allem dann optimale Leistungen im Wettkampf erbringen, wenn die optimale Passung (Fit) einer Vierfach-Interaktion besteht, also ein Fit ihres eigenen motivationalen Profils, der motivationslenkenden Instruktionen, ihrer aktuellen Aufgabenstellung (Situation) sowie der Art der Kommunikation mit ihrem Trainer (Fremd- vs. Selbststeuerung).

Zurückgegriffen wird dabei auf die Regulatory Focus Theorie von Higgins (1997). Nach dieser Theorie können bei der Verfolgung von Zielen zwei Arten der Selbstregulation unterschieden werden. Beim Promotion Focus steht das Anstreben von positiven Ergebnissen im Mittelpunkt, beim Prevention Focus die Vermeidung von negativen Ergebnissen. Grundsätzlich können beide Fokusse erfolgreich zur Erreichung eines Ziels beitragen. Ob eine Person ein Ziel mit Hilfe des Systems Prevention Focus oder Promotion Focus verfolgt, hängt teilweise von den Anforderungen einer Situation und teilweise von den Präferenzen der handelnden Person ab (Higgins, 2000). Wenn die chronische persönliche Präferenz für eine Selbstregulation mit Promotion oder Prevention Focus nun mit den situational nahe gelegten Mitteln und Wegen zur Zielerreichung übereinstimmt, resultiert ein motivational und emotional bedeutsamer Zustand, der von Higgins (2000) als Regulatory Fit bezeichnet wird. Beispielsweise ist es für eine Person in einem Promotion Focus angenehmer, riskante als vorsichtige Entscheidungen zu treffen (z. B. ein kreativer Nahtstellenpass im Hockey), eine Person im Prevention Focus fühlt sich dagegen wohler, wenn sie wachsame und umsichtige Strategien wählen kann (z. B. in einer Sieben-Meter Situation im Handball) als wenn sie ris-

kante Entscheidungen treffen muss. Regulatory Fit beeinflusst damit einerseits Urteilsprozesse und hat andererseits auch direkte Verhaltenskonsequenzen. Der bei Regulatory Fit erhöhte wahrgenommene Wert des Zielerreichungsprozesses bedeutet zugleich erhöhte motivationale Intensität, die leistungssteigernd sein kann (Higgins & Spiegel, 2004).

Im Bereich des Sports konnte in mehreren Experimenten aufgezeigt werden, dass eine Passung von Persönlichkeit und Instruktion zu einer verbesserten objektiven Leistung u. a. beim Elfmeter, kreativen Entscheiden und Putting führt (Memmert, et al., 2013; Plessner et al., 2009, Kutzner et al., 2013). Auch ein positiver Effekt der Passung von Situation und Persönlichkeit wurde bei unterklassigen Spielern im Basketball nachgewiesen (Memmert et al., 2009). Es bleiben dennoch weitere Fragen offen (Unkelbach, Plessner, & Memmert, 2009). Beispielsweise wurde der positive Einfluss des regulativen Fit's bisher lediglich in vergleichsweise einfacher Aufgabenstellung gefunden. Außerdem scheinen leistungsstarke Spieler oder Spielerinnen auch ohne Fit eher von Prevention-Anweisungen zu profitieren. In Abgrenzung zu bisherigen Experimenten wurden in diesem Forschungsprogramm der leistungssteigernde Einfluss von typgerechten und stärker praxisnahen Instruktionen, auf Grundlage der regulativen Fokus Theorie, für die Kombination von vier Einflussfaktoren untersucht. Außerdem konnte dieses Forschungsprogramm als erstes auf eine Vielzahl von Leistungssportlern zurückgreifen, um einen Übertrag in den Hochleistungssport zu gewährleisten.

Generelles Ziel des Forschungsprojektes ist es, allgemeine Interventionen und Trainingsprogramme für Basketball-, Handball- und Hockeyspieler zu entwickeln, mit denen ein weiterer Schritt zur intraindividuellen Optimierung deren Leistungen im Wettkampf erfolgen kann. Neben Impulsen für die Ausbildung von Spitzenathleten bzw. -athletinnen wird auch eine Verbesserung und Optimierung von Nachwuchstrainingskonzepten der verschiedenen Sportspiele angestrebt.

2 Forschungsprogramm

Studie I: Relevanz instruktionsbasierter Motivation

Zur Analyse der Bedeutung der Nutzung zielgerichteter Instruktionen wurde eine Fragebogen-Studie mit Basketballtrainern durchgeführt. Hierfür wurden 20 Fragen mit skalierten Antwortmöglichkeiten (5-stufige Likert-Skala) und 11 offene Fragen erstellt, welche die Nutzung von Instruktionen in Training und Wettkampf behandelten. Die Befragung erfolgte online unter Basketballtrainern, welche in den letzten 5 Jahren an einer Traineraus- oder Weiterbildung innerhalb des Deutschen Basketball Bundes teilgenommen hatten. Die vorangestellte Befragung von Trainern im Bereich Basketball wurde von 99 Teilnehmern abgeschlossen. Davon waren 60 %. im Leistungssport tätig (1. & 2. Bundesliga-, National- oder Landesauswahltrainer). Die befragten Teilnehmer schätzten dabei den Nutzen von Instruktionen für technische, taktische und auch motivationale Aspekte als überaus wichtig ein. In der Selbsteinschätzung beschrieben sie, dass sie dabei motivationale Anweisungen im Spiel und Training am wenigsten einsetzen würden. Selbst in spielentscheidenden Situationen würden diese wenig genutzt.

In Vorbereitung der Experimente wurde auf der Basis dieser Ergebnisse ein Katalog an Instruktionen erstellt, welche dem regulativen Fokus Theorie (RFT) entsprechen und zum anderen Praxisnähe besitzen. Dies geschah in drei Etappen. Zuerst wurden die Instruktionen im experimental-psychologischen Kontext erstellt und mit dem Sportpsychologen Lothar Linz praxisnah formuliert. Im zweiten Schritt wurden die Instruktionen mit Verbandsverantwortlichen und Trainern diskutiert und angepasst. Im letzten Schritt wurden sie für eine letzte Validierung erneut mit Lothar Linz abgestimmt.

Experiment II (Person x Instruktion, Basketball)

Im ersten Experiment wurden bisherige Forschungsergebnisse zur Wirksamkeit von RFT-Instruktionen (vgl. Memmert et al., 2009) mit einer umfangreichen Stichprobe, besonders im Bereich des Hochleistungssports, überprüft. Hierbei wurden 40 Experten, Spieler der U16, U18 und A2-Herren Nationalmannschaft, 40 unterklassigen Spielern (Novizen) gegenübergestellt.

Die Erhebung des chronischen regulativen Fokus der gesamten Stichprobe geschah im Vorhinein (online) mittels des sportspezifisch angepassten Fragebogens von Keller & Bless (2006) (vgl. auch Plessner et al., 2009). Auf Basis des Fragebogens wurden für jeden Spieler Instruktionen in Passung seines persönlichen Fokus und mit persönlicher Anrede erstellt. Während des Experiments hatte jeder Teilnehmer die Aufgabe, 30 Freiwürfe zu werfen (6 Serien à 5 Würfe). Vor jeder Wurfserie erhielt der Teilnehmer eine personalisierte Instruktion (angepasst an persönlichen chronischen Fokus und Wurfquoten als Zielvorgabe), nur für ihn sichtbar, präsentiert auf einem Laptop. Nach Beendigung der letzten Wurfserie füllte der Teilnehmer den Emotionsregulationsfragebogen als Manipulationscheck für das RFT-Framing aus. Als abhängige Variable wurde die Freiwurfleistung des Teilnehmers im Experiment im Vergleich zu seiner persönlichen Leistung innerhalb der letzten beiden Saisons erhoben. Die Datenauswertung erfolgte mit einer Regressionsanalyse analog zu den bisherigen Studien (Memmert et al, 2009). Es ergab sich dadurch eine 2 (chronischer Fokus) x 2 (Task Framing) x 2 (Expertiselevel) Interaktion mit den moderierenden Variablen „Fähigkeit Freiwurf" sowie „Situationseinschätzung". Am ersten Teilexperiment nahmen 30 Basketballexperten und 33 Novizen teil. 17 Spieler konnten aus Verletzungsgründen die Testreihe nicht komplett absolvieren. Für die statistische Analyse wurde die Wurfquote jedes Teilnehmers mit seiner persönlichen Freiwurfquote der letzten beiden Saisons in Verhältnis gesetzt. Es zeigte sich innerhalb der Regressionsanalyse ein schwacher Einfluss der Expertise auf Wurfleistung. Außerdem zeigte sich ein schwacher Einfluss des chronischen regulativen Fokus, der aber keine Signifikanz erreichte. Wie in Abb. 1a veranschaulicht, bedeutet dies, dass die Experten eine höhere Freiwurfquote erreichten. Dies war aber unabhängig von dem chronischen Fokus und dem Framing der Athleten. Für Novizen zeigte sich ebenso kein Einfluss des Framings auf die Wurfleistung. Der chronische regulative Fokus zeigte hingegen eine Tendenz zu einer besseren Leistung bei Prevention-Typen.

Experiment III (Person x Instruktion x Situation, Handball)

Innerhalb des zweiten Experiments wurde nicht die Expertise als unabhängige Variable herangezogen, sondern die Situation – also die Beschaffenheit der Aufgabe an sich. Während bei einem Wurf aus der Ferndistanz (Wurf außerhalb der 9-m-Linie) die Annäherung an das Ziel im Vordergrund steht (Promotion), sind 7-m-Würfe eine Pflichtaufgabe (Prevention) für die Athleten. An diesem Experiment nahmen 80 männliche Handball-Landesauswahlspieler im Alter zwischen 16-18 teil.

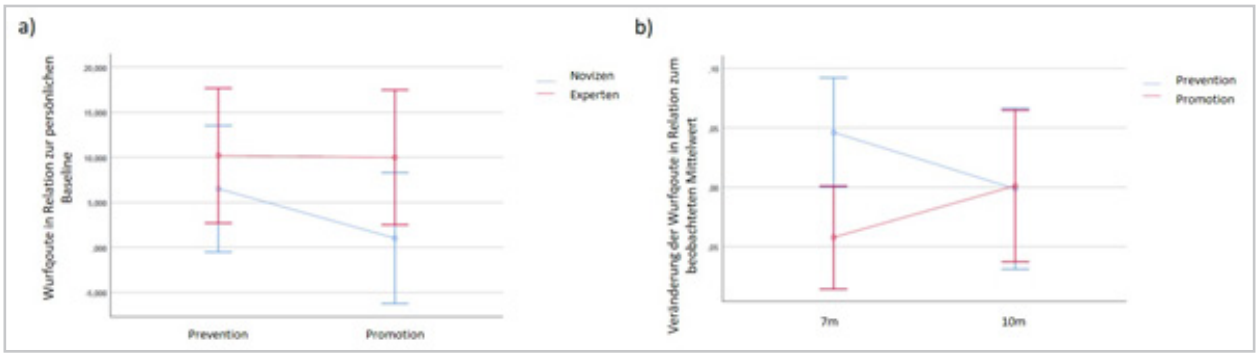


Abb. 1 a) Darstellung der verbesserten Wurfleistung im Vergleich zur erwarteten für Prevention und Promotion Framing für beide Expertise Gruppen b) Einfluss der Passung der Situation (7 m vs. 10 m) auf die Wurfleistung für bei Focus-Gruppen

Die Erhebung des chronischen Fokus und der Anfertigung der personalisierten erfolgte analog zu Experiment I. Im Rahmen des Experiments führte jeder Teilnehmer fünfzehn 7-m (entsprechend der Regeln der IHF) und fünfzehn 10-m-Schlagwürfe gegen einen Torhüter (je 3 Serien à 5 Würfe) durch. Vor jeder Wurfserie erhielt jeder Teilnehmer eine personalisierte Instruktion analog zu Experiment I. Die Datenauswertung erfolgte mit einer Regressionsanalyse analog zu den vorherigen Studien. Es ergab sich dadurch ein 2 (Fit Promotion Focus vs. Fit Prevention Focus) x 2 (Situation: Wurf Ferndistanz vs. 7 m) varianzanalytisches Versuchsdesign.

Von den 80 Teilnehmern an Experiment 2 mussten zwölf aufgrund von Verletzungen den Messtermin absagen. In der Auswertung via Regressionsanalyse der Daten zeigte sich für die 7-m-Situation ein mittlerer Effekt des Framing (B = -.348) via Instruktion. Dieser Effekt war in der Situation 10 m nicht zu beobachten. Wie in Abb. 1b verdeutlicht, erzielten Personen mit einem Prevention-Framing in der Prevention Situation (7 m) eine bessere Leistung. In der Promotion Situation (10 m) ist jedoch kein Benefit für Personen mit Promotion Framing zu beobachten.

Studie IV (Person x Instruktion x Kommunikation, Hockey)

Diese Studie wurde als Trainingsexperiment durchgeführt. Während die Kommunikation (Selbst- vs. Fremdsteuerung) als eine unabhängige Variable fungierte, wurde als weitere Variable die Fit-Situation zwischen Person und Instruktion herangezogen, die Aufgabe (Situation) wurde konstant gehalten.

An diesem Experiment nahmen insgesamt 50 Hockeyspielerinnen der U16 und U18 Nationalmannschaft teil. Die Erhebung erfolgte jeweils innerhalb eines 5-tägigen Lehrgangs zu Beginn der Outdoor-Saison. Die Eingangsuntersuchung erfolgte innerhalb der ersten Trainingseinheit des ersten Tages und die Ausgangstestung in der letzten Einheit des fünften Tages. Die Datenerhebung erfolgte äquivalent zu den beiden vorangegangenen Experimenten. Die Spielerinnen führten in diesem Fall jeweils 10 Elfmeter (in 2 Serien à 5 Versuchen) nach Erhalt ihrer personalisierten Instruktion aus.

Innerhalb des Lehrgangs erhielten die Spielerinnen in vier weiteren Trainingseinheiten personalisierte RFT-Instruktion bei Pass,- Dribbling-, und Torabschlussübungen. Hierbei erfolgte die Aufteilung in zwei Gruppen. Gruppe 1 erhielt die Anweisungen auf vorbereiteten einlaminierten Karten und las diese jeweils selbstständig zu Beginn der Übung. Gruppe 2 wurde zu Beginn der Übung persönlich von einem Mitglied des Trainerteams instruiert.

36 Spielerinnen konnten diese Studie komplett absolvieren. Im Vergleich von Ein- zur Ausgangsuntersuchungen verbesserten sich die Spielerinnen durch die Intervention insgesamt nicht. Bei der varianzanalytischen Untersuchung der Daten mit Messwiederholungsdesign konnte jedoch eine signifikante Interkation von Framing und Vermittlung festgestellt werden ($F(1,33) = 4.192$, $p < 0.05$). Personen mit einem Prevention-Framing zeigten daher eine Verbesserung über den Messzeitraum bei Intern-Vermittlung und bei Promtion-Framing bei externer Vermittlung (siehe Abb. 2, Seite 5). Besonders auffällig sind dabei die Verschlechterungen über den Messzeitraum bei nicht passender Vermittlung.

3 Diskussion

Im Verlauf des Forschungsprogramms wurden Ergebnisse generiert, die für das Zusammenspiel von Trainerteam und Athlet von Bedeutung sind. Entsprechend stellen die gewonnenen Erkenntnisse eine wertvolle Unterstützung im Bereich der Motivation und Kommunikation von und mit Athletinnen und Athleten dar.

In der den Experimenten vorangestellten Fragebogenstudie konnte aufzeigt werden, dass Trainerinnen und Trainer im Spielsport sich der Bedeutung von motivationalen Instruktionen bewusst sind und auch deren Mehrwert sehen. Dem gegenüber gelingt es ihnen jedoch selten, diese auch im Training und noch weniger im Spiel zu verwenden. Hierbei kommt vor allen eine personalisierte Ansprache zu kurz.

Innerhalb der ersten beiden Experimente wurde aufgezeigt, dass eine Passung der Persönlichkeit des Sportlers mit seiner Zielstellung und der Aufgabensituation, in der er sich befindet, die Leistung beeinflussen kann. So zeigen die

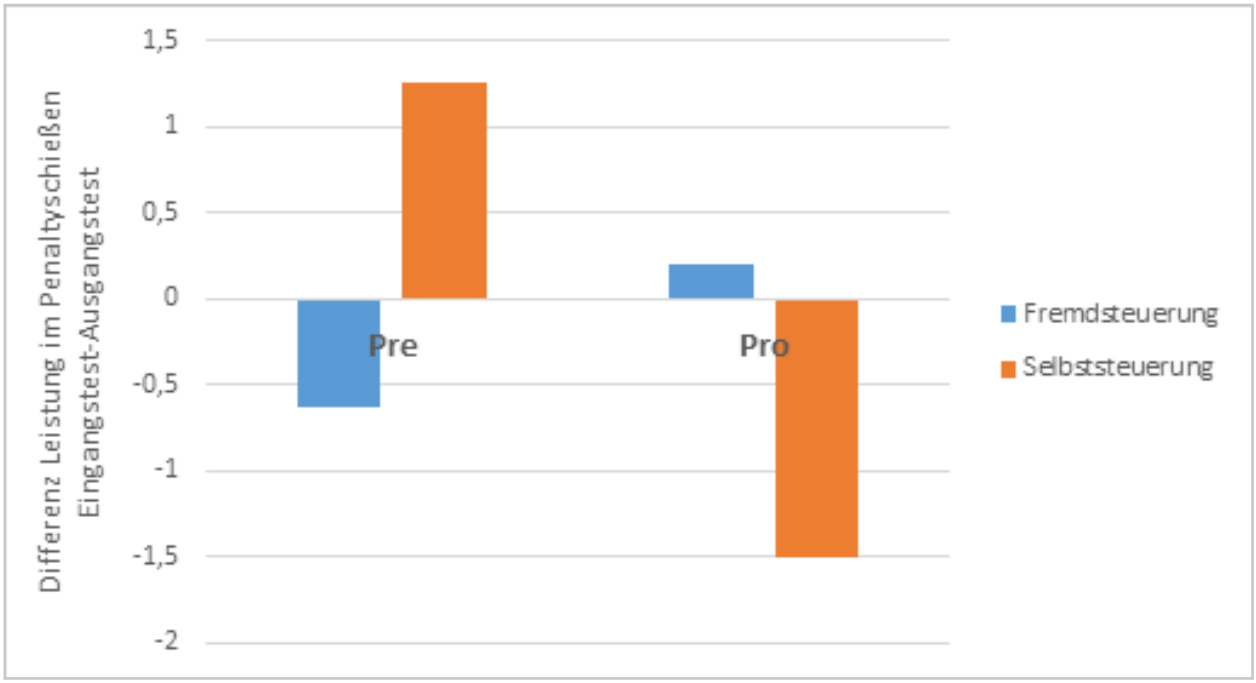


Abb. 2: Verbesserung der Focus-Gruppen von Ein- zur Ausgangstestung in Abhängigkeit der Vermittlungsstrategie

Ergebnisse in Experiment 2 eine Tendenz und in Experiment 3 einen signifikanten Effekt für Spieler mit einer Prevention-Persönlichkeit in der Prevention-Situation. Dabei ist die fehlende Signifikanz des Effekts in Experiment 2 auf die gewählte Aufgabenstellung zurück zu führen. Durch das gewählte Design sollte eine aussagekräftige Freiwurfquote abgebildet werden. Dies ist zwar für das Experiment gelungen, hatte aber zur Folge, dass die Variabilität in der Aufgabe zu gering war. Somit war die Aufgabe zu leicht für entsprechende Zielgruppe, um erkennbare Effekte mit einer realisierbaren Teilnehmeranzahl zu erzielen. Wenn man die Ergebnisse von Experiment 2 und die Studie von Memmert (2009) zusammenführt, kann geschlossen werden, dass bei niederklassigen Spielern ein Effekt der Aufgabe und Passung nach der RFT – Prevention-Persönlichkeiten erzielen bessere Leistungen bei Freiwürfen und Promotion-Persönlichkeiten bei 3-Punkte-Würfen – nachweisbar ist, für Experten ist dies aufgrund der zu geringen Aufgabenschwierigkeit nicht zu beobachten. In Experiment 3 ist die Abbildung dieser Passung für die Situation 7-m (Prevention) und 10m-Schlagwurf (Promotion) jedoch auch für eine Expertengruppe gelungen. Übergreifend ist festzustellen, dass Spieler eher von Prevention-Instruktionen bzw. von einem Prevention-Fit profitieren.

In Studie 4 wird der Einfluss der Kommunikation auf die motivationale Präposition deutlich. So verbesserten Athletinnen mit einer Prevention-Disposition ihre Leistung nach der Trainingsphase mittels Selbstinstruktion und verschlechterten sich über den Trainingszeitraum bei der Nutzung von Fremdinstruktion. Der umgekehrte Effekt ist für die Spielerinnen mit einer Promotion-Disposition zu beobachten. Dies bedeutet, dass Prevention-Athletinnen sich stärker mit Zielen und Instruktionen identifizieren können, welche unpersönlich kommuniziert werden. Sie sehen dies eher als selbst gesetzt an. Außerdem könnte dies den gefühlten Druck von ihnen nehmen, den Zielen des Trainerstabes zu entsprechen. Promotion-Athletinnen hingegen, scheinen eine Zielvermittlung direkt durch den Trainerstab als persönliche Herausforderung zu verstehen, was ihre Persönlichkeitsausprägung anspricht. Sehr wichtig scheint hierbei, dass eine Zielvermittlung über Selbstinstruktion die Identifizierung mit Aufgabe deutlich verringert und zu Leistungseinbußen führt.

Zusammenfassend konnte mit dem Forschungsprogramm gezeigt werden, dass durch personalisierte aufgabenspezifische Instruktion die Leistung, besonders bei Athletinnen und Athleten mit Prevention-Disposition, gesteigert werden kann. Ungleich bedeutender ist jedoch, dass durch ungenaue, unpersönliche und falsch kommunizierte Zielvorgaben die Leistung von Sportlerinnen und Sportlern deutlich gehemmt wird.

4 Literatur

Higgins, E. T. (1997). Beyond pleasure and pain. *American psychologist, 52*, 1280-1300.

Higgins, E. T. (2000). Making a good decision: value from fit. *American psychologist, 55*, 1217-1230.

Higgins, E. T., & Spiegel, S. (2004). Promotion and Prevention Strategies for Self-Regulation. In R. F. Baumeister & K. D. Vohs (Eds.), *Handbook of self-regulation: Research, theory, and applications* (pp. 171-187). New York: The Guilford Press.

Keller, J., & Bless, H. (2006). Regulatory fit and cognitive performance: The interactive effect of chronic and situationally induced self-regulatory mechanisms on test performance. *European journal of social psychology, 36*, 393-405.

Kutzner, F. L. W., Förderer, S., & Plessner, H. (2013). Regulatory fit improves putting in top golfers. *Sport, exercise and performance psychology, 2*, 130-137.

Memmert, D., Hüttermann, S. & Orliczek, J. (2013). Decide like Lionel Messi! The Impact of Regulatory Focus on Divergent Thinking in Sports. *Journal of applied social psychology, 43*, 2163-2167.

Memmert, D., Plessner, H. & Maaßmann, C. (2009). Zur Erklärungskraft der „Regulatory Focus" Theorie im Sport. *Zeitschrift für Sportpsychologie, 16* (3), 80-90.

Memmert, D., Plessner, H., Hüttermann, S., Froese, G., Peterhänsel, C., & Unkelbach, C. (2015). Collective fit increases team performances: Extending regulatory fit from individuals to dyadic teams. *Journal of applied social psychology, 45*, 274-281.

Nitsch, J. R., & Munzert, J. (1997a). Theoretische Probleme der Bewegungsorganisation. In J. R. Nitsch, A. Neumaier, H. de Marées & J. Mester (Hrsg.), *Techniktraining – Beiträge zu einem interdisziplinären Ansatz* (S. 50-71). Schorndorf: Hofmann.

Nitsch, J. R., & Munzert, J. (1997b). Handlungstheoretische Aspekte des Techniktrainings – Ansätze zu einem integrativen Modell. In J. R. Nitsch, A. Neumaier, H. de Marées & J. Mester (Hrsg.), *Techniktraing – Beiträge zu einem interdisziplinären Ansatz* (S. 109-172). Schorndorf: Hofmann.

Plessner, H., Unkelbach, C., Memmert, D., Baltes, A. & Kolb, A. (2009). Regulatory Fit as a Determinant of Sport Performance. *Psychology of sport & exercise, 10*, 108-115.

Unkelbach, C., Plessner, H., & Memmert, D. (2009). Self-Regulation and Athletic Performances. In J. P. Forgas, R. F. Baumeister & D. M. Tice (Eds.), *Psychology of Self-Regulation. Cognitive, Affective, and Motivational Processes* (S. 93-105). New York: Psychology Press.

Rahmenrichtlinien für Qualifizierung des DOSB und Ausbildungskonzeptionen der Mitgliedsverbände: Trainer/Trainerin Leistungssport zwischen Anspruch und Wirklichkeit (QuaTro)

(AZ 071101/14-1)

Ralf Sygusch (Projektleitung) & Raphael Ptack
Friedrich-Alexander-Universität (FAU) Erlangen-Nürnberg

1 Problem

Die Kompetenzorientierung hat – nach Schüler- und Lehrerbildung – längst Eingang in die Trainerbildung gefunden. Während in der Sportwissenschaft nur einzelne Ansätze zur Ausdifferenzierung und Analyse von Trainerkompetenzen vorliegen (Apitzsch, 2012), hat die Sportpraxis spätestens 2005 mit den Rahmenrichtlinien zur Qualifizierung im DOSB (RRL) (Deutscher Sportbund, 2005) die Weichen auf Kompetenzorientierung gestellt. Die RRL konzipieren ein *Kompetenzverständnis*, das Handlungskompetenz, sensu Roth (1971), als Zusammenspiel aus persönlicher und sozialkommunikativer sowie Fach- und Methodenkompetenz definiert, und formulieren kompetenzorientierte Ziele u. a. für die Trainerqualifizierung von der C-Lizenz bis zum Diplom-Trainer. Damit sind sie anschlussfähig an bildungspolitische Entwicklungen, die gegenwärtig mit dem Deutschen Qualifikationsrahmen (DQR) (Arbeitskreis Deutscher Qualifikationsrahmen, 2011) darauf abzielen, erworbene Kompetenzen in formalen und non-formalen Bildungsbereichen transparent und vergleichbar zu machen. Expertisen zur Einordnung der RRL-*Ziele* in den DQR (Niveaustufen 1 bis 8) zeigten, dass die in den RRL formulierten Trainerkompetenzen von der C-Lizenz (Niveaustufe 4,1) bis zum Diplomtrainer (Niveaustufe 6,3) hohe Werte für den non-formalen Bildungsbereich erreichen (Sygusch & Liebl, 2012; Sygusch, Liebl & Töpfer, 2013).

Aus der Implementations- und Evaluationsforschung ist bekannt, dass vorgegebene Rahmenkonzepte in der Praxis nur in geringem Maße umgesetzt werden (z. B. Röder & Jerusalem, 2007). So kann davon ausgegangen werden, dass auch in der konkreten Ausbildungswirklichkeit der Trainerbildung die formulierten Ansprüche nicht vollständig realisiert werden (können). Deshalb liegt nach der in den o. g. Expertisen dokumentierten Transparenz nach außen der Fokus der QuaTro-Studie auf der Transparenz nach innen. Ziel ist es zu überprüfen, inwiefern die kompetenzorientierten Ansprüche des DOSB in der Ausbildungswirklichkeit der Mitgliedsverbände umgesetzt werden.

Neben den Zielen wird auch deren Ansteuerung in konkreten Lehr-Lernsituationen analysiert. Für die Analyse werden *methodische Gestaltungsmerkmale*, die in der empirischen Bildungsforschung unter dem Stichwort Aufgabenkultur diskutiert werden (z. B. kognitive Aktivierung, Offenheit, Reflexion sowie das Rollenverständnis der Lehrenden) (z. B. Kleinknecht, 2010), operationalisiert. In der Trainerbildungsforschung werden diese Merkmale bislang nicht systematisch diskutiert, lassen sich jedoch teilweise implizit erkennen (z. B. Ehnold, Cachay & Borggrefe, 2015).

Die QuaTro-Studie verfolgt folgende forschungsleitende Hauptfragestellungen:

> **F1:** *„Welche Passungen und Differenzen bestehen zwischen den Ansprüchen der Ausbildungsrahmen des DOSB und den Ansprüchen der Ausbildungskonzeptionen (A-/B-/C-/Diplom-Trainer Leistungssport) der Mitgliedsverbände hinsichtlich (a) Kompetenzverständnis, (b) Zielen, (c) methodischer Gestaltung?“*

F2: *„Welche Passungen und Differenzen bestehen zwischen den Ausbildungskonzeptionen der Mitgliedsverbände und deren Ausbildungswirklichkeit (Lehr-Lernsituationen) hinsichtlich (a) Kompetenzverständnis, (b) Zielen, (c) methodischer Gestaltung?“*

2 Forschungsmethodisches Vorgehen

Die Studie lehnt sich an den Differenzanalytischen Ansatz (z. B. Balz & Neumann, 2014) an, der sich mit Theorie-Praxis-Differenzen von konzeptionellen Ansprüchen und deren Verwirklichung im Schulalltag (allgemeiner: Bildungsalltag) befasst. Der Forschungsansatz geht von der grundsätzlichen Annahme aus, dass konzeptionelle Ansprüche selten mit der Wirklichkeit deckungsgleich sind.

F1: *DOSB-Ausbildungsrahmen vs. Ausbildungskonzeptionen der Mitgliedsverbände*

Im ersten Schritt wurde eine Dokumentenanalyse der DOSB-Ausbildungsrahmen (RRL, Dokumente der Trainerakademie) und der Ausbildungskonzeptionen von N = 4 Spitzenverbänden zum Trainer Leistungssport C/B/A und Diplom vorgenommen. Mittels qualitativer strukturierender Inhaltsanalyse wurden Ansprüche zu drei Kategorien untersucht: (a) Kompetenzverständnis, (b) kompetenzorientierte Ziele, (c) methodische Gestaltung. Darüber hinaus wurden die (b) kompetenzorientierten Ziele mittels skalierender Inhaltsanalyse auf den DQR-Niveaustufen (1 = sehr gering bis 8 = sehr hoch) eingeordnet.

F2: *Ausbildungskonzeptionen vs. Ausbildungswirklichkeit der Mitgliedsverbände*

Im zweiten Schritt wurde die Ausbildungswirklichkeit der Mitgliedsverbände auf allen Lizenzstufen anhand exemplarischer Lehrgänge untersucht. Dies erfolgte über die videogestützte Beobachtung ausgewählter Lehr-Lernsituationen (N = 62) sowie problemzentrierter und Stimulated-Recall-Interviews mit den jeweiligen Ausbildern (N = 28). Ausgewählt wurden Lehr-Lernsituationen zu den RRL-Kompetenzbereichen *(persönliche und sozialkommunikative Kompetenz [PSK], Fachkompetenz [FK] sowie Methoden- und Vermittlungskompetenz [MVK])*. Die Auswertung erfolgte auch hier mittels qualitativer strukturierender Inhaltsanalyse zu den o. g. Kategorien (a) und (b). Anhand dessen wurden Passungen und Differenzen zwischen Anspruch und Wirklichkeit *bestimmt*.

Hinsichtlich der Kategorie (c) *methodische Gestaltung* hat sich der Fokus der Analyse verschoben, da die Ansprüche in den Ausbildungsdokumenten sehr knapp (zumeist nur wenige Zeilen) und eher abstrakt formuliert sind und so in der Wirklichkeit nicht beobachtbar erschienen. Um dennoch zu prüfen, ob die grundlegende Kompetenzorientierung der Zielebene eine Entsprechung in einer kompetenzorientierten Gestaltung von Lehr-Lernsituationen findet, wurden diese auf der Basis des Videomaterials entlang der „Merkmale kompetenzorientierter Aufgabenkultur“ (s. o.) analysiert.

Dazu wurden die Merkmale *kognitive Aktivierung, Offenheit, Reflexion, Strukturierung, Individualisierung und Lebensweltbezug* auf einer zweistufigen Skala („keine/geringe Ausprägung“, „mittlere/hohe Ausprägung“ eingeschätzt (vgl. Ptack, i. V.) und geprüft, wie häufig die jeweiligen Merkmalsausprägungen zu beobachten waren.

3 Ergebnisse

F1: *DOSB-Ausbildungsrahmen vs. Ausbildungskonzeptionen der Mitgliedsverbände*

(a) Kompetenzverständnis

In diesem Bereich zeigt sich zunächst eine grundlegende *Passung*. Alle vier Mitgliedsverbände greifen in Orientierung an den RRL explizit die grundlegenden Kompetenzkategorien PSK, FK, MVK auf. Bedeutsame *Differenzen* zeigen sich jedoch bezüglich Art und Umfang der Definition von Handlungskompetenz und der drei Kompetenzbereiche PSK, FK, MVK sowie der Strukturierung der Ziele entlang dieser drei Kompetenzbereiche. So ist nur in einem Verband eine durchgehende, stringente Orientierung an den RRL festzustellen. In den anderen Verbänden werden entweder die Handlungskompetenz oder Teilkompetenzen nicht definiert und/oder die Ziele nicht den drei Teilkompetenzen zugeordnet.

(b) Ziele

Auf Zielebene zeigen sich bzgl. der DQR-Niveaustufeneinordnung sowohl Passungen als auch Differenzen über alle Kompetenzkategorien und Lizenzstufen.

Passungen:

- In den Ausbildungsdokumenten von DOSB (C-Lizenz: 4,1 bis Diplom-Trainer: 6,3) und Mitgliedsverbänden (C-Lizenz: 3,3-4,9 bis Diplom-Trainer: 4,8-6,4) liegt verbandsintern weitestgehend ein konsekutiver Anstieg des Kompetenzniveaus vor.
- Ziele zu personalen Kompetenzen (Sozialkompetenz, Selbständigkeit) werden als anspruchsvoller (z. B. C-Lizenz DOSB: 4,8/5,0; Verband 1: 6,0/4,5) eingeordnet, als die Ziele zu fachlichen Kompetenzen (Wissen, Fertigkeiten) (z. B. C-Lizenz DOSB: 3,2/3,4; Verband 1: 4,0/3,0).

Differenzen:

- Die Mitgliedsverbände liegen in allen Lizenzstufen sowie auf einzelnen Kompetenzkategorien häufiger unterhalb des Niveaus der DOSB-Ausbildungsdokumente.
- Lizenzstufen: Die größten Differenzen sind beim Diplom-Trainer festzustellen: Die Niveaustufen der Mitgliedsverbände liegen am deutlichsten unter denen der DOSB-Ausbildungsrahmen.
- Kompetenzkategorie: Die größten Differenzen sind im Bereich Sozialkompetenz festzustellen: Die Niveaustufen der Mitgliedsverbände liegen mit einer Ausnahme am deutlichsten unter denen der DOSB-Ausbildungsrahmen.

(c) Methodische Gestaltung

Zur methodischen Gestaltung liegen in den Ausbildungsdokumenten von DOSB und Mitgliedsverbänden nur sehr knappe Aussagen vor. Hier zeigt sich insofern eine Passung, als drei der vier Verbände analog zu den DOSB-Ausbildungsdokumenten jeweils lediglich allgemeine „didaktisch-methodische Grundsätze" beschreiben, bspw. Teilnehmerinnen-/Teilnehmerorientierung, Transparenz, Handlungs- und Prozessorientierung. In einem Verband werden konkretere, an Zielen orientierte Gestaltungsvorlagen bspw. in Form konkreter Aktionsformen und Unterrichtsmaterialien gegeben.

F2: *Ausbildungskonzeptionen vs. Ausbildungswirklichkeit der Mitgliedsverbände*

In diesem Teil konzentrieren wir uns in der folgenden Ergebnisdarstellung auf die Frage, *inwieweit die Kompetenzorientierung auf der Zielebene in den analysierten Ausbildungsdokumenten eine Entsprechung in einer kompetenzorientierten Gestaltung von Lehr-Lernsituationen der Ausbildungswirklichkeit findet*. Weiterführende Ergebnisse, bspw. zum Kompetenzverständnis der Ausbilder oder angesteuerten Themenbereiche, werden bei Ptack (i. V.) sowie bei Sygusch und Ptack (i. V.) dargelegt.

(c) Methodische Gestaltung

Insgesamt können die beobachteten Lehr-Lernsituationen als „bedingt kompetenzorientiert" bewertet werden. Die erfassten Merkmale kompetenzorientierter Aufgabenkultur sind in unterschiedlicher Weise zu identifizieren. Die Merkmale *Lebensweltbezug* (100 %.) und *Strukturierung* (88 %.) wurden in (nahezu) jeder Lehr-Lernsituation beobachtet und scheinen somit ein fester Bestandteil im Rahmen der Trainerausbildung zu sein. Auch das Merkmal *kognitive Aktvierung* wurde in 83 %. der Lehr-Lerneinheiten beobachtet. Die Merkmale *Offenheit* (69 %.), *Reflexion* (53 %.) sowie *Individualisierung* (50 %.) wurden hingegen deutlich seltener beobachtet.

Unterschiede zeigen sich bei der Betrachtung der einzelnen Verbände – bspw. wurden bei V1 im Durchschnitt 61 %. aller Merkmale beobachtet, bei V2 97 %.. Außerdem in allen Lizenzstufen: Im Durchschnitt aller Merkmale von allen Verbänden wurden in der A-Lizenz 60 %. der

Merkmale beobachtet, in der Spezialisierungsausbildung [Diplom] 100 %.. Darüber hinaus lassen sich auch Unterschiede zwischen den Lehr-Lernsituationen in den drei Kompetenzkategorien feststellen: Im Durchschnitt wurden im Bereich FK 56 %. der Merkmale beobachtet. In Einheiten, in denen mehrere Kompetenzkategorien angesteuert wurden, 88 %.. Besonders auffällig ist, dass die Merkmale *Reflexion* und *Individualisierung* im Bereich FK jeweils nur zu ca. 11 %. beobachtet wurden.

4 Diskussion

F1: *DOSB-Ausbildungsrahmen vs. Ausbildungskonzeptionen der Mitgliedsverbände*

Bezüglich des (a) Kompetenzverständnisses der Ausbildungsdokumente ist eine gemeinsame Basis mit dem DOSB erkennbar. Empfehlenswert für die Ausbildungsdokumente der Mitgliedsverbände ist eine stringentere Orientierung, v.a. im Rahmen der Zielformulierungen, an den drei Kompetenzkategorien der RRL.

Hinsichtlich der (b) Ziele zeigt die DQR-Einordnung der Ausbildungsdokumente, dass die Werte der RRL durchschnittlich höher sind, als die der Mitgliedsverbände. Besonders auffällig sind übergeordnet die hohen Einordnungen im Bereich der personalen Kompetenzen sowie die Abweichungen beim Diplom-Trainer. Verbände und DOSB sollten hier ein adäquates und umsetzbares Anspruchsniveau finden, insbesondere für den Bereich der personalen Kompetenzen. Diese scheinen in der Trainerbildung eine besondere Rolle einzunehmen, indem sie einerseits als wichtig und andererseits als schwer vermittelbar und in der Ausbildungspraxis als unterrepräsentiert dargestellt werden (z. B. Borggrefe, Thiel & Cachay, 2006). Weiterhin sollte eine systematische(re) Vernetzung zwischen den Dokumenten der Trainerakademie (Diplom-Trainer) und dem DOSB (C- bis A-Lizenz) hergestellt werden.

Die (c) methodischen Gestaltungshinweise sowohl der Ausbildungsrahmen des DOSB als auch der Mitgliedsverbände stehen grundlegend in keinem Widerspruch zu den Merkmalen der Aufgabenkultur (s. o.), sind jedoch für die Umsetzung in die Praxis und die Überprüfung der Anschlussfähigkeit zu abstrakt formuliert. An dieser Stelle sollte zunächst hinterfragt werden, welche Funktion die Vorgaben im Rahmen der Ausbildung einnehmen, und dann ggf. eine Konkretisierung stattfinden.

F2: *Ausbildungskonzeptionen vs. Ausbildungswirklichkeit der Mitgliedsverbände*

Hinsichtlich der (c) methodischen Gestaltung zeigen sich in den beobachteten Lehr-Lernsituationen alle relevanten Merkmale von Aufgabenkultur, so dass insgesamt eine Nähe zur Kompetenzorientierung in allen Lehrgängen und auf allen Lizenzstufen identifiziert werden kann. Ohne Ausnahme weisen die Lehrgänge einen erkennbaren Bezug zum sportlichen Alltag der angehenden Trainer/innen auf (*Lebensweltbezug*). Auch das Merkmal *kognitive Aktivierung* (88 %.), in der Literatur das zentrale Kriterium kompetenzorientierter Aufgabenkultur (u. a. Kleinknecht, 2010), wird in hohem Maße eingesetzt. Am wenigsten Berücksichtigung erfahren dagegen *Reflexion* (53 %.) und *Individualisierung* (50 %.). Insbesondere in Lehr-Lernsituationen zur FK finden die Merkmale wenig Berücksichtigung.

Insgesamt bewegen sich der DOSB und die untersuchten Mitgliedsverbände somit recht deutlich auf dem Weg in Richtung einer kompetenzorientierten Trainerbildung. Die identifizierten Differenzen deuten aber auch auf Optimierungspotenziale in allen Verbänden hin, die nachfolgend in den Gesamtzusammenhang eingebettet werden.

Für eine systematische(re) Kompetenzorientierung scheint es auf Dokumentenebene notwendig, die drei Kompetenzkategorien stringent und einheitlich zu verankern, ein einheitliches und umsetzbares Anforderungsniveau in allen Kompetenzbereichen festzulegen sowie die methodischen Gestaltungsvorlagen noch deutlich systematischer an den Merkmalen der Aufgabenkultur zu orientieren. Zur Umsetzung der Ansprüche in die Ausbildungswirklichkeit könnte bspw. im Rahmen des Ausbilderzertifikates sichergestellt werden, dass alle beteiligten Ausbilder ausreichend qualifiziert und entsprechende Vorgaben weitläufig bekannt sind. Dadurch kann sich die Trainerausbildung im DOSB weiter dem selbstgestellten kompetenzorientierten Anspruch annähern.

5 Literatur

Apitzsch, T. (2012). *Kompetenzprofile von Trainern und Sportmanagern im Leistungssport*. Köln: Deutsche Sporthochschule Köln.

Arbeitskreis Deutscher Qualifikationsrahmen (AK DQR). (2011). *Deutscher Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen*. Berlin: BBJ Consult AG.

Balz, E. & Neumann, P. (Hrsg.). (2014). *Schulsport: Anspruch und Wirklichkeit. Deutungen, Differenzstudien, Denkanstöße* (Forum Sportpädagogik, 6). Herzogenrath: Shaker.

Borggrefe, C., Thiel, A. & Cachay, K. (2006). *Sozialkompetenz von Trainerinnen und Trainern im Spitzensport*. Köln: SPORT-VERLAG Strauß.

Deutscher Sportbund (DSB). (2005). *Rahmenrichtlinien für Qualifizierung im Bereich des Deutschen Sportbundes*. Frankfurt a. M.: Deutscher Sportbund.

Ehnold, P., Cachay, K. & Borggrefe, C. (2015). *Vermittlung kommunikativer Kompetenzen in der Traineraus- und -fortbildung. Kommunikation als Herausforderung: eine theoretisch-empirische Studie zur Trainer-Athlet-Kommunikation im Spitzensport*. Schorndorf: Hofmann.

Kleinknecht, M. (2010). *Aufgabenkultur im Unterricht. Eine empirisch-didaktische Video- und Interviewstudie an Hauptschulen* (Schul- und Unterrichtsforschung, 11) (1. Aufl.). Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.

Ptack, R. (i. V.). *Kompetenzorientierung und Aufgabenkultur in der Trainerbildung Leistungssport. Eine Differenzanalyse zwischen Ausbildungsansprüchen und Ausbildungswirklichkeit im DOSB hinsichtlich Kompetenzverständnis, Zielen und Methoden*. Dissertation. Erlangen-Nürnberg: Friedrich-Alexander Universität.

Röder, B. & Jerusalem, M. (2007). Implementationsgrad und Wirkungen eines Programms zur Förderung von Selbstwirksamkeit. *Psychologie in Erziehung und Unterricht, 54* (1), 30-46.

Roth, H. (1971). *Pädagogische Anthropologie. Band II: Entwicklung und Erziehung. Grundlagen*. Hannover: Schroedel.

Sygusch, R. & Liebl, S. (2012). *Die Rahmenrichtlinien für Qualifizierung des Deutschen Olympischen Sportbundes. Einordnung in den Deutschen Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen (DQR)*. Darmstadt: Frotscher-Druck.

Sygusch, R., Liebl, S. & Töpfer, C. (2013). *Einordnung des „Diplom-Trainers des Deutschen Olympischen Sportbundes" in den Deutschen Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen (DQR). – Handreichung zur Expertise von 2013*. Köln: Trainerakademie Köln des DOSB.

Sygusch, R. & Ptack, R. (i. V.). *Trainer/in Leistungssport zwischen Anspruch und Wirklichkeit*.

Individuelle videogestützte Lernbegleitung zur Verbesserung der pädagogischen Trainingsqualität im Nachwuchsleistungssport.

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

(AZ 071101/16-18)

Alfred Richartz (Projektleitung), Kathrin Kohake & Jessica Maier
Universität Hamburg

1 Problem

Dieses Forschungsprojekt knüpft mit zwei Projektteilen an vorangegangene Projektergebnisse zum Bereich der pädagogischen Trainingsqualität im Nachwuchsleistungssport an (vgl. Richartz & Anders, 2016). Der Begriff der pädagogischen Qualität verweist auf eine Gütebeurteilung, die, falls sie mehr sein soll als die Bekundung subjektiver Vorlieben und Reflex persönlicher Erfahrung, an Kriterien gebunden werden muss. Gütekriterien für das pädagogisch-unterrichtliche Handeln können zwei sehr verschiedenen Begründungslogiken entspringen. Einerseits können sie auf normativen Verpflichtungen, sozial geteilten Wertmaßstäben und persönlichen wertbasierten Überzeugungen beruhen. Beispiele sind das Gebot der gewaltfreien Erziehung (§ 1631 BGB), Trainerehrenkodizes oder persönliche Überzeugungen zu Erziehungsfragen (educational beliefs). Andererseits können Urteile über pädagogische Qualität, wie in anderen Lebensbereichen auch, auf die Zweckmäßigkeit zielgerichteten Handelns bezogen sein: Ist das pädagogische Handeln so beschaffen, dass die erzieherischen und unterrichtlichen Ziele tatsächlich und effektiv erreicht werden? David Berliner hat für die normative Gütebeurteilung den Begriff des „guten" Lehrens (= normativ gut) und für die Gütebeurteilung im Hinblick auf Zielerreichung den Begriff des effektiven Lehrens (= effektiv im Hinblick auf Lehrziele) reserviert (Berliner, 2005). Pädagogische Qualität unter der Wirkungsperspektive erfordert empirisch begründete Qualitätskriterien; sie stehen im Mittelpunkt der „effective teaching"-Forschung.

Im vorliegenden Projekt wird, wie bereits in vorangegangenen, für die Einschätzung und Förderung pädagogischer Qualität das „Classroom Assessment Scoring System" (CLASS; Pianta, LaParo & Hamre, 2008) zugrunde gelegt, denn das CLASS-Instrument ist sowohl im Hinblick auf wirkungsbezogene wie auf normative Gütekriterien besonders geeignet. Seine Qualitätskriterien und Beurteilungsmaßstäbe sind unter den Kriterien von effektivem Lehren sehr gut beforscht und in guter Übereinstimmung mit allgemeinen Befunden der empirischen Bildungsforschung. Auch die normativen Qualitätskriterien des Trainerehrenkodex (DOSB & DSJ, 2011) sind, soweit sie sich auf das Handeln von Trainerinnen und Trainern beziehen, vollständig darin abgebildet. Das CLASS-Instrument ist hierarchisch über vier Ebenen strukturiert. Auf der obersten Ebene stehen drei breite, theoretisch gestützte Domänen: Emotional Support, Classroom Organization und Instructional Support. Jede Domäne enthält drei bzw. vier „Dimensionen", jede Dimension vier bis fünf „Indikatoren". Die vierte Ebene definiert für jeden Indikator drei bis fünf beobachtbare Verhaltensmarker (Richartz & Anders, 2016). Die Konkretisierung von Qualitätsmarkern auf ein beobachtungsnahes Niveau macht das Instrument für Trainerinnen und Trainer zugänglich. Gleichzeitig werden

damit intersubjektiv überprüfbare Qualitätskriterien geboten, die klare Orientierungen für die Einschätzung und Weiterentwicklung des eigenen Handelns geben können. Um diese Vorteile fruchtbar zu machen, wurde in einem vorangegangen Projekt eine Bibliothek von Video-Clips entwickelt, die die Qualitätsmarker des CLASS-Instruments in alltäglichen Trainingssituationen beobachtbar macht (Richartz & Anders, 2017). Gleichzeitig wurde ein Präsenzmodul für die Vermittlung der CLASS-basierten pädagogischen Qualitätsmerkmale für die Trainerfortbildung entwickelt. Dieses Modul ist seit mehreren Jahren implementiert und die vorliegenden Evaluationsergebnisse bestätigen dieses Vorgehen. Inzwischen liegen Befragungsergebnisse von $N = 309$ Teilnehmerinnen und Teilnehmern vor. Die Relevanz der CLASS-basierten Kriterien pädagogischer Qualität für den Trainingsalltag bestätigen 96 %. der Befragten, 79 %. sehen bei sich Verbesserungsmöglichkeiten, 85 %. beurteilen die Video-Clips als hilfreich zur Reflexion des eigenen Verhaltens. Die Befragungsergebnisse streuen breit über Alter und Qualifikationsstufe der Trainerinnen und Trainer (Richartz & Anders, 2017). Das vorliegende Projekt knüpft in zweierlei Hinsicht daran an:

- Die Videobibliothek wird auf die Sportarten Handball und Rhythmische Sportgymnastik erweitert.
- Ein CLASS-basiertes individuelles und online-gestütztes Coaching von Trainerinnen und Trainern wird implementiert und in einem Kontrollgruppendesign evaluiert.

2 Entwicklung, Implementation und Evaluation eines CLASS-basierten Online-Coachings für Trainerinnen und Trainer

Im Folgenden wird vor allem auf das CLASS-basierte Online-Coaching als Kernbestandteil des laufenden Projekts eingegangen. Die Literatur zur Trainerbildung stellt – auch im internationalen Vergleich – immer wieder fest, dass Trainerinnen und Trainer seminaristische Bildungsformate als theorielastig und anwendungsfern beurteilen sowie angeben, vor allem aus Beobachtung und Erfahrung zu lernen (Stoszkowski & Collins, 2016). Ein Online-Coaching soll dieses Problem der wahrgenommenen Praxisferne adressieren und gleichzeitig durch flexible zeitliche Anpassungsmöglichkeiten den notorisch knappen Ressourcen von Ehrenamtlichen für Fortbildung entgegen kommen.

Der Begriff des „Coachings“ wurde aus den USA in die deutsche unternehmensbezogene Beratungslandschaft importiert und dient als Oberbegriff für außerordentlich unterschiedliche Ansätze. Die Unterschiede betreffen sowohl die Methoden der Beratung wie die Hintergrundtheorien, sodass vom Wildwuchs eines bunten Markts gesprochen wird (Berninger-Schäfer, 2018). Als kleinster gemeinsamer Nenner der Coaching-Ansätze lässt sich von einer „persönlichen Prozessberatung“ (Loebbert, 2017, S. 15) sprechen oder präziser von der Verknüpfung von a) der Klärung von Veränderungsanliegen, b) systematischer, strukturierter Prozessbegleitung zur Realisierung selbstkongruenter Ziele mit c) größtmöglicher Transferwahrscheinlichkeit (Berninger-Schäfer, 2018). In diesem Sinne wird im vorliegenden Projekt von „individueller Lernbegleitung“ gesprochen.

Trotz der großen Unterschiede in den Ansätzen lassen sich einige dominante Prozessmodelle und auch empirisch beforschte Wirkfaktoren von Coaching erkennen. Alle gängigen Prozessmodelle sehen zunächst eine Analyse des Veränderungsbedarfs vor. Darauf folgen die Klärung von Zielstandards und die Herstellung einer stabilen Arbeitsbeziehung. Die Intervention erfolgt oft über mehrere Stationen mit Analyse, Reflexion, Praxiserprobung und Feedback und endet mit einer Schlussevaluation (Berninger-Schäfer, 2018). Im vorliegenden Projekt spielt das CLASS-Instrument für alle Stationen eine orientierende und unterstützende Rolle. Wie die Evaluationsergebnisse des Einführungsmoduls zeigen, beurteilen Trainerinnen und Trainer die CLASS-basierten Qualitätskriterien in Relevanz, Anwendbarkeit und Nützlichkeit hoch positiv. CLASS kann demnach als valides Instrument zur Diagnose von subjektiv bedeutsam eingeschätzten Merkmalen des Ist-Zustandes dienen und darüber hinaus die Klärung von Verände-

rungsanliegen unterstützen. Gleichzeitig wird mit CLASS die Formulierung von Zielstandards erheblich erleichtert – die Indikatoren und Verhaltensmarker leisten bereits die Formulierung von praxisnahen, realistischen, überprüfbaren und evidenzbasierten Zielkriterien. Die einführende Information über CLASS und die permanente Zugänglichkeit und Veranschaulichung aller Qualitätskriterien in einer Online-Videobibliothek geben den Coachees zusätzlich die Gelegenheit, differenziert und zielgerichtet eigene Veränderungsziele zu wählen, den Veränderungsprozess ständig mitzuvollziehen und die Referenzbasis der Rückmeldungen von Coaches zu prüfen.

In der Coaching-Literatur finden sich inzwischen auch Wirkungsanalysen, deren Grundannahmen den vielfältigen Referenztheorien entstammen. Als gut belegte effektive Prozessvariablen können gelten (Berninger-Schäfer, 2018; Greif, Schmidt & Thamm, 2012):

- Beziehungsqualität Coach-Coachee: Die Etablierung einer offenen, vertrauensvollen und als unterstützend erlebten Beziehung ist die Voraussetzung für alle anderen Wirkungsfaktoren
- Ergebnisorientierte Problem- und Selbstreflexion
- Problembewältigungsperspektive/Umsetzungsunterstützung: Erarbeitung konkreter Lösungsmöglichkeiten für die praktische, zielbezogene Veränderung im Alltag. Darin eingeschlossen ist die Förderung der (zielbezogenen) Selbstwirksamkeit
- Ressourcenaktivierung: Das Vorgehen orientiert sich an den individuellen Ressourcen der Coachees und stärkt diese
- Problemaktualisierung/Affektaktivierung und -kalibrierung: Eine zu starke Problemaktualisierung im Coaching kann der Ressourcenaktivierung widersprechen. Die Problemaktualisierung (Belebung der negativen Affekte) sollte deshalb dosiert erfolgen
- Lösungsorientierung: Die Aufmerksamkeit wird dabei auf hilfreiche Erlebensprozesse und Pläne gelenkt
- Zielfokussierung/Zielklärung: Klärung von proximalen, klar definierten und selbstkonkordanten Zielen.

Das hier entwickelte, implementierte und untersuchte Coaching-Format soll den o. g. Prozessmerkmalen entsprechen und die Wirksamkeitsvariablen umsetzen. Die CLASS-Entwickler haben ein solches Format bereits realisiert und evaluiert: das Programm „My-Teaching-Partner“ (MTP; Pianta, 2011). An dieses Format lehnt sich dieses Online-Coaching eng an. Das Programm wurde mehrfach evaluiert (Pianta et.al., 2008; Early, Maxwell, Ponder & Yi, 2017). Beim Einsatz bei Lehrern in der Sekundarstufe wurden Effekte auch auf Ebene von Schülerleistungen gezeigt (Allen et. al., 2011).

Die Intervention beginnt mit einem motivierenden Informations-Input, der Kenntnisse über Merkmale pädagogischer Trainingsqualität auf der Grundlage von CLASS vermittelt sowie Veränderungsmotivation und Selbstwirksamkeitserwartung fördert. Dies erfolgt als Präsenzlehre im Rahmen der Trainieraus- und -fortbildung. Danach erhalten die Coachees Zugang zur Video-Bibliothek. Auf diese gemeinsame Wissensbasis können Coachee und Coach in allen Stationen des Prozesses referenzieren. Die Coaching-Intervention besteht aus einem Zyklus von Stationen, der sechs Mal durchlaufen wird:

- Eine Trainingseinheit des Coachees wird durch Mitarbeiter des Projektteams per Trainingsbesuch videographiert. Damit werden die Coachees von technischen Schwierigkeiten entlastet und die erforderliche Qualität der Aufnahmen (Technik, Bildausschnitt, Perspektive) sichergestellt.
- Der Coach analysiert das Video mit CLASS, wählt 4-6 aussagekräftige Sequenzen für vereinbarte

Arbeitsschwerpunkte aus und lädt diese auf eine geschützte Internetplattform hoch. Als Plattform wird edubreak®SPORTCAMPUS verwendet. Dort können die Sequenzen mit Kommentaren und graphischen Tools versehen werden, um die Aufmerksamkeit zu lenken. Die Sequenzauswahl und Kommentierung orientieren sich an den o. g. Merkmalen der Prozessqualität von Coachings (Beziehungsqualität, Ressourcenaktivierung, Umsetzungsunterstützung usw.).

- Der Coachee sichtet die vom Coach eingestellten Materialien und kann nach Wunsch unmittelbar durch Kommentierungen antworten.
- Coachee und Coach besprechen die aktuellen Materialien in einer Online-Videokonferenz (20-40 min).
- Gemeinsam wird ein Handlungsplan entwickelt und vom Coach festgehalten, er fixiert vom Coachee selbst gewählte Änderungsvorsätze und vom Coach erarbeitete Hinweise für Vertiefungsmöglichkeiten in der Videobibliothek. Vom Coachee werden Interessenschwerpunkte (z. B. CLASS-Dimension oder besonders relevante Indikatoren) für die nächste Videoanalyse ausgewählt.

Für die Gestaltung und den Ablauf der Coaching-Gespräche sowie für die Strategien zur Handlungsplanung bestehen Leitlinien, die mit Supervisoren des MTP-Formats abgestimmt sind. Die drei Coaches sind fortlaufend als CLASS-Observer zertifiziert, haben regelmäßige Intervisionssitzungen und Sitzungen zur CLASS-Kodiertreue. Außerdem haben alle drei Zugang zu allen videographierten Coachingsitzungen des Projekts.

Zur Evaluation von Interventionen empfiehlt das einflussreiche „Kirkpatrick-Modell“ (Kirkpatrick, 1994) die Differenzierung von vier Ebenen: Teilnehmerreaktion, deklarative Lernzuwächse, Effekte auf Verhaltensebene und „results“ auf der Zielebene der Veränderung – in diesem Fall Effekte auf Ebene der Trainierenden. Neben unterschiedlichen Voraussetzungen der Coachees (Qualifikation, Erfahrung, Motivation) werden die vier Ebenen durch folgende Fragestellungen adressiert:

1. Wie wird die Prozessqualität des Coachings von den Coachees beurteilt? (Ebene 1)

   Diese Frage wird durch einen Trainerfragebogen beforscht, der sich neben Eigenkonstruktionen im Hinblick auf die o. g. Wirkungsvariablen von Coaching anlehnt an das Instrument „Perceptions of Professional Development“ und „Coach Confidence“ (LoCasale-Crouch et. al., 2009a, b)

2. Welche Wirkungen zeigt das Coaching auf pädagogische Einstellungen und Wissensbestände der Coachees? (Ebene 2)

   Auf dieser Ebene werden Veränderungen von „educational beliefs“ im Hinblick auf die Trainerrolle, das Trainingsklima, die Trainer-Athlet-Beziehung, Aspekte effektiver Lerngruppenorganisation und Grundsätze förderlichen Feedbacks im Prä-Post-Design untersucht. Es handelt sich um selbstentwickelte Skalen, die spezifisch auf die hier verfolgten Interventionsziele zugeschnitten sind.

3. Welche Wirkungen zeigt das Coaching auf das Verhalten der Trainerinnen und Trainer? (Ebene 3)

   Effekte der Intervention auf der Verhaltensebene der Trainerinnen und Trainer werden durch standardisierte Trainingsbeobachtungen mit dem Instrument CLASS in einem Prä-Post-Follow-Up-Design untersucht.

4. Welche Wirkung zeigt die Intervention auf die Wahrnehmung des Trainerverhaltens durch die betreuten Athletinnen und Athleten und auf motivationale Variablen? (Ebene 4)

   Hier werden die Wahrnehmung des Trainerverhaltens, die wahrgenommene Befriedigung der Grundbedürfnisse i. S. der Selbst-

bestimmungstheorie und die motivationale Orientierung erhoben (Ryan & Deci, 2002).

Diese Forschungsfragen werden in einem Prä-Post-Follow-up-Kontrollgruppendesign untersucht. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer am Coaching bilden die Interventionsgruppe. Trainerinnen und Trainer, die im Rahmen der Trainerbildung am Präsenzmodell, also der Einführung in CLASS-basierte Qualitätsmerkmales des Trainings, teilgenommen haben, sind Teil einer Kontrollgruppe. Die Kontrollgruppenmitglieder haben nach der inhaltlichen Einführung die Möglichkeit, die Online-Materialien zu ihrer persönlichen Weiterbildung zu nutzen: Beschreibungen der CLASS-Dimensionen, Indikatoren und Verhaltensmarker, Videobeispiele und Beobachtungsübungen.

3 Ergebnisse

Die erste Projektphase wurde abgeschlossen und die bestehende Videobibliothek mit Beispielen aus den Sportarten Rhythmische Sportgymnastik und Handball erweitert. Hierfür wurden 27 neue Clips von 14 Expertentrainerinnen und -trainern ausgewählt und aufbereitet.

Darüber hinaus wurden Fragebögen für Kinder und Trainerinnen und Trainer entwickelt, um die Effekte des Coachings auf Trainer- und Athletenebene evaluieren zu können. Insbesondere bei der Konstruktion des Kinderfragebogens auf Grundlage der Selbstbestimmungstheorie der Motivation lagen keine geeigneten deutschsprachigen Messinstrumente für die anvisierte Altersgruppe vor, so dass eine Neukonstruktion basierend auf englischsprachigen Instrumenten notwendig war.

Zum Zeitpunkt der Verfassung des vorliegenden Beitrags nehmen N = 16 Trainerinnen und Trainer am Coachingprogramm und weitere N = 13 Trainerinnen und Trainer an der Kontrollgruppe teil. Insgesamt werden damit insgesamt 265 Athletinnen und Athleten erreicht. Die sechs Coaching-Zyklen wurden mit sechs Trainerinnen und zwei Trainern der zuvor genannten Gruppe bereits vollständig abgeschlossen. Die Erfahrungen mit dem Coaching (Evaluationsebene 1) werden auf einer fünf-stufigen Skala von „trifft gar nicht zu“ bis „trifft völlig zu“ erfasst. Die Coaching-Prozessfaktoren werden mit jeweils mit 1-2 Items erfasst. Wegen der geringen Teilnehmerzahl und der geringen Varianz wird auf eine Faktorenanalyse verzichtet. Die bisherigen Ergebnisse sind sehr zufriedenstellend: „Mein Coach hat wirklich wichtige Situationen aus dem Training für das Feedback ausgewählt“ (M = 4.88, Relevanz), „Mein Coach ist immer auf meine Wünsche und Interessen eingegangen“ (M = 4.88, Orientierung an selbstkonkordanten Zielen) und „Ich konnte mit meinem Coach auch unangenehme und kritische Situationen besprechen“ (M = 4.88, Beziehungsqualität). „Ich habe durch das Coaching viel gelernt“ (M = 4.63), „Ich weiß durch das Coaching besser, was meine Stärken sind und was ich gut kann“ (M = 4.63) (Ressourcenaktivierung) und „Mein Coach und ich konnten gemeinsam auch für schwierige Situationen Lösungen finden“ (M = 4.63) (Problemaktualisierung/Affektkalibrierung).

4 Diskussion

Im vorliegenden Projekt wird versucht, einige hartnäckige, lang diskutierte Probleme der Trainerbildung zu adressieren. Wie können pädagogische Qualitätsmaßstäbe für das Trainerhandeln evidenzbasiert präsentiert werden? Wie kann fachdisziplinäres erziehungswissenschaftliches Wissen so aufbereitet und zugänglich gemacht werden, dass Trainerinnen und Trainer diese Wissensbestände als praxisrelevant und orientierend für das eigene Handeln erfahren können? Wie kann das Problem der knappen Ressourcen von überwiegend ehrenamtlichen/nebenamtlichen Akteuren in Bildungsformaten besser berücksichtigt werden? Vor allem aber: Wie können Bildungsangebote so gestaltet werden, dass sie für die Adressaten und für Beobachter tatsächlich wirksam sind?

Als Beitrag zur Lösung einiger dieser Fragen wurde eine Verknüpfung von verschiedenen Lehr-Lern-Gelegenheiten entwickelt: ein Modul für die Präsenzlehre in der Trainerbildung, eine Online-Videobibliothek und ein Online-Coaching. Alle drei Lerngelegenheiten verweisen aufeinander und orientieren sich an evidenzbasierten Qualitätsdimensionen und -markern. Das Problem der knappen Ressourcen wird durch zeitliche Flexibilisierung und die Möglichkeit individueller Schwerpunktsetzung ent-

schärft, aber keineswegs gelöst. So wird auch beim Online-Coaching, das durch die Offenheit in Zielschwerpunkten, Materialauswahl und Zeitabläufen sowie der dialogisch-persönlichen Beziehung als besonders adressatenzentriertes Format gelten kann, immer wieder die Ressourcenknappheit zum Problem – nicht selten müssen Termine verschoben werden, drängen andere Verpflichtungen in den Vordergrund usw. Dennoch lassen sich auch hier – wie bereits beim Präsenzlehre-Modul – einige ermutigende Schlussfolgerungen ziehen. Trainerinnen und Trainer artikulieren hohes Interesse und hohen Bedarf an sportpädagogischem Wissen. Diese Nachfrage ist nicht an Alter, Qualifikation und Erfahrung geknüpft, sondern lässt sich quer über die Qualifikationsstufen erkennen. Trainerinnen und Trainer artikulieren auch ein hohes Interesse an einer praxisorientierten Reflexion und Veränderung ihres pädagogischen Handelns. Die auf der Grundlage des CLASS-Instruments erarbeiteten Materialien und Lehr-Lern-Formate erscheinen für diese Bildungsinteressen von Trainerinnen und Trainern besonders geeignet. Die Zugänglichkeit, Anschaulichkeit und Evidenzbasierung der Qualitätskriterien spielt dabei wohl eine entscheidende Rolle. Für das in diesem Projekt entwickelte Online-Coaching stehen wesentliche Evaluationsebenen noch aus. Die bisherigen Ergebnisse lassen erwarten, dass es in diesem Format zumindest in sehr erfreulichem Maß gelungen ist, eine hohe Prozessqualität im Hinblick auf die Coaching-Wirkfaktoren zu realisieren.

5 Literatur

Allen, J. P., Pianta, R. C., Gregory, A., Mikami, A. Y. & Lun, J. (2011). An Interaction-Based Approach to Enhancing Secondary School Instruction and Student Achievement. *Science, 333* (6045), 1034-1037.

Berninger-Schäfer, E. (2018). *Online-Coaching*. Wiesbaden: Springer.

Berliner, D. C. (2005). The near impossibility of testing for teacher quality. *Journal of teacher education, 56* (3), 205-213.

Deutscher Olympischer Sportbund & Deutsche Sportjugend (2011). *Ehrenkodex für alle ehrenamtlich und hauptberuflich Tätigen in Sportvereinen und -verbänden*. https://sportjugend-bb.de/wp-content/uploads/2017/07/DOSB_Ehrenkodex.pdf Abgerufen am 10.07.2018.

Early, D. M., Maxwell, K. L., Ponder, B. B. & Pan, Y. (2017). Improving teacher-child interactions: A randomized control trial of Making the Most of Classroom Interactions and My Teaching Partner professional development models. *Early childhood research quarterly, 38*, 57-70.

Greif, S., Schmidt, F. & Thamm, A. (2012). Warum und wodurch Coaching wirkt. Ein Überblick zum Stand der Theorieentwicklung und Forschung über Wirkfaktoren. *Organisationsberatung, Supervision, Coaching, 19* (4), 375-390.

Kirkpatrick, D. (1994). *Evaluating Training Programs. The Four Levels*. San Francisco: Berret-Koehler.

LoCasale-Crouch, J., Downer, J. T., & Hamre, B. K. (2009a). *Perceptions of professional development*. Unpublished measure. University of Virginia.

LoCasale-Crouch, J., Downer, J. T., & Hamre, B. K. (2009b). *Coach confidence*. Unpublished measure. University of Virginia.

Loebbert, M. (2017). *Coaching Theorie*. (2., aktual. Aufl.). Wiesbaden: Springer.

Pianta, R. (2011). *Teaching Children Well. New Evidence-Based Approaches to Teacher Professional Development and Training*. Zugriff am 10.07.2018: https://www.americanprogress.org/issues/ education-k-12/reports/2011/11/29/10663/ teaching-children-well/.

Pianta, R. C., La Paro, K. & Hamre, B. K. (2008). *Classroom Assessment Scoring System. Manual K-3*. Baltimore: Paul H. Brookes.

Pianta, R. C., Mashburn, A. J., Downer, J. T., Hamre, B. K. & Justice, L. (2008). Effects of Web-mediated Professional Development Resources on Teacher-Child Interactions in Pre-Kindergarten Classrooms. *Early childhood research quarterly, 23* (4), 431-451.

Richartz, A. & Anders, D. (2016). 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. In: Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2014/15* (S. 193-204). Köln: Sportverlag Strauß.

Richartz, A. & Anders, D. (2017). Pädagogische Qualität als Thema der Trainerbildung – hat die Sportpädagogik Trainern Relevantes zu bieten? *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge 57*, (2), 21-40.

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.

Stoszkowski, J. & Collins, D. (2016) Sources, topics and use of knowledge by coaches. *Journal of sport sciences, 34* (9), 794-802.

Fortführung der sportpsychologischen Betreuung bei der deutschen Nationalmannschaft des Skilanglaufs unter dem Aspekt der nachhaltigen Anwendung.

(AZ 071601/17)

Dorothee Alfermann (Projektleitung) & Marie Hengst
Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, Institut für Sportpsychologie und Sportpädagogik

1 Projekthintergrund

Die Sportpsychologie, als eine wichtige Ressource für nationale und internationale Spitzenleistungen, wurde im Jahr 2015 und 2016 erfolgreich in die Disziplin Skilanglauf implementiert. Die Einführung und Umsetzung der sportpsychologischen Betreuung in die Strukturen und Prozessabläufe der Nationalmannschaft Skilanglauf wurden als positiv bewertet. Unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen wurden die Ziele aus dem Betreuungsprojekt (AZ: 071624/15-16) entsprechend umgesetzt. So konnte eine vertrauensvolle Arbeitsbeziehung zu den Athleten und leitenden Trainern aufgebaut werden, was auch für die zukünftige Zusammenarbeit eine elementare Grundlage darstellt. Die Diagnostik individueller Leistungsvoraussetzungen ermöglichte das Erarbeiten von problemorientierten Lösungsansätzen. Des Weiteren wurden sportpsychologische Parameter in die Trainingssteuerung integriert. Einzelgespräche und wettkampfbegleitendes Coaching wurden erfolgreich mit den Sportlern und Sportlerinnen sowie deren Trainerinnen und Trainern absolviert. Die erzielten Leistungen der Sportler und Sportlerinnen in der Saison 2015/16 können als positiv beurteilt werden. Die Umstrukturierung im Bereich Skilanglauf scheint unter anderem durch den Aspekt der Implementierung der Sportpsychologie in Bezug auf die Leistungserbringung sukzessive Erfolge zu verzeichnen.

Als Grundlage für die Umsetzung und Implementierung des Rahmenkonzepts zur Etablierung der Sportpsychologie im Skilanglauf galten die Ergebnisse des Forschungsprojekts (TU München, Projektleitung Dr. Kai Engbert), welches durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) gefördert wurde (Kiss, Werts & Engbert, 2013). Hier konnte ein systematisches sportpsychologisches Curriculum für die Talentförderung, Ausbildung und das Coaching erarbeitet und umgesetzt werden. Die Ergebnisse dieses Projekts wurden direkt in die sportpsychologische Betreuungsarbeit im Ski Alpin sowie in die Trainerausbildung auf Bundes- und Landesebene eingebracht. Darüber hinaus konnten Know-How und Erfahrungen aus dem Ski Alpin in andere Wintersportarten, unter dem Dach des DSV, übertragen werden. So konnte beispielsweise im Jahr 2014 eine systematische und langfristig ausgerichtete Betreuungskonzeption im Biathlon (gefördert durch das BISp, Projektleitung Dr. Thomas Ritthaler) erfolgreich gestartet werden. Im Skisprung wurden Teile des entwickelten Ausbildungskonzepts übernommen und sportartspezifisch angepasst (gefördert durch das BISp, Projektleitung Dr. Kai Engbert & Dr. Oskar Handow).

Nachdem die sportpsychologische Betreuung erfolgreich initiiert wurde, galt es nun, die eingeführten Abläufe zu festigen und in eine nachhaltige Anwendung zu überführen. Ziel war es, die Sportpsychologie in eine stabile und andauernde Ressourcen-Nutzung in den Trainings- und Wettkampfalltag der Athleten und Trainer zu transferieren. Durch eine effiziente, langsame und kontinuierliche Anpassung in das Gefüge des Deutschen Skiverbandes sollte die notwendige Stabilität aufgebaut werden. Strukturell

sollen im Skilanglauf in der Saison 2016/2017 weitere Betreuungsmaßnahmen bei Weltcups und den Nordischen Skiweltmeisterschaften in Lahti 2017 realisiert werden. Mit Ziel der Olympischen Spiele 2018 in Korea, soll die Sportpsychologie planmäßig und zielgerichtet etabliert sein.

Finanziell stellt der Deutsche Skiverband wie bereits zur Saison 2015/2016 Eigenmittel in Form von Reisekosten und allen weiteren mit der Initiierung der sportpsychologischen Betreuung entstehenden Kosten bereit.

Ziel war es weiterhin, im Anschluss an das Betreuungsprojekt eine finanzielle Absicherung der sportpsychologischen Betreuung vom Haushalt des Verbandes sicher zu stellen.

2 Maßnahmen

Um eine langfristige Betreuung zu gewährleisten, wurden folgende Maßnahmen realisiert:

Maßnahme I: vertiefendes Coaching der Sporttreibenden, Trainer und Trainerinnen sowie sportpsychologisches Fertigkeitstraining stabilisieren

Nachdem Trainer und Trainerinnen wie auch Athleten und Athletinnen mit den Maßnahmen der Sportpsychologie, durch das Projekt „Implementierung der sportpsychologischen Betreuung in die deutsche Skilanglauf Nationalmannschaft (DSV) (AZ 071624/15-16) " vertraut waren, wurden basierend auf den diagnostischen Ergebnissen das trainings- und wettkampfbegleitende Coaching vertiefend durchgeführt. Bei der Umsetzung sportpsychologischer Trainingsformen bei ausgewählten Weltcups wie auch zentralen Lehrgängen erhielten die Trainer und Trainerinnen wie auch die Sporttreibenden von der sportpsychologischen Fachkraft Unterstützung. Es wurde gezielt an den sportpsychologischen Defiziten gearbeitet, um günstige Voraussetzungen für den stabilen Abruf des Leistungspotentials (in Vorbereitung auf die Nordische Skiweltmeisterschaften Februar 2017 und Olympiade 2018) zu schaffen. Ferner wurde darauf abgezielt, die erlernten sportpsychologischen Techniken und Methoden selbstständig anzuwenden.

Folgende Aspekte wurden weiterhin optimiert:

- Emotions- und Aktivierungskontrolle während der Vorstartphase
- Aufbau funktionaler Selbstinstruktionen (in der Vorbereitung auf einen Wettkampf, bei Zwischenzeiten und Überholvorgängen)
- Aufrechterhalten des aufgabenbezogenen Fokus in Drucksituationen
- Steigern der eigenen Selbstwirksamkeitsüberzeugung als Basis eines selbstwertdienlichen und funktionalen Umgangs mit Misserfolgen
- Aufbau einer erfolgszuversichtlichen Sichtweise (realistische Zielsetzung, funktionale Attribution und positive Affektbilanz)
- Stressimpfungstraining vor allem im Hinblick auf Störgrößen bei Großereignissen (Medien, Druck der Öffentlichkeit, Staffeldruck, Kadernormerfüllung)
- Psychologisches Taktiktraining (Umsetzung des Prinzips der Nichtwiederholbarkeit, Renneinteilung)
- Optimierung der Trainingsqualität durch Zielsetzungsstrategien
- Aufmerksamkeitsregulierung, vor allem bei langen Distanzen

Maßnahme II: Sportpsychologie als eine stabile und andauernde Ressourcen-Nutzung in den Trainings- und Wettkampfalltag der Sporttreibenden, Trainer und Trainerinnen transferieren

Im nächsten Schritt stand dann die Überführung der erlernten Fertigkeiten und Strategien in eine stabile und nachhaltige Anwendung im Trainingsalltag im Vordergrund. Dazu fand zwischen Sporttreibenden und sportpsychologischer Fachkraft wie auch zwischen Trainer/Trainerin und sportpsychologischer Fachkraft in regelmäßigen Abständen ein Austausch über die Anwendung der Techniken statt. Weiterhin wur-

den hier eventuelle Optimierungsvorschläge oder andere Problemfelder sowie Vorschläge zu Verbesserungen in der Betreuungsarbeit eingeholt und bearbeitet.

Maßnahme III: Evaluation und Qualitätssicherung

Im Zuge der letzten Phase sollte die bisherige sportpsychologische Betreuung bewertet werden. Dabei ging es um die Messung der Betreuungsqualität durch den QS 17 (Kleinert & Ohlert, 2014) und subjektiver Beziehungsoutcomes, die Evaluation der Interaktion, das Bewerten bezüglich subjektiv wahrgenommener Auswirkungen auf Leistung und Befinden wie auch die Weiterentwicklung in Bezug auf psychologische Fertigkeiten und Fähigkeiten.

Athletenauswahl

Die zu betreuenden Athleten und Athletinnen setzten sich primär aus der Lehrgangsgruppe IA zusammen und sind im A- und B-Kader gelistet.

3 Umsetzung

Im Folgenden sind die Einsätze der sportpsychologischen Fachkraft dargestellt:

4 Ergebnisse

Nachdem die sportpsychologische Betreuung erfolgreich initiiert wurde, galt es, die eingeführten Abläufe zu festigen und in eine nachhaltige Anwendung zu überführen. Dabei wurden die Sporttreibenden wie auch die Trainer/Trainerinnen vertieft gecoacht. Es wurde an sportpsychologischen Defiziten gearbeitet, um bestmögliche Voraussetzungen für einen stabilen Abruf der Leistungen zu ermöglichen. Ferner gelang es, sportpsychologische Fertigkeiten zu stabilisieren sowie deren Anwendung autonom durchzuführen. Der planmäßige und systematische Austausch über die Anwendung psychologischer Techniken wurde umgesetzt. Dies trug dazu bei, dass die erlernten Fertigkeiten und Strategien in eine stabile und nachhaltige Anwendung überführt werden konnten. Im Zuge der letzten Phase sollte die bisherige sportpsychologische Betreuung bewertet werden. Die Datenerhebung gestaltete sich äußert schwierig. Letztlich konnte nur im Rahmen von Einzelbetreuungen die sportpsychologische Betreuung evaluiert werden. Strukturell wurden im Skilanglauf in der Saison 2016/2017 Betreuungs-

Zeitraum **01.01.2017 - 31.12.2017**	**Maßnahme**
Januar **Tour de Ski (Oberstdorf) 03.-04.01.**	Einzelgespräche mit Trainer und Athleten Umsetzung sportpsychologischer Trainingsformen
Februar **WM Vorbereitung (Seiser Alm/Antholz) 04.-05.02.** **WM (Lahti) 27.-28.02.**	individuelles Training zum stabilen Abruf des Leistungspotentials wettkampfbegleitendes Coaching bei Sportlern und Trainer
April **Trainerklausur (Oberhof)**	Nachbereitung & Transfer
Juni **Lehrgang (Ramsau) 14.-18.06.**	Workshop (zum Selbstvertrauen)
Juli **Sommerwettkämpfe (Oberhof) 21-23.07.**	Weiterentwicklung individueller Strategien wettkampfbegleitendes Coaching bei Sportler und Trainer
September **ZLK (Oberhof) 19 -21.09.**	unterstützende Maßnahmen zur selbstständigen Umsetzung sportpsychologischer Fertigkeiten im Trainingsalltag
November **Lehrgang (Davos) 8.-11.11.**	Nachbereitung und Evaluation der bisherigen sportpsychologischen Betreuung
Dezember **Weltcup (Lillehammer) 27.-30.12.**	Feedback und Reflexion Hinweise seitens der Athleten zur nachhaltigen Umsetzung der Sportpsychologie im Trainings-und Wettkampfalltag (Wünsche und Vorstellungen)

maßnahmen bei Weltcups und den Nordischen Skiweltmeisterschaften in Lahti 2017 realisiert. Mit den Olympischen Spielen 2018 in Korea wurde die Sportpsychologie planmäßig und zielgerichtet etabliert.

5 Fazit

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Sportpsychologie in eine stabile und andauernde Ressourcen-Nutzung in den Trainings- und Wettkampfalltag der Sporttreibenden und Trainer transferiert werden konnte. Die Stabilität wurde durch eine effiziente, langsame und kontinuierliche Integration in die Strukturen des Deutschen Skiverbandes erreicht. Außerdem gelang es, in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Skiverband, die sportpsychologische Betreuung im Anschluss an das Betreuungsprojekt sicher zu stellen. Die Umsetzung des Betreuungsprojekts wird als erfolgreich betrachtet. Das Ziel der Fortführung der sportpsychologischen Betreuung bei der deutschen Nationalmannschaft im Skilanglauf unter dem Aspekt der nachhaltigen Anwendung wurde erfüllt. Die erzielten Leistungen der Sportlerinnen und Sportler in der Saison 2016/17 können, im Rahmen der Möglichkeiten, als positiv beurteilt werden, wenn auch der Anteil einer sportpsychologischen Betreuung am Erfolg nicht gemessen werden kann. Die Maßnahmen wurden sowohl von den Sportlern und Sportlerinnen als auch von den jeweiligen Trainern als positiv bewertet.

6 Literatur

Beckmann-Waldenmayer, D. & Beckmann, J. (2012). *Handbuch sportpsychologischer Praxis – Mentales Training in den olympischen Sportarten*. Balingen: Spitta.

Kleinert, J. & Ohlert, J. (2014). *QS17 – Qualitätssicherung 17 (Befragungsinventar zur Erfassung der Betreuungsqualität)*. Tests Info.

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.

Implementierung eines videobasierten Feedbacktools zur Optimierung des Trainerverhaltens im leistungssportlichen Training im Rahmen der Diplomtrainerausbildung an der Trainerakademie Köln des Deutschen Olympischen Sportbundes

(AZ 071610/17)

Dennis Drieschner, Markus Finck, Lutz Nordmann[1] & Harald Lange (Projektleitung)[2]

[1]Trainerakademie Köln des DOSB

[2]Julius-Maximilians-Universität Würzburg, Institut für Sportwissenschaft

1 Zielstellung

Im Rahmen des Projektes AZ 072051 wurde eine browserbasierte Anwendungssoftware zur videobasierten Beobachtung von Trainerverhalten – die Trainer-App – entwickelt. (traineraka-demie.dokume.net)

Die Trainer-App eröffnet die Möglichkeit, Trainer in ihrer Kerntätigkeit „Training anzuleiten" zu beobachten, zu bewerten und über Feedback zielgerichtet zu entwickeln.

Eine systematische Weiterentwicklung von Trainerverhalten mittels Beobachtung der Trainingspraxis und Feedback findet bisher im Leistungssport kaum statt. Vereinzelt existieren Mentoringprogramme, in denen Trainer im Trainingsprozess analysiert werden (z. B. im Rahmen der sportartspezifischen Ausbildung im Diplom-Trainer-Studium). Mentoringprogramme sind sehr zeitaufwändig und erfordern einen qualifizierten, erfahrenen Mentor, der nicht nur fachlich und methodisch die Trainingseinheit einschätzen kann, sondern auch die Interaktion zwischen Trainer und Athlet (z. B. Korrekturverhalten, Kommunikation etc.) analysieren und bewerten kann (ICCE, 2014). Hinzu kommt, dass das Führen eines gewinnbringenden Feedbackgesprächs, welches den Trainern eine Grundlage zur Selbstreflektion und Veränderung des Trainerverhaltens bietet, eine hohe Kompetenz vom Mentor erfordert (Bloom, 2013; Nash/McQuade, 2015).

Hier setzt die Trainer-App an, indem den Beobachtern (z. B. Mentoren) eine strukturierte Hilfe hierfür bereitgestellt wird. Die Trainer-App bringt somit eine Systematik in den Beobachtungs- und Feedbackprozess, welche im Ergebnis die Kompetenzen von Trainern und Mentoren verbessern kann. Neben der Bewertung durch einen Mentor bietet das Feedbacktool zudem die Möglichkeit, durch Selbstbeobachtung einen Perspektivenwechsel zu vollziehen. Die Trainer können anhand aufgezeichneter Trainingsvideos ihr eigenes Trainerverhalten beobachten, bewerten und vergleichen. Aus lerntheoretischer Sicht ist dies für eine erfolgreiche Selbstreflektion zwingend notwendig (Arnold, 2013). Das Zusammenbringen von Fremd- und Selbstwahrnehmung leistet einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der Trainingsqualität, indem Trainer für ihr Verhalten sensibilisiert und ihnen Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt werden, sie also in einen reflexiven Bildungsprozess eintreten. Gleichzeitig kann mit der Trainer-App der individuelle Entwicklungsweg von Trainern systematisch auf- und nachgezeichnet werden.

Mit dem vorliegenden Transferprojekt war das Ziel verbunden, die Anwendungssoftware gewinnbringend in den Ausbildungsprozess von Trainern einzubinden. Als Pilotprojekt sollte die Software in die Ausbildung an der Trainerakademie Köln über zwei Ziele eingebunden werden:

1. Gewinnung und Schulung der Mentoren zur Verwendung der Anwendungssoftware als Unterstützung der reflexiven Trainingsbeobachtung durch einen Auftaktworkshop und praktische Schulungen während Trainingsbeobachtungen der jeweiligen Sportarten
2. Entwicklung und Implementierung eines Lernmoduls „Trainingsqualität“ im Diplomtrainerstudiengang durch Psychologen.

2 Methode

Im Rahmen eines Auftakt-Workshops, zu dem die Koordinatoren aus 48 Spitzenfachverbänden an die Trainerakademie des DOSB eingeladen waren, wurde die Anwendungssoftware vorgestellt, die Implementierung in den Ausbildungsprozess der aktuellen Diplom-Trainerstudiengänge dargestellt und die Anwendung der Software exemplarisch erarbeitet. Ergänzend waren internationale Referenten eingeladen, die die Trainerbildung in verschiedenen europäischen Ländern vorstellten. Die eigentlichen Schulungen der interessierten Experten wurden dann bei Trainingsbeobachtungen in der jeweiligen Sportart durchgeführt.

Parallel wurde die Software in das didaktisch-methodische Konzept der Trainerbildung an der Trainerakademie des DOSB durch einen erfahrenen Sportpsychologen implementiert.

Durch die Praxiserfahrungen der Nutzer zur Anwendung der App wurde die Benutzerfreundlichkeit und Funktionalität der App im Feld überprüft.

3 Ergebnisse

Die geplanten Schritte zur Einführung der Trainer-App konnten wie geplant umgesetzt werden. Das Interesse der Vertreter der Sportfachverbände beim Workshop war groß, und es wurden im Anschluss erste Vor-Ort-Schulungen von potentiellen Mentoren durchgeführt.

Die Implementierung eines Lernmoduls „Trainingsqualität“ im Diplomtrainerstudiengang wurde erfolgreich durchgeführt.

Durch die Rückmeldung der verschiedenen Nutzergruppen (Koordinatoren, Trainerstudenten) wurden einige Verbesserungsvorschläge erarbeitet. Diese betreffen die Bereiche grafische Darstellung sowie das Daten- und Videomanagement zur Verbesserung der Kompatibilität und effizienteren Speicherverwaltung.

4 Fazit

Die Trainer-App stellt ein hilfreiches Werkzeug in der Trainerausbildung und -entwicklung dar. Sie muss jedoch methodisch-didaktisch in die Aus- und Fortbildungskonzeptionen der Trainerbildung integriert werden.

Weitere Anfragen von Verbänden für zukünftige Schulungen der in der Aus- und Fortbildung tätigen Personen sind bereits eingegangen.

Die intensive Anwendung hat aber auch gezeigt, dass weitere Programmierarbeiten – im Besonderen zur technischen Weiterentwicklung der Software – für eine bessere Funktionalität und größere Nutzerfreundlichkeit notwendig sind.

5 Literatur

Arnold, R. (2013): *Wie man lehrt, ohne zu belehren*. Heidelberg: Karl-Auer Verlag.

Bloom, G. (2013): Mentoring for sport coaches. In: P. Potrac, W. Gilbert, J. Denison [Hrsg.]. *Routledge Handbook of Sports Coaching*. London: Routledge.

International Council for Coaching Excellence (ICCE) (2014): *International Coach Developer Framework Version 1.1*. Leeds: ICCE

Nash, Ch. & McQuade, S. (2015): Mentoring as a coach development tool. In: Ch. Nash [Hrsg.]. *Practical Sports Coaching*. London: Routledge.

Schlafqualität und Schlafhygiene unter Höhenbedingungen – Eine explorative Studie in Höhentrainingslagern der paralympischen Nationalmannschaft Schwimmen

(AZ 071611/17)
Anke Delow & Ralf Brand (Projektleitung)
Universität Potsdam, Professur für Sportpsychologie

1 Hintergrund

Schlafen gehört zum Leben. Schon zeitlich nimmt das Schlafen einen bedeutenden Teil des menschlichen Lebens ein. Und immer mehr wird erforscht und erkannt, dass Schlaf nicht einfach Gegenteil von Wachsein ist, sondern ein Zustand, der einen wesentlichen Beitrag zu Wohlbefinden und Gesundheit liefert – wenn die Umstände stimmen (Spork, 2014). Denn wenn Schlafumfang und -qualität nicht ausreichen, birgt dies große Risiken für diverse physiologische und psychologische Abläufe des menschlichen Lebens. Das wachsende Bewusstsein über zeitliche Aspekte der Alltagsgestaltung drückt sich aus im „Nobelpreis für die innere Uhr", wie es Till Roenneberg in Reaktion auf die Verleihung des Medizin-Nobelpreises 2017 an die Chronobiologen Jeffrey C. Hall, Michael Rosbash und Michael C. Young ausdrückte (Schweitzer, 2017).

Die Schlafqualität ist erst recht von Bedeutung, wenn herausragende Anforderungen, beispielsweise im Spitzensport, zu erbringen sind (Dement, 2005). Die Entwicklung sportlicher Höchstleistungen ist auf ein ausgefeiltes Regenerationsmanagement angewiesen, welches neben Physiotherapie, Sportmedizin und Ernährung usw. auch die Steuerung von Tagesabläufen und das Schlafen einbezieht (Meyer, Ferrauti et al., 2016). Das Bewusstsein für diese Notwendigkeiten wird immer deutlicher auch aus der Sportpraxis heraus kommuniziert.

Für Spitzensportler bzw. -sportlerinnen trägt Schlaf manchmal aber auch herausfordernde Züge. Regelmäßig befinden sie sich in ungewohnter und fremder Umgebung auf Trainingslagern und Wettkämpfen, teilweise in anderen Zeitzonen, so dass manche Selbstverständlichkeit plötzlich gar keine mehr ist. Aus Schlafschwierigkeiten können erhebliche Beeinträchtigungen der physischen Leistungsfähigkeit resultieren (Van Dongen & Dinges, 2005). Auch die psychische Belastbarkeit kann nachlassen, und Träume können das Wohlbefinden beeinträchtigen (Steininger & Wodick, 1987). Sportlerinnen bzw. Sportler, die unter Schlafstörungen vor einem Wettkampf leiden, sind durch die schlafbedingten Nachteile außer Stande ihre optimale Wettkampfleistung zu erbringen (Leger, Elbaz et al., 2008). Langenkamp (2009; S. 50) beschreibt dies für die Olympischen Spiele 2008, während der einige Leichtathletinnen und -athleten in Peking mit Schlafproblemen zu kämpfen hatten.

Das Wissen vieler Sportler und Trainer über Schlaf ist jedoch suboptimal. Obwohl Schlafen natürlich als billige, leicht zugängliche und alltagstaugliche Regenerationsmethode bekannt ist, wird oft nachlässig mit dem Thema umgegangen. Dementsprechend viel Potenzial liegt in der Information über die Bedeutung gesunden Schlafes. Die Motivation zur disziplinierten Schlafhygiene gilt es, im Leistungssport gezielt zu stärken.

Besondere Bedeutung gewinnt das Thema Schlaf im Kontext von Höhentrainingslagern im Spitzensport, weil die Regeneration unter Höhenbedingungen den Organismus noch einmal anders fordert als unter Normalbedingungen (Villi-

ger, Vogt et al., 2005). Um von den besonderen Umständen der Höhe auch tatsächlich zu profitieren, bedarf es auch einer besonders effektiven Erholung nach körperlicher Belastung.

Wie Sportlerinnen und Sportler die Phänomene um Schlaf und Regeneration unter Höhenbedingungen wahrnehmen, war aus der Erfahrung diverser sportpsychologischer Betreuungsmaßnahmen im paralympischen Schwimmteam des DBS in den vergangenen Jahren bereits eine spannende Frage. Deshalb befasste sich das Praxisprojekt hier gezielt mit der Schlafqualität und Schlafhygiene unter den Bedingungen von Höhentraining.

2 Methoden

Während des Projekts absolvierten die Schwimmerinnen und Schwimmer mehrere Höhentrainingslager unter sportpsychologischer Begleitung. Während dieser Höhentrainingsphasen führten sie einen Schlaffragebogen, welcher sich am Schlafmonitoring nach Müller und Paterok (1999) sowie am schlafbezogenen Teil aus dem Erholungs-Belastungs-Fragebogen nach Kellmann und Kallus (2000; EBF) orientierte. Diese (teils objektiven, teils subjektiven) Parameter umfassen u. a. die tägliche Schlafdauer, verteilt auf Tages- und Nachtschlaf, Angaben zu abendlichen Aktivitäten, zur Einschlafdauer, zur Häufigkeit nächtlichen Erwachens und zum Träumen. Außerdem wird der zeitliche Umfang des Aufenthalts im Freien tagsüber erfasst. Ergänzende Daten lieferte die Trainingsdokumentation, die von Seiten der Trainerinnen und Trainer vorgelegt wurde.

Ergebnisse des Projekts liegen unter anderem in einer beschreibenden Statistik zu Grundparametern des Schlafverhaltens.

Das Schlafmonitoring im Rahmen des Projektes stellte für die beteiligten Sportlerinnen und Sportler außerdem einen guten Anlass dar, individuelles Schlafmanagement zur Disposition zu stellen. Im *Handbuch Sportpsychologie des paralympischen Schwimmteams* stand ihnen vor Projektdurchführung bereits ein Werkzeug zur Schlafedukation zur Verfügung. Dieses wurde im Zuge des Projekts erweitert und diente u. a. als Grundlage für Wissensvermittlungen und die Arbeit an individuell optimierten, schlafbezogenen Maßnahmen zum Regenerationsmanagement. Dabei ging es um die Vermittlung von Kompetenzen zur Psychoregulation, z. B. zum Autogenen Training, zur Unterstützung des Einschlafens und um Kurzschlaf.

3 Verlauf und Ergebnisse

Das paralympische Schwimmteam des DBS bereitete sich auf die Weltmeisterschaft 2017 u. a. in mehreren Höhentrainingslagern vor. Höhentrainingslager sind von besonderer Bedeutung, wenn Hauptwettkämpfe unter Höhenbedingungen stattfinden, wie dies im Paraswimming 2017 mit dem Austragungsort Mexico der Fall war. Aus diesen Höhentrainingslagern liegen Daten von 17 Sportlerinnen und Sportlern aus drei Maßnahmen vor. Betrachtet werden Angaben zu insgesamt 352 Nächten.

Die mittlere Schlafdauer pro Nacht lag zwischen 7:20 Stunden und 9:36 Stunden. Die Spanne verweist (wie erwartet) auf erhebliche interindividuelle Unterschiede. Unter den Bedingungen eines Trainingslagers scheinen sich typgemäß passende Schlafdauern besser einzustellen als unter Alltagsbedingungen. Phasen während Trainingslagern, in denen sich der individuelle Schlaftyp zeigen kann, erlauben es, diesen bewusst zu registrieren. Mehr Wissen über die eigenen Bedürfnisse bietet die Gelegenheit zu erfassen, wie sich Alltagsabläufe und -routinen darstellen. Für das Heimtraining, wenn neben dem Training Ausbildungs- oder Jobverpflichtungen bestehen, ist zu vermuten, dass Sportlerinnen und Sportler mit einem hohen Schlafbedarf eher unter Schlafmangel leiden. Auch wenn wenig Spielraum für Änderungen im Zeitmanagement besteht, sollte hier nach Reserven gesucht werden. Selbst wenn kein kompletter Ausgleich der Nachteile möglich ist, können auch kleine Kompensationen positive Wirkungen erzeugen.

Auch der durchschnittliche Einschlafzeitpunkt der 17 Sportlerinnen und Sportler weist eine beträchtliche Spanne auf, die zwischen 21.25 Uhr und 23.42 Uhr liegt und die sich trotz meist gemeinsamer Trainings- und Essenzeiten einstellte.

Wenn davon auszugehen ist, dass die Trainingslager stärker als der Alltag der Schwimmer und

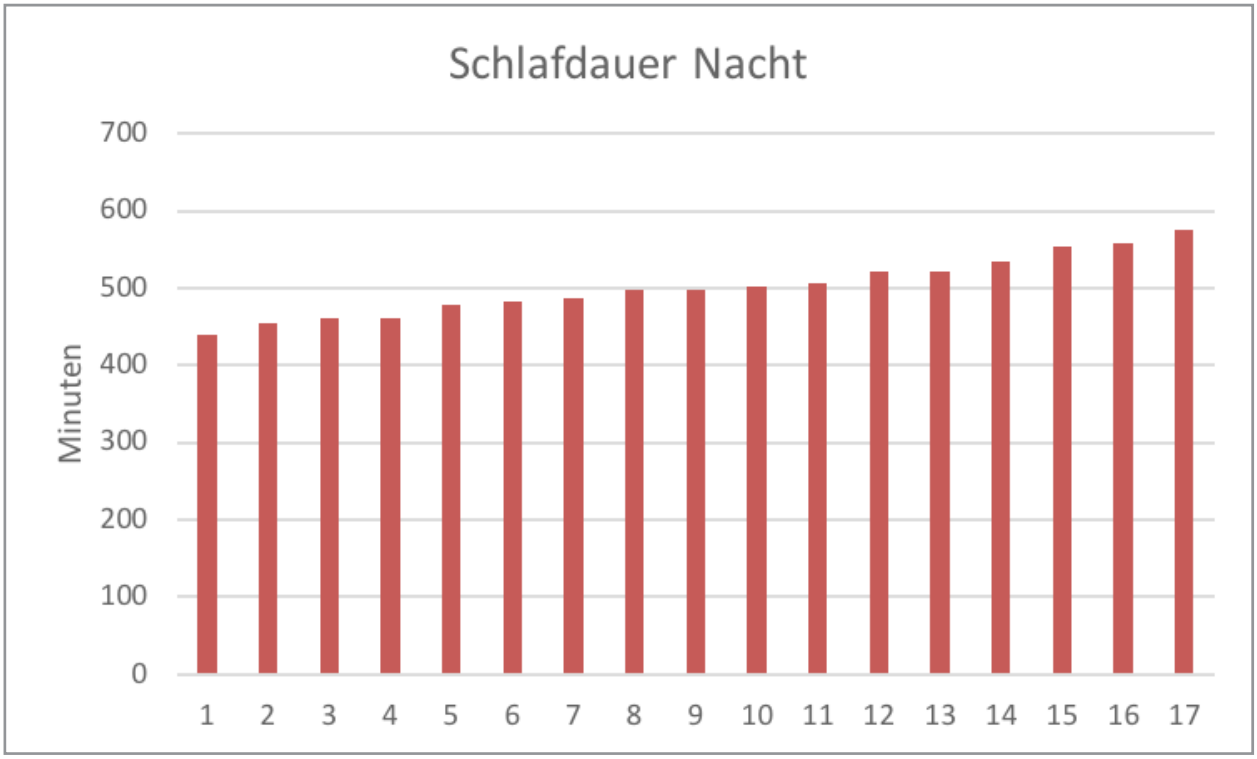


Abb.1: Durchschnittliche Schlafdauer pro Nacht

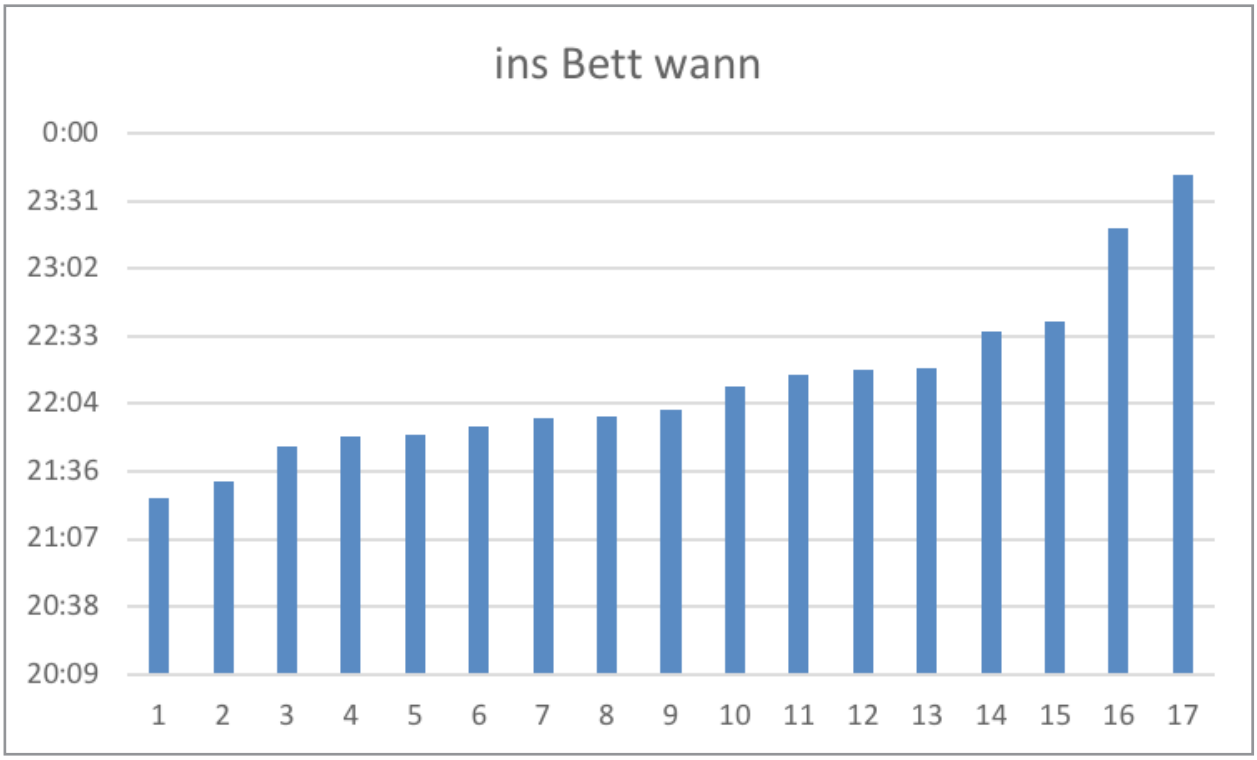


Abb. 2: Durchschnittliche Bettzeit

Schwimmerinnen mit Schule, Ausbildung oder Erwerbsarbeit die Möglichkeit bieten, typgemäße Schlafbedürfnisse zuzulassen, bedeutet dies sehr wahrscheinlich, dass im Alltag gravierende Schlafmangelzustände auftreten können: Das späte Einschlafen trifft dann unter Umständen auf frühes Aufstehen.

Bei der durchschnittlich geschätzten Einschlafdauer zur Nacht zeigt sich, dass in einigen wenigen Fällen beträchtliche Zeiträume verstreichen, die Interventionen nach sich ziehen sollten. Bei mehr als 60 Minuten Einschlafzeit ist es sicher sinnvoll zu prüfen, ob es Möglichkeiten gibt, diese zu verkürzen, um Regenerationszeiträume im Schlafzustand zu verlängern. Auch wenn Sportlerinnen oder Sportler selbst ihre Einschlafzeit als zu lang empfinden, sollte dies Anlass für eine Bilanzierung des Ist-Zustandes und die Suche nach Optimierungen sein.

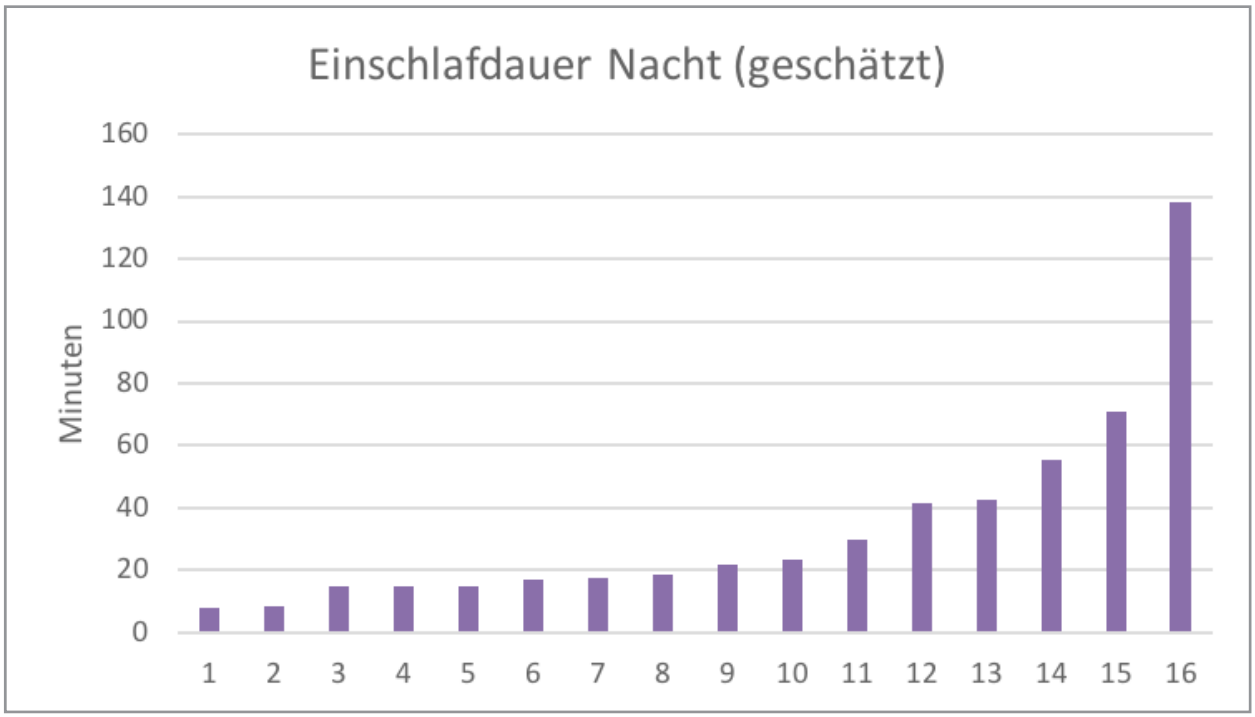


Abb.3: Durchschnittliche geschätzte Einschlafdauer

Um die chronobiologischen Abläufe im Organismus günstig zu halten, braucht der Körper das Signal des Tageslichts. Es ist der wichtigste Taktgeber, der die unterschiedlichen physiologischen Rhythmen synchronisiert. Daher kommt dem Aufenthalt im Freien eine große Bedeutung für die Ausschöpfung von Leistungsreserven zu.

Wie sich zeigt, sind die Tageslicht-Expositionszeiten individuell jedoch sehr unterschiedlich. Sie liegen zwischen durchschnittlich 14 und durchschnittlich 134 Minuten. Hier sollte von Seiten der Trainerinnen und Trainer größte Aufmerksamkeit auf die Gewährleistung von Mindestwerten gelegt werden. Dies wird je nach Jahreszeit und Wetterlage unterschiedlich starke Steuerung erfordern. Gerade bei jüngeren Sportlerinnen bzw. Sportlern gilt es, das Bewusstsein für die Effekte des Tageslichts auf das Wohlbefinden erst einmal zu wecken.

Interessant ist auch der Umgang mit der Möglichkeit, tagsüber zu schlafen. Für die meisten ist diese Möglichkeit im Trainingslager eine Ausnahme im Kontrast zu ihrem Alltagsleben. Insgesamt wird nur an ca. einem Viertel aller Tage tagsüber geschlafen. Selbst die Gruppe mit dem höchsten Wert schläft nur an ca. vier von zehn Tagen.

Außerdem gibt es große Unterschiede zwischen Teilgruppen. So schlafen die Schülerinnen bzw. Schüler deutlich weniger als erwachsene Sportlerinnen oder Sportler. Hier bestätigt sich, dass Aspekte der Chronobiologie sich im Lebensverlauf verändern. Teilweise ist die Differenz aber wahrscheinlich auch mit der fehlenden Erfahrung mit Tagesschlaf zu begründen. Trainingslager können also Gelegenheit sein, sich selbst auch in Bezug auf seine Schlafbedürfnisse und -ressourcen besser kennenzulernen und die entsprechende Selbststeuerung zu üben.

Das Geschlecht geht ebenfalls mit einem großen Unterschied in Bezug auf den Tagesschlaf einher. Möglicherweise wirken sich dabei auch Vorlieben in der Freizeitgestaltung aus. Trainer/Trainerinnen und Betreuer/Betreuerinnen soll-

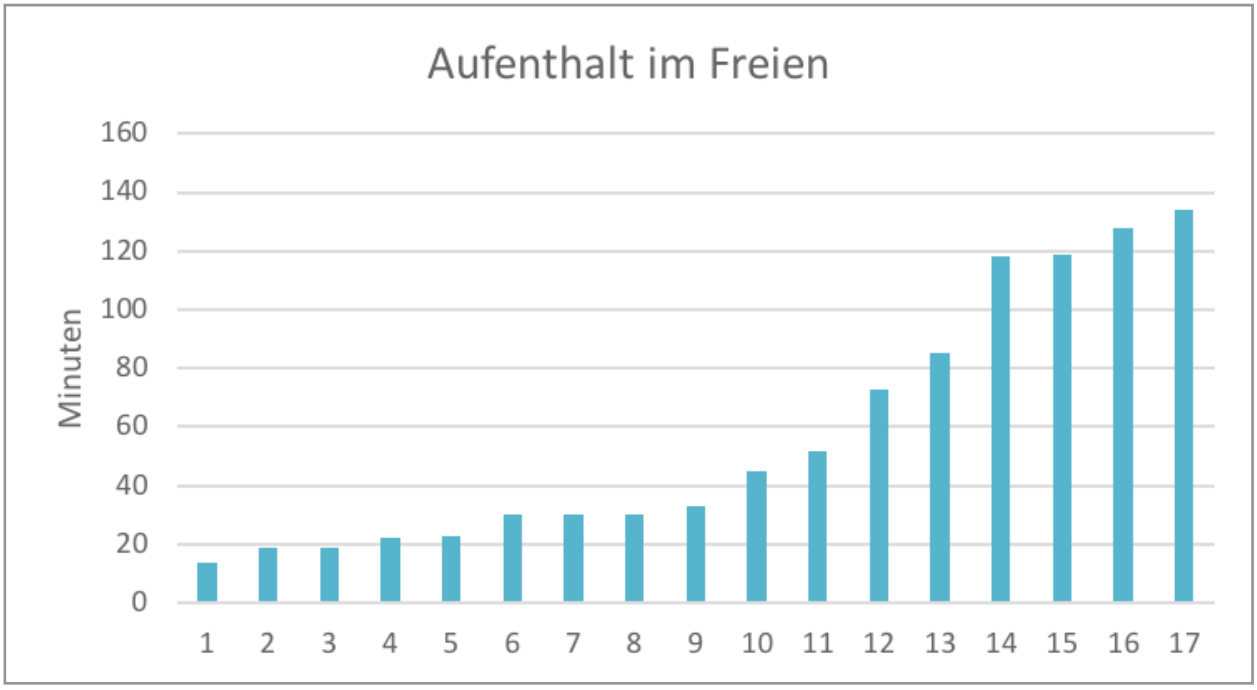


Abb. 4: Durchschnittliche Dauer des Aufenthalts im Freien

ten in dieser Hinsicht aufmerksam sein und ggf. Anregungen geben, wie sich die Regeneration günstig beeinflussen lässt.

Beim Tagesschlaf liegt in jedem Fall eine Ressource der Schlafhygiene, die sehr individuell zu heben ist. Sportpsychologie kann dabei eine wichtige Komponente sein. Der Beratungsprozess muss typbedingte, altersbedingte und umfeldbedingte Rahmungen beachten und jeweils spezifisch in sinnvolle und realistischerweise umsetzbare Herangehensweisen übersetzen.

Im *Handbuch Sportpsychologie des paralympischen Schwimmteams* sind Materialien zusammengestellt, mit deren Hilfe einerseits Wissen vermittelt wird und andererseits Möglichkeiten der individuellen Steuerung zur Verfügung stehen. In Bezug auf den Schlaf geht es um Einflussgrößen auf die Qualität des Schlafes und die Wirkung des Schlafes für das Wohlbefinden und die Leistungsfähigkeit. Das Handbuch mit allen Modulen ist geeignet für die Anwendung in Gruppen, z. B. für Workshops auf Lehrgängen, aber auch für eine eigenständige Beschäftigung mit dem Thema, die wiederum von einer Zusammenarbeit anderen Beteiligten wie Trainerinnen/Trainern oder Lehrerinnen/Lehrern profitieren kann. Die Vertiefung im 1:1-Beratungsprozess mit der Sportpsychologin wird dann regelmäßig zusätzliche Effekte bringen. Damit geht das Handbuch auf die real anzutreffenden Arbeitsbedingungen der Sportpsychologie im Verbandssetting ein und bietet flexible Einsatzmöglichkeiten.

Das Handbuch bezieht sich nicht explizit auf das Schlafen unter Höhenbedingungen. Wie wir gesehen haben, bieten aber Trainingslager allgemein einen guten Hintergrund, einen bewussteren Umgang mit dem Schlaf anzuregen. Dies gilt dann um so mehr, wenn die Zusatzbedingung Höhe zu beachten ist. Die Betreuung der Sportler von Seiten der Trainer und ggf. der Mediziner und Sportpsychologen sollte entsprechende Besonderheiten einbeziehen. Die Projektergebnisse können dabei Anregungen geben.

4 Fazit und Ausblick

Obwohl die Aussagefähigkeit der Daten wegen der kleinen Fallzahlen eingeschränkt sein muss, liefern sie doch einige interessante Fingerzeige. Diese beziehen sich teilweise auf das Schlafverhalten allgemein und teilweise auf das Schlafverhalten unter Höhenbedingungen. Unter Einbeziehung des Expertenwissens von erfahrenen Trainerinnen und Trainern können sie die Grundlage für einen bewussteren Umgang mit dem Thema sein. Eine gemeinsame Diskus-

sion mit Trainern und Medizinern bietet somit Anlässe für die Optimierung von zeitlichen Abläufen und inhaltliche Ausrichtungen von Trainingslagern, um die Bedingungen für die Leistungsentwicklung weiter zu verbessern, und um SportlerInnen für das Thema Schlaf allgemein zu sensibilisieren.

Die weitere Erforschung des Schlafes unter Höhenbedingungen speziell auch im paralympischen Spitzensport ist sehr wünschenswert. Es ist davon auszugehen, dass entsprechende Ergebnisse großen Neuigkeitswert hätten. Sie würden darüber hinaus andere Erkenntnisse über Wirkmechanismen des Höhentrainings ergänzen und wären von Interesse für alle Sportarten und Fachverbände, die mit Höhentraining arbeiten.

Die Beschäftigung mit der Schlafhygiene und dem Schlafen unter Höhenbedingungen im Rahmen der sportpsychologischen Betreuung im paralympischen Schwimmteam des DBS war eine lohnende Angelegenheit, die unserer Arbeit eine neue Facette hinzugefügt hat. Die Sportpsychologie als Aspekt der Leistungsentwicklung wurde einmal mehr unterstrichen. Inwieweit die Arbeit in diesem Sinne fortgeführt werden kann, ist offen, da die entsprechende Ausstattung dafür ungewiss ist.

In der Nationalmannschaft Behindertensport Schwimmen hatten wir den „Luxus“, die Sportpsychologie als Aspekt modernen Spitzensports mit Unterstützung des Bundesinstituts für Sportwissenschaft aufzubauen. Diese Förderung hat uns in die Lage versetzt, die Organisation kennen zu lernen, die Besonderheiten der Sportart und ihre paralympische Gestaltung zu durchdringen, persönliche Beziehungen zu knüpfen und zu pflegen und auf diesem Hintergrund die fachliche Expertise der Sportpsychologie im Feld noch bekannter zu machen und zur Wirkung zu bringen. Wenn wir diesen Status bewahren wollen brauchen wir verlässliche und ausreichende Rahmenbedingungen aus der Struktur des DBS selbst heraus.

5 Literatur

Dement, W. C. (2005). Sleep extension: Getting as much extra sleep as possible. *Clinics in Sports medicine, 24*, 251-268.

Kellmann, M. and K. Kallus (2000). *Der Erholungs-Belastungs-Fragebogen für Sportler*. Frankfurt: Swets Test Services.

Langenkamp, H. (2009). Sportpsychologische Betreuung der Olympiamannschaft – Teil Leichtathletik – bei den Olympischen Spielen in Peking 2008. In G. Neumann (Hrsg.), *Sportpsychologische Betreuung des deutschen Olympia- & Paralympicteams 2008. Erfolgsbilanzen – Erfahrungsberichte – Perspektiven* (S. 35-53). Köln: Sportverlag Strauß.

Leger, D., M. Elbaz, et al. (2008). Sleep management and the performance of eight sailors in the Tour de France a la voile yacht race. *Journal of sports sciences, 26* (1), 21-28.

Meyer, T., A. Ferrauti, et al. (2016) (Hrsg.). Regenerationsmanagement im Spitzensport. REGman – Ergebnisse und Handlungsempfehlungen. Köln: Sportverlag Strauß.

Müller, T. & B. Paterok (1999). *Schlaftraining. Ein Therapiemanual zur Behandlung von Schlafstörungen*. Göttingen: Hogrefe.

Schweitzer, J. (2017). Innere Uhr: „Das ist nicht Faulheit“. DIE ZEIT. Hamburg: 34.

Spork, P. (2014). Wake up? *Aufbruch in eine ausgeschlafene Gesellschaft*. München: Hanser.

Steininger, K. & R. E. Wodick (1987). Einfluß eines Schlaftherapeutikums (Brotizolam) auf die körperliche Leistungsfähigkeit und das Reaktionsvermögen von Leistungssportlern. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 38* (5), 208-212.

Van Dongen, H. P. A. & Dinges, D. F. (2005). Sleep, circadian rhythms, and psychomotor vigilance. *Clinics in sports medicine, 24*, 237-249.

Villiger, B., M., Vogt, et al. (2005). *ALTO ,06. Ein Höhentrainingshandbuch für die Praxis*. Bern: Swiss Olympic Association.

Systemisches Prozess-Coaching im DHoB

(AZ 071614/17)

Filip Mess[1], *Wolfgang Klöckner (Projektleitung) & Ulrich Forstner*[2]

[1]Technische Universität München, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Institut für Elektronik

[2] Deutscher Hockey-Bund

1 Ausgangslage und Ziele

Das im Jahr 2017 durchgeführte Projekt ist die konsequente Fortsetzung von vier Vorlauf-Projekten, die vom BISp und DOSB bereits seit 2014/15 gefördert und unterstützt werden:

- Projekt NextCoach 1 und 2: ausgewählte Bundestrainer des DHoB auf Zukunft zu stellen im Rahmen einer innovativen Personal- und Organisationsentwicklung,
- Projekt Danas: ein Feldexperiment mit der DHoB-Damennatio-nalmannschaft in Vorbereitung auf die Olympischen Spiele 2016 mit einer gelungenen Olympiaqualifikation und Rückführung in die Weltspitze (Gewinn Bronze in Rio),
- Projekt Danas: die wissenschaftliche Aufarbeitung dieses als erfolgreich identifizierten Feldexperiments in 2016 (8-monatige Forschungsarbeit, einem Manuskript (Expertise von Prof. A. Thiel, Uni-Tübingen) sowie drei Artikeln in der Zeitschrift „Leistungssport" 2017),
- die Pilotstudie zur Generierung einer **systemischen Kompetenz** für ausgewählte DHoB-Bundestrainer on the job (2017).

Aus Sicht der Projektleitung ist ein wesentliches Ziel, mit dem wissenschaftlich legitimierten Vorlauf (Klöckner, 2017a) einen **paradigmatischen Wechsel in Richtung systemischer Kompetenz** bei der **Führung** und vor allem der **Leistungssteuerung** von Hockeynationalmannschaften anzuregen.

2 Methode

Qualitativen Ansätzen der Feldforschung folgend (Mayring, 2002) hat der Projektleiter mit dem systemischen Prozess-Coach (S-PC) eine neue Figur (und Position) parallel zur bisher bestehenden Linienorganisation einer Hockeynationalmannschaft eingeführt. (Klöckner 2017a) Dieser S-PC ist bemüht, alle relevanten kommunikativen Abläufe (Trainerbesprechungen, Spielvor- und -nachbesprechungen, personelle und inhaltliche Entscheidungen, deren Umsetzung in Training/Wettkämpfen) **teilnehmend zu beobachten** und hinsichtlich ihrer Qualität **aus einer systemischen Perspektive zu reflektieren** und anschließend **rückzumelden**.

Dabei geht der systemische Ansatz davon aus, dass die in der Linie eines DHoB-Bundestrainers angesiedelten **Experten** ihre Daten und ihr Wissen aus empirisch-analytischen Theorien und Methoden bestehender sportwissenschaftlicher Disziplinen herleiten (Klöckner, 2017b). Wenig Berücksichtigung findet dabei bisher die **Transformation** dieser „Objektivität" in die jeweilige „subjektive Theorie" des Bundestrainers, anhand welcher Daten und Zusammenhänge dieser mit der Mannschaft Erfolg anstrebt. Will sagen: Während die eine Seite dem Code **Erkenntnisgewinn** (Objektivität und Wahrheit) folgt, entscheiden der Bundestrainer und sein Stab, welche leistungsbestimmenden Merkmale aus den Expertisen mit welchen Konsequenzen für sie relevant erscheinen und welche sie in konkrete Trainings- und Spielprozesse umsetzen wollen. Diese als „Trial and Error" zu bezeichnenden Prozesse stellt der S-PC unter **Beobachtungen 2. Ordnung**, indem er die Hypothesen und praktischen Schlussfolgerungen der Trainer hinsichtlich ihrer Eigenlogiken und anschließenden Umsetzungsqualitäten in Frage stellt und

regelmäßig in die Trainergruppe/Mannschaft rückspielt (von Foerster & Floyd, 2008; Klöckner, 2017b).

Beim hier geförderten Projekt 2017 standen primär die Bundestrainer der Herrennationalmannschaft und der weiblichen U 21-Mannschaft im Rahmen ihrer Lehrgänge, Länderspiele und Internationalen Events (Europameisterschaften 2017) im Mittelpunkt des systemischen Prozess-Coachings.

3 Ergebnisse

Einem Modell **vernetzt** und **rekursiv** zusammenspielender, leistungsbestimmender Komponenten (Klöckner, 2017b), deren Prozesse oft nur eingeschränkt beobachtbar und für Trainer kaum entschlüsselbar sind, stellt der systemische Denkansatz die autonomen Koppelungen biologischer, psychischer und sozialer Teilsysteme gegenüber (Klöckner, 2017a) (Abb.1).

Systemische Kompetenz führt DHB-Trainer schrittweise dahin, ihr „Trial and Error“ als eine realistische – weil der Komplexität eines Sportspiels entsprechende – Arbeits“methodik“ zu verstehen und wertschöpfend zu nutzen. Sie lernen, ihre Videoanalysen neben den kognitiv-taktischen Inhalten mit personalen und sozialen Intelligenzen zu kombinieren. (Klöckner, 2018). Ergänzend zu Einzelgesprächen moderieren sie Kleingruppen-Gespräche, in denen sich Spielerinnen und Spieler ihre „Wirklichkeitsentwürfe“ als Feedback anbieten, zur Disposition stellen und damit das Wissen des sozialen Systems Mannschaft kontinuierlich im Sinne von Beobachtungen 2. Ordnung „aufladen“. Sprich: nicht mehr die einzelne, subjektive Sichtweise, sondern gemeinsam reflektierte Wirklichkeiten bestimmen die Spielintelligenz einer Mannschaft.

Empirische Vergleiche herkömmlichen und systemischen Verstehens liegen dem Projektleiter in Form von 10 umfangreichen Interviews mit DHoB-Bundestrainern vor.

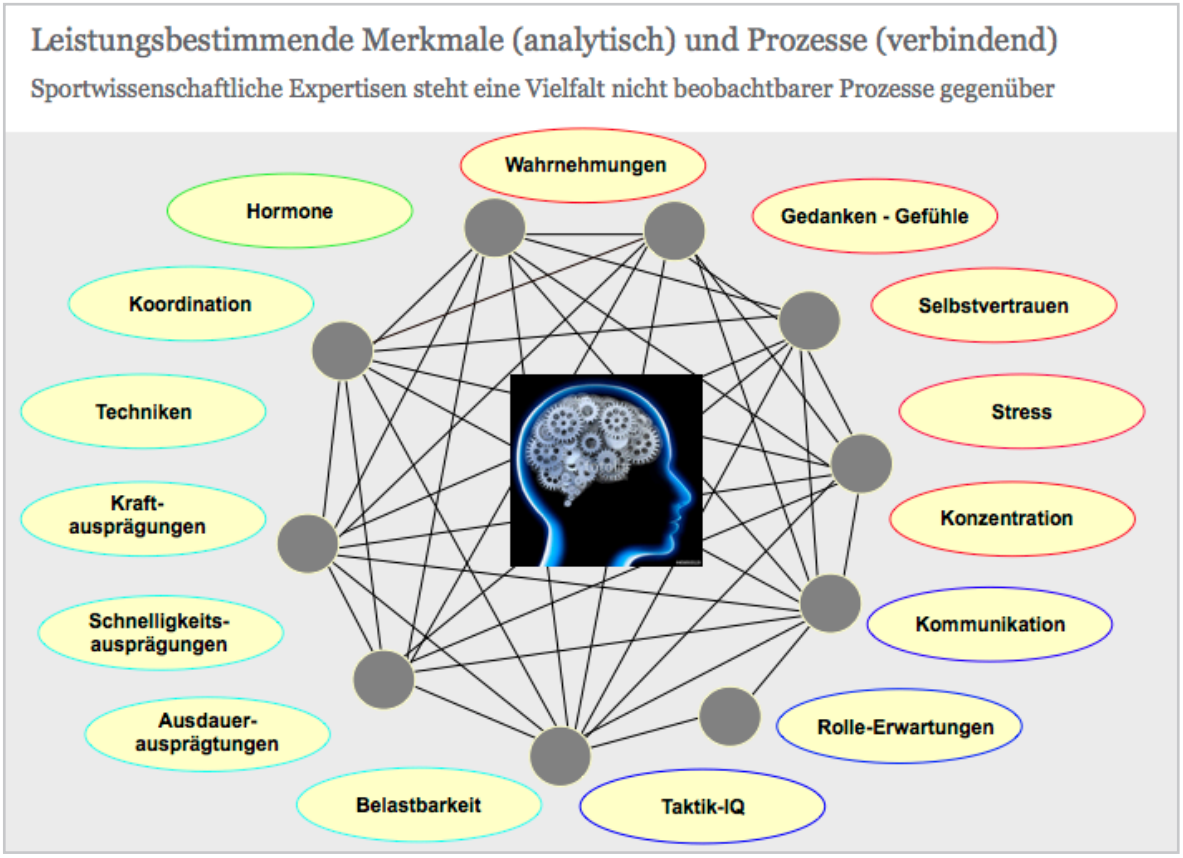


Abb. 1: Die unberechenbare Binnenstruktur sportlicher Hoch-Leistung

4 Diskussion

Aus Sicht des DHoB und seiner Bundestrainer wird die Kontinuität der Feldforschung und ihrer praxisrelevanten Arbeitsweise sehr geschätzt und jährlich stärker nachgefragt. Auch die Anschlussprojekte „NextCoach 2“ (2017-18) und ein in Planung befindliches Projekt (2018-20), die Nachwuchskader des DHoB und ihre Trainer (alle NC 2-Teilnehmer) auf eine höhere Ebene der Selbststeuerung zu entwickeln, fusst auf einer Vertiefung systemischer Kenntnisse und Kompetenzen. Dieses Projekt wird in Kürze ebenfalls beim BISp beantragt werden.

5 Literatur

Klöckner, W. (2017a). Leistungssteuerung im Übergang zwischen harten und weichen Wirklichkeiten: Systemisches Prozess-Coaching bei der Hockey-Damennationalmannschaft (Teil 1-3). *Zeitschrift Leistungssport Jahrgang 4-6*. Münster: Philippka Verlag.

Klöckner, W. (2017b). *Systemisches Denken. Wie verändern sich objektive Daten in der alltäglichen Wirklichkeit von Trainer- und SportlerInnen?* Vortrag bei der 13. Tagung der TrainingswissenschaftlerInnen der Olympiastützpunkte, Hamburg.

Klöckner, W. (2018). *Systemische Kompetenzen. Eine Brücke zwischen analytischen Daten und Zusammenhängen bei der Leistungssteuerung im Hockey* (i. V.).

Mayring, P. (2002). *Einführung in die qualitative Sozialforschung*. Weinheim: Beltz Verlag.

von Foerster, H. & Floyd, C. (2008). Systemik oder: Zusammenhänge sehen. In B. von Mutius, (Hg): *Die andere Intelligenz. Wie wir morgen denken werden*. Stuttgart: Klett Cotta Verlag.

Systematische sportpsychologische Betreuung ausgewählter Athleten des Bayerischen und Deutschen Schwimmverbandes am Stützpunkt München

(AZ 071615/16-17)

Jürgen Beckmann (Projektleitung), Insa Nixdorf & Raphael Frank
Technische Universität München

1 Problem

Aufbauend auf die Ergebnisse der BISp-geförderten Studien „Risiko- und Schutzfaktoren für depressive Syndrome und Burnout im Nachwuchsleistungssport“ (Förderkennzeichen: IA1-071001/14-15) und „Sportpsychologische Betreuung ausgewählter Athleten/innen des Bayerischen Schwimmverbandes“ (Förderkennzeichen: ZMVI4-071623/15-16) hatte dieses Anschlussprojekt zum Ziel, eine stärkere Verzahnung der sportpsychologischen Maßnahmen mit den Trainings- und Wettkampfinhalten zu erzielen. Anhand strukturierter sportpsychologischer Maßnahmen sollte die psychische Gesundheit als Basis für sportliche Leistungen, präventiv im Rahmen von Trainingszeiten und Wettkämpfen, gefördert werden.

Das Anliegen bestand darin, die sportpsychologischen Inhalte zu intensivieren und stärker mit dem täglichen Training zu verzahnen. Dies sollte erreicht werden, indem sowohl Grundlagentraining (Achtsamkeit, Entspannung und Erholungsstrategien, Selbstvertrauen), wie auch Fertigkeitstraining (Stressverarbeitung, Wettkampfvorbereitung und Umgang mit Misserfolg) im Rahmen von Trainingslagern und Wettkämpfen stattfinden sollte. So sollten zum einen die psychische Gesundheit als stabile Basis für sportliche Höchstleistungen gefördert und zum anderen den Athletinnen und AthletenAthleten wichtige sportpsychologische Kompetenzen für den Wettkampf vermittelt werden.

Über das Betreuungsprojekt hinaus sollte anhand der praktischen Arbeit eine Evaluation der im BISp-geförderten Projekt „Risiko- und Schutzfaktoren für depressive Syndrome und Burnout im Nachwuchsleistungssport“ (Förderkennzeichen: IIA1-071001/14-15) entwickelten Homepage (www.nachwuXathleten.de) und des darin enthaltenen Screening-Tools stattfinden. Ziel war es, die Umsetzbarkeit und Handhabung des Tools für die praktische Arbeit von Sportpsychologen, Trainern und Athleten zu evaluieren.

2 Methode

Zentrale Ziele, welche im Rahmen der geplanten Maßnahmen angestrebt werden sollten, waren die Identifikation individueller Stressoren und frühzeitiges Wahrnehmen von Überlastungszuständen, der gezielte Einsatz von Regenrationsmaßnahmen, adäquate Aufmerksamkeitslenkung, die Schulung im Umgang mit Misserfolgen und Aufbau eines robusten Selbstvertrauens.

Die Betreuung für die Athleten gliederte sich in das vorgesehene Konzept mit den folgenden Blöcken:

- Block 1: Grundlagentraining in den Bereichen Achtsamkeit, Entspannungsfähigkeit und Selbstregulation, sowie Selbstvertrauen
- Block 2: Fertigkeitstraining in den Bereichen Vorstartroutine, Aufmerksamkeitslenkung, Wahrnehmung, Aufbau funktionaler Selbst-

gesprächstechniken, Umgang mit Misserfolg, Erkennen und Modifizieren des eigenen Attributionsstils, Wettkampfvorbereitung

- Zusätzlich: Wettkampfbegleitung DM zur Implementierung und Unterstützung der Inhalte im Wettkampf.

Die Maßnahmen wurden im Rahmen einer Bedürfnisanalyse mit allen Trainern der teilnehmenden Trainingsgruppen definiert. Insgesamt haben an den Maßnahmen 30 Athleten (Alter 13-28) aus 4 Trainingsgruppen aktiv teilgenommen (Trainingsgruppen Elite 1+2 und SG1+2). Die Kaderzugehörigkeiten bestanden aus Schwimmern und Schwimmerinnen aus dem Landeskader des Bayerischen Schwimmverbandes und aus Schwimmern und Schwimmerinnen des D/C-, des B- und A-Kaders (einschl. Olympia- und Perspektivkader) des DSV. Einen solch großen Umfang an Athleten zu betreuen war möglich, indem die Interventionen in Gruppen ihm Rahmen von Trainingslagern und zu im Trainingsplan fest eingeplanten Zeiten stattfanden. Zusätzlich war eine individuelle Betreuung für einzelne Athleten möglich. Diese Betreuung wurde nur für den Olympia- und Perspektiv-Kader ermöglicht und umfasste individuelle Coachings von 5 Athleten. Nach Bedarf wurden diese im Rahmen der geplanten Einheiten vertiefend (v. a. hinsichtlich spezifischer Stressoren und der Ausarbeitung einer eigenen Vorstartroutine) betreut.

Da das vorliegende Projekt zum Ziel, hatte die Präventions-Homepage www.nachwuXathleten.de einzubinden, wurde eine Eingangsdiagnostik anhand des Screening-Tools durchgeführt. Diese Eingangsdiagnostik sollte allerdings mit klarer Priorität im Hinblick auf die Anwendung und den praktischen Nutzen erfolgen. Dementsprechend wurden mit den Athleten individuelle Stärken und Schwächen anhand des von der Homepage bereitgestellten Screening-Tools erfasst. Dieses Profil wurde dann in der weiteren Arbeit für die Ausrichtung der Inhalte und den persönlichen Fokus der einzelnen Athleten verwendet und im persönlichen Gespräch weiter vertieft. Die hiermit erfassten Faktoren bezogen sich auf die Themengebiete der Erholung, der Stressverarbeitung und der dysfunktionalen Einstellungen. Als zugrundeliegende Fragebögen wurden verwendet:

- Relevante Skalen des Stressverarbeitungsfragebogen, SVF (Erdmann & Jahnke, 2008)
- Kurzversion der Skala Dysfunktionaler Einstellungen, DAS (Rojas, Geissner, & Hautzinger, 2015)
- Erholungsverlaufsprotokoll von Kellmann und Kallus in Anlehnung an den EBF-Sport (Kellmann & Kallus, 2000).

Zur eigentlichen Evaluierung der Maßnahmen wurde ein Rating durch die Athleten durchgeführt. Es kamen Ratingfragen im Schulnotensystem zum Einsatz. Darüber hinaus wurde ein schließendes Reflexionsgespräch mit den Trainern geführt, in dem besonders die Umsetzung der Verzahnung zwischen Praxis und Sportpsychologie im Projekt kritisch besprochen wurde.

3 Ergebnisse

3.1 Rating der Athleten

Als wesentliche Ergebnisse sind zu nennen, dass wie auch schon im vorangegangenen Projekt die Betreuung als insgesamt sehr positiv aufgenommen wurde (Gesamtnote M = 1.35). Auch die Inhalte und Themen wurden weitgehend als nützlich (M = 1.35) und sinnvoll (M = 1.41) eingestuft. Von Bedeutung sollte im vorliegenden Projekt die verbesserte Anwendbarkeit und Umsetzung der Inhalte im Training und Wettkampf sowie im Alltag sein. Hier zeigte sich ein sehr guter Wert mit M = 1.41 (Wert aus dem vorangegangenen Projekt: M = 1.65).

Von weiterem Interesse war der Einsatz der Homepage mit dem inkludierten Screening-Tool. Die Ergebnisse zeigen auch hier ein positives Bild. So wurde der Einsatz der Homepage als überwiegend hilfreich (M = 1.47) eingestuft. Zudem zeigt sich, dass die Athleten die eigenen Ergebnisse gut im Rahmen des Coachings weiter nutzen konnten (M = 1.74).

3.2 Reflexion des praktischen Nutzens

Aus den Gesprächen mit den Trainern gingen vor allem die gelungene Einbindung in die Trainingslager sowie die intensive Vorbereitung auf den Saisonhöhepunkt positiv hervor. Von den Trainern wurden dabei vor allem zwei Punkte betont: 1. die gelungene Verknüpfung von „Becken-Training“ und sportpsychologischem Training und 2. die Erkenntnisse und Erfolge bei den (Test-)Wettkämpfen. Die Trainer hatten keine Mühe, das Training um die sportpsychologischen Maßnahmen herum zu planen. Im Gegenteil, durch die Übungen vor Ort konnten sogar Inhalte direkt mit dem sportlichen Training verknüpft werden. Dabei wurde auch positiv erwähnt, dass die Trainer selbst mehr Einblicke in die Sportpsychologie bekamen und dabei auch die jeweilige Arbeit der Athleten sowie der individuelle Fortschritt transparenter wurden.

Im Hinblick auf das Screening-Tool zeigten sich ebenfalls positive Rückmeldungen, da es für die Trainer eine unkomplizierte Hilfe darstellt. Einen kontinuierlichen Einsatz des Tools sehen die Trainer selbst jedoch als aufwendig und nicht ihrer Aufgabe entsprechend. Hier bleibt der Wunsch, sportpsychologische Inhalte auch durch Sportpsychologen zu betreuen und auszuwerten.

4 Diskussion

Das vorliegende Projekt konnte die Zielstellung, eine stärkere Verzahnung zwischen Trainings- und Wettkampfalltag und den sportpsychologischen Inhalten, weitgehend erfüllen. Die Einbettung der Maßnahmen in die verschiedenen Trainingslager und Wettkämpfe wurde sowohl von Trainern wie auch von den Athleten positiv bewertet. Die Anwendung der Inhalte in der Praxis konnte zielorientierter verfolgt werden, es gab weniger Komplikationen in der Terminfindung, und die Trainer konnten als zusätzlichen Effekt die sportpsychologische Arbeit für sich besser verstehen und individuelle Bewältigungsaufgaben und Fortschritte erkennen. Als besonders erkenntnisreich wurde hier ein simulierter Wettkampf erwähnt. Hier wurden gleich von mehreren Athleten persönliche Bestleistungen erbracht, obwohl dieser am Ende eines zehrenden Trainingslagers stattfand. Dies erhöhte noch einmal die Motivation bei Athleten und Trainern gleichermaßen.

Die Homepage konnte als Eingangsdiagnostik gut verwendet werden. Es sollte allerdings für den weiteren Einsatz auch eine entsprechende Funktion zur Weiterverwertung (Ausdruck) der Ergebnisse eingerichtet werden. Die weitere Verwendung der Ergebnisse erscheint sonst als eher unwahrscheinlich.

5 Literatur

Erdmann, G. & Jahnke, W. (2008). *Stressverarbeitungsfragebogen (SVF) – Stress, Stressverarbeitung und ihre Erfassung durch ein mehrdimensionales Testsystem*. Göttingen: Hogrefe.

Hitzschke, B., Holst, T., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M., & Kellmann, M. (2016). Entwicklung des Akutmaßes zur Erfassung von Erholung und Beanspruchung im Sport. *Diagnostica, 2*, 212-226. DOI: 10.1026/0012-1924/a000155.

Kellmann, M. & Kallus, K. W. (2000). *Der Erholungs-Belastungs-Fragebogen für Sportler. Handanweisung*. Frankfurt a. M.: Swets Test Services.

Rojas, R., Geissner, E., & Hautzinger, M. (2015). DAS-18 Form A und Form B. *Diagnostica, 61*, 173-183. doi:10.1026/0012-1924/a000123

Sportpsychologische Betreuung der Rollstuhlcurling Nationalmannschaft 2017/2018

(AZ 071615/17-18)

Christian Heiss & Ralf Brand
Universität Potsdam, Professur für Sportpsychologie

1 Hintergrund

Im Mittelpunkt stand die gezielte Vorbereitung der Rollstuhlcurling Nationalmannschaft auf die Paralympics 2018 in Pyeongchang. Bereits die Qualifikation für die Paralympics stellte für die Nationalmannschaft Rollstuhlcurling einen Erfolg dar, da dadurch erstmals seit 2010 wieder ein Curlingteam des Deutschen Behindertensportverbandes (DBS) an den Paralympics teilnehmen konnte. Die Vorbereitung auf die Paralympics konzentrierte sich im Wesentlichen auf drei Aspekte:

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

2 Methode

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

3 Ergebnisse

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

4 Diskussion

Weiterhin stellt sich gerade im Leistungssport für Menschen mit Behinderung die Frage, wie ein Training der mentalen Leistungsvoraussetzungen forciert werden kann?! Angewandter formuliert geht es dabei auch um die Frage, welche Erfahrungen die Einsicht von Sportlern fördern, dass ein gezielter Einsatz psychischer Fähigkeiten (z. B. die Arbeit mit handlungsleitenden Bildern) leistungsförderlich ist?

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

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

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

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

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

Qualitäts- und Leistungsmessung in nationalen Sportfachverbänden „Qualitätsmanagement im Bundessportfachverband“

(AZ 071802/14-16)

Frank Daumann (Projektleitung), Robin Heinze, Jeremias Kümpel, Michael Barth & Sascha-Gregor Diethold

Friedrich-Schiller-Universität Jena, Fakultät für Sozial- und Verhaltenswissenschaften, Institut für Sportwissenschaft, Lehrstuhl für Sportökonomie und Gesundheitsökonomie

1 Hintergrund

Der Nonprofit-Sektor ist in den letzten Jahren erheblichem organisatorischem Druck, größeren finanziellen Herausforderungen und einer neuen, veränderten Nachfrage ausgesetzt. Gleichzeitig steigt die Nachfrage nach den Dienstleistungen in diesem Bereich weiter an (Rojas, 2000, S. 101). Dies gilt insbesondere auch für die Sportfachverbände. Mögliche Gründe hierfür sind der Druck der Stakeholder, wechselnde Umwelteinflüsse, öffentliche Finanzierung der Sportverbände, zunehmender Wettbewerb, Leistungsvergleiche mit anderen Organisationen sowie die Professionalisierung. Die genannten Punkte besitzen auch aktuell noch Gültigkeit. Die daraus entstehenden Probleme haben das Bewusstsein und die Notwendigkeit für einen professionelleren Ansatz für Nonprofit-Management und damit für mehr Leistungs- und Qualitätsorientierung geweckt (Chelladurai, Szyszlo & Haggerty, 1987, S. 111; O‘Boyle & Hassan, 2014, S. 299-314; Shilbury & Moore, 2006, S. 5-6; Toepler & Anheier, 2004, S. 253; Winand et al., 2010, S. 279-280). Nonprofit-Organisationen müssen zudem mehr Verantwortung übernehmen und Rechenschaft ablegen (Jun & Shiau, 2012, S. 632-633; Liket & Maas, 2015, S. 268; Madella, Bayle & Tome, 2005, S. 208; Shilbury & Moore, 2006, S. 6; Toepler & Anheier, 2004; Winand et al., 2013, S. 739; Winand et al., 2010, S. 279-280).

Es zeigt sich, dass ein erhöhter Bedarf an Qualitäts- und Leistungsmanagement im Nonprofit-Bereich besteht. Bis heute gibt es jedoch kein allgemein akzeptiertes Messsystem, das die Leistung und Qualität von Organisationen in diesem Bereich erhebt. Insbesondere für nationale Sportverbände wird aus der einschlägigen Literatur deutlich, dass kein standardisiertes Messinstrument existiert.

Ziel der vorliegenden Studie ist es daher, ein standardisiertes Messsystem zur Bestimmung von Qualität und Leistung der Sportverbände in Deutschland zu entwickeln, das die unterschiedlichen Perspektiven der Stakeholder der Sportorganisationen einbezieht.

2 Methode

In der relevanten Fachliteratur gibt es keinen Konsens über ein angemessenes Messsystem zur Erhebung von Qualität und Leistung von Organisationen im Nonprofit-Bereich (Cameron, 2010). Übereinstimmung gibt es lediglich dahingehend, dass Qualität und Leistung durch mehrere Kriterien operationalisiert werden sollten (Baruch, 2006, S. 41-42; O‘Boyle & Hassan, 2014, S. 305).

Die vorliegende Studie folgt dem Prozess zur Instrumentenentwicklung von Saraph, Benson und Schroeder (1989, S. 819), Asif, Raouf und Searcy (2013, S. 3103), Giere, Wirtz und Schilke (2006, S. 684) sowie MacKenzie, Podsakoff und Jarvis (2005, S. 725). Demnach ist es die primäre Aufgabe bei der Entwicklung eines Messsystems, die geeigneten Messkriterien zu bestimmen (Baruch, 2006, S. 42; Cameron, 1986, S. 541; Sowa, 2011, S. 3).

Im ersten Schritt der Entwicklung wurden die Konstruktionsbereiche mit all ihren verschiedenen Facetten auf der Grundlage einer narrativen konzeptuellen Literaturrecherche definiert, um die theoretischen Grundlagen für die Messung zu legen (Eberl, 2006, S. 655; Giere et al., 2006, S. 683; Hildebrandt & Temme, 2006, S. 619-623).

Basierend auf dieser Definition wurden die Dimensionen identifiziert und definiert (Schritt 2), die möglichst alle Aspekte der Qualität der organisationalen Leistung er-fassen und widerspiegeln (Giere et al., 2006, S. 683; Hildebrandt & Temme, 2006, S. 619; MacKenzie et al., 2005, S. 726). Anschließend wurde ein erstes Set von Indikatoren ausgewählt, um die unterschiedlichen Dimensionen des Konstrukts angemessen zu messen (Schritt 3). Im vierten Schritt wurden das Messmodell und das strukturelle Modell als formatives Modell spezifiziert.

Nach der formalen Spezifikation der Messmodelle wurde ein Pretest durchgeführt, um das Messinstrument zu evaluieren. Zudem wurde der Pretest verwendet, um das Itemset zu bereinigen (Giere et al., 2006, S. 683; MacKenzie et al., 2005, S. 727). Der Pretest wurde in dem Zeitraum vom 20. Oktober 2016 bis zum 27. November 2016 als Online-Umfrage durchgeführt und umfasste 18 Sportverbände aus Thüringen. Insgesamt nahmen 153 Stakeholder an dem Pretest teil.

Durch eine detaillierte Itemanalyse mit den Pretestdaten und während der Phase der Itemreduktion wurde das Itemset überarbeitet, und es entstand das finale Itemset. Anschließend wurde durch die Erhebung neuer Daten das endgültige Modell evaluiert (Hildebrandt & Temme, 2006, S. 620; MacKenzie et al., 2005, S. 728). Die Auswertung basierte auf einer Faktoren- und auf Regressionsanalysen.

Der Haupttest wurde ebenfalls als Online-Umfrage durchgeführt und umfasste 14 nationale Sportfachverbände aus Deutschland. Die Erhebung begann am 4. April 2017 und wurde am 25. Juni 2017 abgeschlossen. Insgesamt nahmen 266 Stakeholder an der Hauptbefragung teil.

3 Ergebnisse

Im Zentrum der Untersuchung standen drei Erklärungsmodelle:

Das *Modell zur Servicequalität* erfasst die Leistungen, die die Sportverbände ihren externen Stakeholdern anbieten. Externe Stakeholder umfassen den Vorstand/das Präsidium der Landessportfachverbände, die Geschäftsführer/innen der Landessportfachverbände sowie die Gruppe der Athleten.

Sowohl das reflektive als auch das formative Modell der Servicequalität zeigen eine hohe Qualität der Modelle an. Das formative Modell erklärt rund 83 Prozent der gesamten Varianz.

Das reflektive Modell zur Servicequalität besteht aus folgenden Items:

- Die Organisation bietet erfolgreich Serviceleistungen an, die den Erwartungen ihrer Stakeholder entsprechen.
- Die Organisation bietet die erforderliche Servicequalität unter klaren Bedingungen.
- Das Personal der Organisation stellt den versprochenen Service angemessen bereit.
- Insgesamt bietet die Organisation einen exzellenten Service.
- Den Services der Organisation kann man vertrauen.

Das formative Messmodell umfasst die folgenden Items:

- Die Organisation bietet unverzüglichen und schnellen Service.
- Die Organisation bietet einen flexiblen Service, um individuelle Bedürfnisse zu erfüllen.
- Die Organisation bietet einen zuverlässigen Service.
- Die Organisation bietet einen verlässlichen, gleichbleibenden Service.
- Der Service der Organisation ist fehlerfrei.
- Der Service der Organisation ist transparent.
- In der Organisation sind alle relevanten Personen erreichbar.

Das *Modell zur Arbeitszufriedenheit* umfasst Aspekte, die zu einer höheren Zufriedenheit der Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen beitragen. Die Kategorie „Mitarbeiter/Mitarbeiterinnen" umfasst die Stakeholdergruppen Leiter/Leiterin der Geschäftsstelle bzw. Geschäftsführer/Geschäftsführerin, Mitarbeiter/Mitarbeiterinnen der Verbandsgeschäftsstelle (hauptamtlich und ehrenamtlich) sowie Landestrainer/Landestrainerinnen (hauptamtlich und ehrenamtlich).

Die Evaluation des Modells zur Arbeitszufriedenheit ergab eine hohe Güte des formativen Messmodells. Es erklärt rund 57 Prozent der gesamten Varianz und umfasst die folgenden Items:

- Die Organisation hat gerechte Vergütungs- und Anerkennungssysteme.
- Die Organisation fördert und unterstützt Weiterbildungen, um die Fähigkeiten ihres Personals zu verbessern.
- Die Organisation bietet ihren Mitarbeitern Möglichkeiten, sich weiterzuentwickeln und aufzusteigen.
- Die Organisation bietet eine Umgebung, um effizient arbeiten zu können.
- Jedem stehen alle notwendigen Informationen zur Verfügung.
- In der Organisation herrscht ein angenehmes Arbeitsumfeld.
- Die Organisation bezieht alle Anspruchsgruppen in die strategische Planung mit ein.

Das Modell zur *Qualität und Leistung von Bundessportfachverbänden* ist ein umfassendes Modell, um alle Aspekte der Arbeit von Sportfachverbänden zu erfassen. Auch hier ergaben die Modelltests eine hohe Güte für das reflektive und das formative Messmodell. Das formative Modell erklärt 76 Prozent der Varianz bei der Ingroup und 97 Prozent in Bezug auf die Outgroup.

Das reflektive Modell umfasst die folgenden Items:

- Insgesamt sollte die Organisation so bleiben, wie sie ist.
- Insgesamt arbeitet die Organisation so, wie sie es sollte.
- Die Organisation erfüllt meine Erwartungen.
- Die Organisation leistet gute Arbeit.
- Ich würde nichts daran ändern, wie die Organisation geführt wird.

Das formative Modell besteht aus den folgenden Items:

Dimensionen	QOP Items	Stakeholder
Personal	Die Organisation bietet ihren Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen Möglichkeiten, sich weiterzuentwickeln und aufzusteigen.	Intern
	Die Organisation beschäftigt ausreichend Hauptamtliche.	Extern
Interne Funktionsweise und organisatorische Einrichtung	Routineprobleme werden schnell und effizient gelöst.	Intern
	Die Organisation bietet eine Umgebung, um effizient arbeiten zu können.	Intern
	Die Organisation strebt nach hoher Leistung und Exzellenz in dem, was sie tut.	Extern
Informationen und Kommunikation	Die Organisation holt sich erfolgreich Feedback ein.	Intern
	Die Organisation verfügt über effektive Prüfverfahren, bei denen alle Gruppen einbezogen werden.	Intern/Extern
	Die Organisation stellt vollständige und richtige Informationen in angemessener Zeit zur Verfügung.	Extern
	Innerhalb der Organisation kommunizieren Abteilungen und Personen regelmäßig miteinander.	Extern
	Bundesverband und Landesverbände kommunizieren angemessen miteinander.	Intern
Führung	Die Führungskräfte schaffen Klarheit und Einigkeit im Sinne der Organisation.	Intern
	Die Führungskräfte sind vertrauenswürdig und werden respektiert.	Extern
Governance	Vorstand/Präsidium und Geschäftsführung/Geschäftsstellenleitung sind unabhängig.	Extern
	Die gesamte Führung arbeitet bei allen wichtigen Entscheidungen eng zusammen.	Intern
	Die Führung trifft effektive, transparente und praktikable Entscheidungen.	Extern
Flexibilität	Die Organisation sucht nach Möglichkeiten, um ihre Prozesse und Services weiterzuentwickeln und zu verbessern.	Intern
	Die Führung ist offen für Vorschläge zu Veränderungen und Innovationen.	Extern
	Die Führung ist gut beim Veränderungsmanagement und kommt zu angemessenen Ergebnissen.	Intern
	Die Organisation ist in allen Bereichen kreativ und unternehmungslustig.	Extern
Strategie und Planung	Die Organisation verfolgt klare und erreichbare kurzfristige Ziele und Maßnahmen.	Intern
	Die Organisation hat ihre Vision und Mission ausreichend formuliert.	Extern
	Die Organisation erreicht ihre strategischen Ziele.	Intern
Finanzen	Die Organisation ist finanziell unabhängig.	Extern
	Die Organisation verteilt ihre finanziellen Mittel mit großer Sorgfalt.	Extern
	Die Organisation ist finanziell gesund.	Extern
Sport	Die Organisation hat Zugang zu ausreichend Sportstätten für alle Trainings- und Wettkampfniveaus.	Extern
	Die Organisation hat eine hohe Anzahl aktiver Breitensportler.	Extern
	Die Organisation hat ein geeignetes System für Vergütung, Anerkennung und Anreize, um ihre sportlichen Ziele zu erreichen.	Intern
	Die Organisation zieht ausreichend Leistungssportler an.	Extern
	Die Organisation erreicht geringe Dropout-Raten ihrer aktiven Mitglieder im Sport.	Intern/Extern
	Die Organisation ist in der Lage, das Wachstum ihres Sports zu kontrollieren.	Extern

4 Diskussion

Das Messinstrument basiert auf der Erhebung der Wahrnehmung und der entsprechenden Bewertung verschiedener Items durch die aufgeführten Stakeholdergruppen. Die Items dienen der Abbildung unterschiedlicher Dimensionen der organisationalen Leistung und Qualität eines Sportfachverbandes. Diese subjektiven Beurteilungen beruhen auf den individuellen Bewertungen der einzelnen Personen. In Bezug auf die Mehrzahl der erhobenen Items ist dieses Vorgehen vorzuziehen, da im Dienstleistungsbereich letztlich die Wahrnehmung der verschiedenen Stakeholdergruppen über die Güte der dargebrachten Leistung entscheidet. Dennoch stößt ein derartiges Vorgehen auch an Grenzen.

Um die Problematik der fehlenden maßgebenden Informationen zu lösen, wurden die Stakeholder in interne und externe Stakeholder unterteilt. Die externen Stakeholder bestehen aus dem Vorstand/Präsidium der Landessportfachverbände, den Geschäftsführerinnen und Geschäftsführern der Landessportfachverbände sowie den Athletinnen und Athleten. Ihnen fehlen meist relevante Informationen der Verbandsarbeit, und sie sind nicht direkt an Entscheidungen beteiligt.

Finanzielle Kennzahlen setzen betriebswirtschaftliches Know-How voraus, das bei einigen befragten Stakeholdern nicht vorausgesetzt werden kann. Die finanzielle Dimension wurde nur subjektiv betrachtet. Objektive Kennzahlen wurden nicht abgefragt. Das Messinstrument sollte bei einer zukünftigen Verwendung neben subjektiven Messmethoden ebenfalls objektive Kennzahlen mit einbeziehen, um die Aussagefähigkeit zu erhöhen und das Messinstrument zu vereinfachen. Insbesondere für die Messung finanzieller Aspekte oder der Entwicklung von Mitgliederzahlen erscheint ein derartiges Vorgehen als angebracht.

Um diesem Aspekt gerecht zu werden, wurden im Endbericht potentielle Ansätze objektiver Kennzahlen für die Weiterverwendung des Messinstruments entwickelt. Perspektivisch kann anhand eines solchen Kataloges an Items und Kennzahlen aus dem Controlling eines Bundessportfachverbands eine Balanced Scorecard entwickelt werden, die die systematische Überwachung der Verbandsentwicklung ermöglicht. Diese müsste in ausgeglichener Weise die unterschiedlichen Aspekte der Verbandsentwicklung abdecken und verbandsspezifische Besonderheiten berücksichtigen.

5 Literatur

Asif, M., Raouf, A. & Searcy, C. (2013). Developing measures for performance excellence. Is the Baldrige criteria sufficient for performance excellence in higher education? *Quality & quantity, 47* (6), 3095-3111.

Baruch, Y. (2006). Communalities and Distinctions in the Measurement of Organizational Performance and Effectiveness Across For-Profit and Nonprofit Sectors. *Nonprofit and voluntary sector quarterly, 35* (1), 39-65.

Cameron, K. S. (1986). Effectiveness as paradox. Consensus and conflict in conceptions of organizational effectiveness. *Management science, 32* (5), 539-553.

Cameron, K. S. (2010). Introduction. In K. S. Cameron (Hrsg.), *Organizational effectiveness* (S. xiii-viii). Cheltenham: Edward Elgar.

Chelladurai, P., Szyszlo, M. & Haggerty, T. (1987). Systems-based dimensions of effectiveness. The case of National Sport Organizations. *Canadian journal of sport sciences, 12* (2), 111-119.

Eberl, M. (2006). Formative und reflektive Konstrukte und die Wahl des Strukturgleichungsverfahrens. Eine statistische Entscheidungshilfe. *Die Betriebswirtschaft, 66* (6), 651-668.

Giere, J., Wirtz, B. W. & Schilke, O. (2006). Mehrdimensionale Konstrukte. Konzeptionelle Grundlagen und Möglichkeiten ihrer Analyse mithilfe von Strukturgleichungsodellen. *Die Betriebswirtschaft, 66* (6), 678-695.

Hildebrandt, L. & Temme, D. (2006). Probleme der Validierung mit Strukturgleichungsmodellen. *Die Betriebswirtschaft, 66* (6), 618-639.

Jun, K.-N. & Shiau, E. (2012). How are we doing? A multiple constituency approach to civic association effectiveness. *Nonprofit and voluntary sector quarterly, 41* (4), 632-655.

Liket, K. C. & Maas, K. (2015). Nonprofit Organizational Effectiveness. Analysis of Best Practices. *Nonprofit and voluntary sector quarterly, 44* (2), 268-296.

MacKenzie, S. B., Podsakoff, P. M. & Jarvis, C. B. (2005). The problem of measurement model misspecification in behavioral and organizational research and some recommended solutions. *Journal of applied psychology, 90* (4), 710-730.

Madella, A., Bayle, E. & Tome, J. (2005). The organisational performance of national swimming federations in Mediterranean countries: A comparative approach. *European journal of sport science, 5* (4), 207-220.

O'Boyle, I. & Hassan, D. (2014). Performance management and measurement in national-level non-profit sport organisations. *European sport management quarterly, 14* (3), 299-314.

Rojas, R. R. (2000). A review of models for measuring organizational effectiveness among For-Profit and Nonprofit organizations. *Nonprofit management & leadership, 11* (1), 97-104.

Saraph, J. V., Benson, P. G. & Schroeder, R. G. (1989). An Instrument for measuring the critical factors of quality management. *Decision sciences, 20* (4), 810-829.

Shilbury, D. & Moore, K. A. (2006). A study of organizational effectiveness for national olympic sporting organizations. *Nonprofit and voluntary sector quarterly, 35* (1), 5-38.

Sowa, J. E. (2011). Nonprofit organizational effectiveness. In *Encyclopedia of Public Administration and Public Policy*, Second Edition (S. 1-6). Taylor & Francis.

Toepler, S. & Anheier, H. (2004). Organizational theory and nonprofit management: an overview. In A. Zimmer & E. Priller (Hrsg.), *Future of Civil Society* (S. 253-270). VS Verlag für Sozialwissenschaften. Verfügbar unter http://dx.doi.org/10.1007/978-3-322-80980-3_15

Winand, M., Rihoux, B., Robinson, L. & Zintz, T. (2013). Pathways to high performance. A qualitative comparative analysis of Sport Governing Bodies. *Nonprofit and voluntary sector quarterly, 42* (4), 739-762.

Winand, M., Zintz, T., Bayle, E. & Robinson, L. (2010). Organizational performance of Olympic sport governing bodies. Dealing with measurement and priorities. *Managing leisure, 15* (4), 279-307.

6 Anhang

Items und Dimensionen der Erhebung

Personal
Die Organisation beschäftigt ausreichend Hauptamtliche.
Die Organisation verfügt über ausreichend Ehrenamtliche.
Die Organisation stellt Personen anhand der Fähigkeiten ein, die sie in die Organisation einbringen können.
Die Organisation hat starke und charismatische Führungspersonen.
Die Organisation hat gerechte Vergütungs- und Anerkennungssysteme.
Die Organisation vergütet angemessen.
Die Organisation fördert und unterstützt Weiterbildungen um die Fähigkeiten ihres Personals zu verbessern.
Die Organisation bietet ihren Mitarbeitern Möglichkeiten, sich weiterzuentwickeln und aufzusteigen.
Die Organisation ist in der Lage, ihr Personal optimal einzusetzen.
Die Mitarbeiter sind qualifiziert und verfügen über ausreichend Fachwissen.
Die Mitarbeiter sind mit ihrem Job zufrieden.
Die Organisation hat eine geringe Fluktuationsrate bei den Ehrenamtlichen.
Die Organisation hat eine geringe Fluktuationsrate bei den Hauptamtlichen.
Die meisten Mitarbeiter würden Freunden empfehlen, für diese Organisation zu arbeiten.
Die meisten Mitarbeiter würden auch dann weiter bei dieser Organisation arbeiten, wenn sie einen vergleichbaren Job in einer anderen Organisation bekommen könnten.
Die Organisation hat eine niedrige Mitarbeiterfluktuation.

Finanzen
Die Organisation ist in der Lage, ausreichend Gelder von verschiedenen Quellen zu beschaffen.
Die Organisation ist finanziell unabhängig.
Die Organisation verteilt ihre finanziellen Mittel mit großer Sorgfalt.
Die Organisation hat eine solide finanzielle Basis.
Die Organisation ist in der Lage ihre finanziellen Mittel optimal einzusetzen.
Die Organisation ist finanziell gesund.

Interne Funktionsweise und organisatorische Einrichtung
Die Organisation verfügt umfassend über moderne Verwaltungseinrichtungen und -ausstattung.
Die Verantwortlichkeiten der Verwaltung sind sinnvoll verteilt.
Routineprobleme werden schnell und effizient gelöst.
Die Organisation hat eine einfache und gut koordinierte Verwaltung.
Die Organisation bietet eine Umgebung, um effizient arbeiten zu können.

Informationen und Kommunikation
Die Organisation holt sich erfolgreich Feedback ein.
Die Organisation benutzt aktuelle IT-Infrastruktur.
Die Organisation stellt vollständige und richtige Informationen in angemessenen Zeit zur Verfügung.
Innerhalb der Organisation kommunizieren Abteilungen und Personen regelmäßig miteinander.
Bundesverband und Landesverbände kommunizieren angemessen miteinander.
Die Organisation geht systematisch mit Fragen, Feedback und Kritik um.

Jedem stehen alle notwendigen Informationen zur Verfügung.
Die Organisation verbreitet einheitliche Informationen.
Die Organisation erreicht eine angemessene Medienberichterstattung.
Der Organisation gelingt es, ein gleichbleibend gutes Image zu erreichen.
Der Organisation gelingt es, ein positives Image zu verbreiten.
Die Organisation erreicht ausreichend Aufmerksamkeit.

Governance
Vorstand/Präsidium und Geschäftsführung/Geschäftsstellenleitung sind unabhängig.
Es gibt eine klare Trennung zwischen Vorstand und Geschäftsführung.
Es gibt ausreichend Gremien oder Abteilungen mit spezifischen Verantwortlichkeiten.
Die gesamte Führung arbeitet ohne externe Beeinflussung zum Wohl der Organisation.
Die gesamte Führung arbeitet bei allen wichtigen Entscheidungen eng zusammen.
Die Führung trifft effektive, transparente und praktikable Entscheidungen.

Führung
Die Führungskräfte schaffen Klarheit und Einigkeit im Sinne der Organisation.
Die Führungskräfte schaffen eine angenehme Arbeitsumgebung und steuern die Organisation angemessen.
Die Führungskräfte unterstützen ihre Mitarbeiter und sichern effektive Beziehungen zu allen Anspruchsgruppen.
Die Führungskräfte sind vertrauenswürdig und werden respektiert.

Partnerschaften, Kooperationen und Netzwerke
Die Organisation kooperiert mit anderen privaten, öffentlichen und on-profit Organisationen.
Die Organisation geht auf andere Organisationen zu, um Kooperationen innerhalb und außerhalb ihrer Branche aufzubauen.
Die Organisation pflegt konsequent die Kontakte zu ihren Partnern.
Die Organisation arbeitet effizient mit ihren Partnern zusammen.
Die Organisation kann die Auswirkungen und Ergebnisse ihrer Arbeit durch und mit ihren Partnern zeigen.

Organisationsstruktur
Konflikte werden auf bestmögliche Weise gelöst.
In der Organisation herrscht ein angenehmes Arbeitsumfeld.
Alle Mitglieder der Organisation arbeiten gut zusammen.
In der Organisation herrscht ein hoher moralischer Anspruch.
Die Organisation strebt nach hoher Leistung und Exzellenz in dem, was sie tut.

Strategie und Planung
Die Organisation hat ihre Vision und Mission ausreichend formuliert.
Es gibt einen langfristigen strategischen Plan, der Überlegungen zu alternativen Aktivitäten und eine Risikoanalyse beinhaltet.
Die Organisation verfolgt klare und erreichbare kurzfristige Ziele und Maßnahmen.
Die Organisation bezieht alle Anspruchsgruppen in die strategische Planung mit ein.
Die Organisation überprüft regelmäßig ihren strategischen Plan.
Vision, Mission und der strategische Plan werden gut kommuniziert.
Die Organisation erreicht ihre strategischen Ziele.
Es herrscht Klarheit über Zweck, Vision, Werte und Ziele der Organisation.

Flexibilität
Die Organisation verfügt über effektive Prüfverfahren, bei denen alle Gruppen einbezogen werden.
Die Organisation lernt von ihren Partnern, sucht und teilt bewährte Verfahren innerhalb und außerhalb ihrer Branche.
Die Organisation sucht nach Möglichkeiten, um ihre Prozesse und Services weiterzuentwickeln und zu verbessern.
Die Organisation benutzt klare Kennzahlen für eindeutige Messungen und Ziele.
Die Organisation kooperiert mit Forschungseinrichtungen für ausreichend wissenschaftliche Unterstützung.
Die Führung ist offen für Vorschläge zu Veränderungen und Innovationen.
Die Organisation überwacht Veränderungen.
Die Führung ist gut beim Veränderungsmanagement und kommt zu angemessenen Ergebnissen.
Die Führung sucht aktiv nach innovativen Ideen.
Die Führung belohnt und unterstützt innovative Ideen, Experimentierfreudigkeit und kreative Prozesse.
Die Organisation reagiert unverzüglich auf Veränderungen und bringt Innovationen ein, um ihre Ziele zu erreichen.
Die Organisation ist in allen Bereichen kreativ und unternehmungslustig.
Die Organisation ist innovativ.
Die Organisation steht innerhalb ihrer Branche für hohe Leistung und weiß genau, was sie als nächstes erreichen muss.

Dienstleistungsqualität
Die Organisation bietet unverzüglichen und schnellen Service.
Die Organisation bietet einen flexiblen Service um individuelle Bedürfnisse zu erfüllen.
Die Organisation bietet einen zuverlässigen Service.
Die Organisation bietet einen verlässlichen, gleichbleibenden Service.
Der Service der Organisation ist fehlerfrei.
Der Service der Organisation ist transparent.
In der Organisation sind alle relevanten Personen erreichbar.
Die Organisation bietet erfolgreich Services an, die den Erwartungen ihrer Stakeholder entsprechen.
Die Organisation bietet die erforderliche Servicequalität unter klaren Bedingungen.
Das Personal der Organisation stellt den versprochenen Service angemessen bereit.
Insgesamt bietet die Organisation einen exzellenten Service.
Den Services der Organisation kann man vertrauen.

Leistungssport
Die Organisation zieht ausreichend Leistungssportler an.
Die Organisation hat ausreichend viele gut ausgebildete und erfahrene Trainer.
Die Organisation hat ausreichend Offizielle (Schiedsrichter, ...).
Die Organisation stellt ausreichend medizinische Betreuung für ihre Spitzensportler bereit.
Die Organisation hat ein effektives System um junge Talente aus der eigenen und anderen Sportarten zu finden.
Die Organisation hat Zugang zu ausreichend Sportstätten für alle Trainings- und Wettkampfniveaus.
Die Organisation verfügt über ein abgestimmtes Konzept, um ihre Talente zu entwickeln.
Die Organisation hat ein geeignetes System für Vergütung, Anerkennung und Anreize, um ihre sportlichen Ziele zu erreichen.
Die Organisation bietet passende Weiterbildungskurse für Athleten, Trainer und Offizielle an.
Die Organisation bietet ausreichende Unterstützung für das Leben nach der sportlichen Karriere.
Die Organisation bietet ausreichend Möglichkeiten für Athleten, an internationalen Wettkämpfen teilzunehmen.

Die Organisation verfügt über ausreichend fähige Leistungssportler.
Die Organisation erreicht angemessene sportliche Ergebnisse im internationalen Vergleich.

Breitensport
Die Organisation hat eine zukunftsfähige Anzahl breitensportlicher Mitglieder.
Die Organisation hat eine hohe Anzahl aktiver Breitensportler.
Die Organisation schafft es, die sportlichen Aktivitäten für ihre Mitglieder zu erhöhen.
Die Organisation erhöht erfolgreich ihre Mitgliederzahlen im Sport.
Die Organisation erreicht geringe Dropout-Raten ihrer aktiven Mitglieder im Sport.
Die Organisation ist in der Lage, das Wachstum ihres Sports zu kontrollieren.

Leistungen und Legitimität
Die Organisation arbeitet effizient.
Die Organisation arbeitet effektiv.
Die Organisation erreicht eine hohe Qualität bei ihren Programmen und Services.
Die Organisation erreicht eine hohe Qualität ihrer Prozesse.
Insgesamt sollte die Organisation so bleiben, wie sie ist.
Insgesamt arbeitet die Organisation so, wie sie es sollte.
Die Organisation erfüllt meine Erwartungen.
Die Organisation leistet gute Arbeit.
Ich würde nichts daran ändern, wie die Organisation geführt wird.
Ich habe eine positive Meinung über die Organisation.
Ich glaube, dass sich die Organisation an die gesetzlichen Vorschriften hält.
Ich glaube, dass die Organisation ehrlich ist.
Ich glaube, dass die Organisation notwendig ist.
Die Werte der Organisation stimmen mit meinen überein.
Ich teile die Ziele der Organisation.

Sportentwicklungsbericht (Erhebungswellen 5-6)

(AZ 081801/11-17)

Christoph Breuer (Projektleitung) & Svenja Feiler
Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Sportökonomie und Sportmanagement

1 Problem

Die Sportentwicklungsberichte – „Analysen zur Situation der Sportvereine in Deutschland" stellen eine Weiterentwicklung der Finanz- und Strukturanalysen des deutschen Sports (FISAS) dar. Ziel des Instrumentariums ist es, den Entscheidungsträgern in Politik und gemeinwohlorientiertem Sport fundierte Argumente zur gesellschaftlichen Relevanz des Sports zu liefern (*Argumentationswissen*) und mit der Bereitstellung von *Handlungswissen* Entwicklungsprozesse in Verbänden und Vereinen zu unterstützen bzw. zu initiieren. Mit Hilfe dieser Unterstützung soll die Wettbewerbsfähigkeit des organisierten Sports in Zeiten eines dynamischen sozialen Wandels gestärkt werden. Methodischer Kerngedanke der Sportentwicklungsberichte ist das Paneldesign, d. h., die gleichen Sportvereine wurden alle zwei Jahre zu ihrer Situation befragt. Mit dem Abschluss der sechsten Welle liegen nunmehr systematische Informationen zur Entwicklung der Sportvereine in Deutschland über einen Zeitraum von zwölf Jahren (2005/06 bis 2015/16) vor.

2 Methode

Als Methode kam in allen sechs Wellen eine Online-Befragung zum Einsatz. Die Erhebungen der hier im Fokus stehenden Wellen 5 und 6 wurden jeweils von September bis Dezember der Jahre 2013 und 2015 durchgeführt. Als Grundlage für die Stichprobe dienten die von den Landessportbünden zur Verfügung gestellten Emailadressen der Vereine. In der 5. Welle wurden von den rund 91.000 Sportvereinen in Deutschland (DOSB, 2012) über 74.000 Emailadressen übermittelt. In der 6. Welle stieg die Anzahl der übermittelten Emailadressen auf knapp 78.800, bei einer leicht rückläufigen Gesamtzahl an Vereinen (90.240; DOSB, 2015). Die Stichproben in beiden Wellen wurden jeweils um diejenigen Vereine bereinigt, die aus verschiedenen Gründen nicht an der Befragung teilnehmen konnten. Der Großteil dieser Stichprobenausfälle ist auf fehlerhafte Emailadressen und Absagen zurückzuführen. Insgesamt konnten in der 5. Welle N = 20.846 Interviews realisiert werden, was einem Rücklauf von 29,2 %. entspricht. In der 6. Welle lag die Anzahl der teilnehmenden Vereine bei N = 20.546 Vereinen und damit einem Rücklauf von 27,1 %.. Im Vergleich zur jeweils vorherigen Welle war der Stichprobenumfang bundesweit leicht rückläufig.

Für die Konstruktion des Längsschnittdatensatzes und um zu vermeiden, dass Vereine doppelt angeschrieben werden, wurde allen Vereinen eine unveränderliche Vereinsnummer (id) zugewiesen. Mithilfe dieser Vereinsnummer ist es möglich, diejenigen Vereine zu identifizieren, die sich an den einzelnen Befragungswellen beteiligt haben. Insgesamt haben bundesweit N = 8.376 Vereine an den Befragungen 2013 und 2015 (Welle 5 und Welle 6) teilgenommen, was einer Dabeibleiberquote von 40,2 %. entspricht. Seit der zweiten Welle des Sportentwicklungsberichts können somit die Veränderungen der Gemeinwohlproduktion, aber auch der Probleme der Sportvereine in Deutschland gemessen werden, welche auf einer Längsschnittanalyse basieren.

3 Ergebnisse

Die Aufarbeitung der Ergebnisse erfolgte in den Wellen 5 und 6, wie auch in den vorherigen Wellen, in Form eines gesamtdeutschen Bundesberichts, weiterhin 16 Länderberichten sowie diversen Themenberichten (vgl. Gesamtbände der Wellen 5 und 6: Breuer, 2015, 2017a). Darüber hinaus wurde in der 6. Welle erneut ein Zusatzband herausgegeben (Breuer, 2017b), welcher Sonderauswertungen für verschiedene Sport-

fachverbände enthält (u. a. für den Deutschen Fußball Bund, die Wassersportverbände sowie die Deutsche Reiterliche Vereinigung), aber auch weiterführende Strukturanalysen beinhaltet (u. a. zur Situation der Schieds- und Kampfrichter in Deutschland, zur Nutzung von Routinedaten für den Sportentwicklungsbericht sowie zu Kreis- und Stadtsportbünden in Deutschland). Weiterhin wurden jeweils deutsche und englische Kurzfassungen veröffentlicht (Breuer & Feiler, 2015a, 2015b, 2017a, 2017b).

Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse der Wellen 5 und 6 auf Bundesebene zusammengefasst.

Die Sportvereine in Deutschland stellen nach wie vor ein besonders gemeinwohlorientiertes Sportangebot bereit. Dies zeigt sich unter anderem in den Vereinszielen. Besonders wichtig ist es den Vereinen, Werte wie z. B. Fair Play und Toleranz zu vermitteln sowie eine preiswerte Möglichkeit des Sporttreibens zu bieten. Zudem sind die Vereine im Bereich der gleichberechtigten Partizipation der Geschlechter engagiert. Die hohe Gemeinwohlbedeutung zeigt sich auch im Zeitverlauf: In den meisten Bereichen ist die Bedeutung der Vereine für das Gemeinwohl über zwölf Jahre hinweg weitgehend stabil geblieben. Weiterhin sind Sportvereine Garanten für ein finanziell erschwingliches Sportangebot: So verlangt die Hälfte aller Sportvereine einen monatlichen Mitgliedsbeitrag für Kinder von maximal € 2,50, für Jugendliche von maximal € 3,- und für Erwachsene von maximal € 6,30.

Von besonderer Bedeutung für die Sportvereine ist nach wie vor das Ehrenamt. Seit 2013 ist die Gesamtanzahl der ehrenamtlich Engagierten bundesweit stabil. Dies gilt sowohl für die Anzahl der Ehrenamtlichen auf der Vorstandsebene wie auch auf der Ausführungsebene. Nichtsdestotrotz haben die Vereine zunehmend mit einem Mangel an ehrenamtlichen Funktionsträgern zu kämpfen. So geben rund 14 %. der Vereine an, das Problem der Bindung und Gewinnung von ehrenamtlichen Funktionsträgern bedrohe die Existenz des Vereins. Um diesem Problem entgegenzuwirken, hat ein Großteil der Vereine Maßnahmen bzw. Initiativen zur Gewinnung und Bindung von Ehrenamtlichen ins Leben gerufen. Hierbei greifen die Vereine insbesondere auf das persönliche Gespräch sowie gesellige Veranstaltungen zurück.

Neben den ehrenamtlich Engagierten, die für die Sportvereine im Einsatz sind, setzen 5,7 %. der Sportvereine in Deutschland auf bezahlte Mitarbeiter in einer Führungsposition. Diese Mitarbeiter sind überwiegend in Teilzeit beschäftigt.

Für die Bereitstellung von Angeboten für ihre Mitglieder greifen die Sportvereine weiterhin sowohl auf vereinseigene als auch auf kommunale Sportanlagen zurück. Bundesweit besitzen rund 46 %. der Vereine eigene Anlagen (inkl. Vereinsheim) und gut 61 %. nutzen kommunale Sportanlagen.

Im Bereich des Leistungssports zeigt sich, dass ohne die Sportvereine Leistungssport in Deutschland kaum denkbar wäre. 12,6 %. der Sportvereine haben Kaderathleten auf D/C-, C-, B- oder A-Kaderebene in ihren Reihen und bilden somit eine wichtige Basis für den Leistungs-/Hochleistungssport in Deutschland. Zwischen 2013 und 2015 ist der Anteil an Vereinen mit Kaderathleten signifikant angestiegen (+7,7 %.).

Eine wachsende Anzahl an Vereinen kooperiert bei der Angebotserstellung mit anderen Akteuren des Gemeinwohls, insbesondere mit Schulen, anderen Sportvereinen, Kindergärten bzw. Kindertagesstätten und Krankenkassen. Weiterhin gewinnen auch Kooperationen mit Jugend- und Grundsicherungsämtern vermehrt an Bedeutung. Darüber hinaus engagieren sich die Sportvereine in Deutschland maßgeblich für die Integration verschiedener Bevölkerungsgruppen. Hierzu zählen u. a. Mädchen und Frauen, Kinder und Jugendliche, Ältere und Senioren, Menschen mit Behinderungen, Menschen mit Migrationshintergrund, Flüchtlinge sowie einkommensschwache Personen. In diesem Zusammenhang haben die Vereine verschiedenste Initiativen ins Leben gerufen, um den genannten Gruppen das Sporttreiben zu ermöglichen. Dabei scheinen sich die Sportvereine schnell an neue Herausforderungen anzupassen. So haben sich die Vereine in bemerkenswertem Umfang in der Flüchtlingskrise engagiert. Knapp 29 %. der Sportvereine stimmten der Aussage völlig oder eher zu, sich für Flüchtlinge zu engagieren. Allerdings zeigten sich hier sportartenspe-

zifische Unterschiede. So engagieren sich nach eigenen Angaben Vereine mit Fußball-, American Football- und Handballabteilungen sowie Vereine mit Angeboten in Leichtathletik, Rettungsschwimmen, Boxen, Ringen und Schach überproportional stark für Flüchtlinge. Neben den Sportvereinen kommt auch den Stadt- und Kreissportbünden bei Angeboten für Flüchtlinge eine besondere Rolle zu. Mehr als 37 %. der Stadt- und Kreissportbünde stimmen der Aussage völlig zu, dass sie sich für Flüchtlinge engagieren; drei Viertel stimmen dieser Aussage völlig oder eher zu.

Allgemeine Probleme in den Vereinen zeigen sich vor allem im Bereich Personal: So wird neben der Bindung und Gewinnung von ehrenamtlichen Funktionsträgern auch die Bindung und Gewinnung von jugendlichen Leistungssportlern, Trainern und Übungsleitern sowie Schieds- bzw. Kampfrichtern von den Vereinen als besonders herausfordernd empfunden. Das Problem der Bindung und Gewinnung von Mitgliedern ist etwas weniger stark ausgeprägt. Unterstützungsbedarf besteht darüber hinaus hinsichtlich der demographischen Entwicklung in den Regionen. Dieses Problem hat sich im Vergleich zu 2013 allerdings etwas verringert. Weiterhin sehen sich die Vereine aufgrund der Anzahl an Gesetzen, Verordnungen und Vorschriften, d. h. aufgrund von Bürokratiekosten belastet. In diesem Zusammenhang bereiten insbesondere Aufgaben, die mit der Steuererklärung, Rechnungslegung, Buchführung und dem Jahresabschluss zusammenhängen, erheblichen Aufwand für die Vereine. Als tendenziell weniger aufwändig empfinden die Vereine hingegen die Ausstellung von Spendenquittungen sowie die Einholung von Schankerlaubnissen.

Auffällig ist, dass sich bundesweit gut 36 %. der Sportvereine durch mindestens ein Problem in ihrer Existenz bedroht sehen. Am stärksten wirken hier Probleme der Gewinnung und Bindung ehrenamtlicher Funktionsträger. Die Untersuchung im Zeitverlauf unterstreicht dieses Ergebnis: Im Verlauf der vergangenen zwölf Jahre hat sich der Anteil an Sportvereinen in Deutschland, die mit mindestens einem existenziellen Problem zu kämpfen haben, mehr als verdoppelt. Hierbei ist insbesondere die Existenzbedrohung aufgrund von Problemen im Bereich der Gewinnung und Bindung von ehrenamtlichen Funktionsträgern angewachsen.

In finanzieller Hinsicht zeigen sich die Einnahmen und Ausgaben der Sportvereine im Vergleich zu 2013 stabil. Im Bereich der Einnahmen gibt es einzig leichte Zuwächse bei den Mitgliedsbeiträgen. Insgesamt konnten gut drei Viertel der Sportvereine schwarze Zahlen schreiben. Auch im Zeitverlauf über zwölf Jahre unterliegt die Finanzierung von Sportvereinen insgesamt keinem bemerkenswerten Wandel.

4 Diskussion

Aus den Ergebnissen und Befunden der Sportentwicklungsberichte können diverse Schlussfolgerungen gezogen und Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Wie bereits die vorherigen Wellen verdeutlicht haben, zeigen auch die Wellen fünf und sechs, dass die Sportvereine in Deutschland institutionelle Garanten für die sportbezogene Gemeinwohlproduktion sind. Sportliche Aktivität im Verein erzeugt aufgrund der institutionellen Rahmenbedingungen des Vereins mehr positive externe Effekte als Sporttreiben in anderen institutionellen Arrangements (wie z. B. informelles Sporttreiben oder sportliche Aktivität in kommerziellen Einrichtungen). Die gemeinwohlorientierte Ausrichtung der Sportvereine lässt sich dabei sowohl an ihrem Selbstverständnis in Form der Vereinsziele als auch an den niedrigen Mitgliedsbeiträgen erkennen und ist über die Jahre weitgehend stabil. Aufgrund dieses Sachverhalts ist Sporttreiben im Verein nicht nur eine private Angelegenheit, sondern ist von besonderem gesellschaftlichen Interesse. Aus ordnungspolitischer Perspektive sollten Staat und Politik die vorhandene Situation berücksichtigen und den Vereinssport weiter fördern – insbesondere mit direkten Zuwendungen sowie mittels der Gewährung von Steuervorteilen sowie der kostenfreien oder kostengünstigen Bereitstellung kommunaler Sportanlagen.

Betrachtet man die Entwicklung der Vereinsprobleme in den vergangenen zwölf Jahren, d. h. über den gesamten Projektzeitraum, so ergeben sich verschiedene Implikationen für die Unterstützungsarbeit in den zuständigen Dachorganisationen. Zum einen sollte ein Schwerpunkt

in der Unterstützung beim Thema Bindung und Gewinnung ehrenamtlicher Funktionsträger gelegt werden. Hierzu zählen die Attraktivierung ehrenamtlicher Positionen in den Vereinen, wie z. B. durch Anerkennungskampagnen, Hilfestellungen bei Sachfragen aller Art, Unterstützung durch niederschwellige Beratungs- und Bildungsangebote sowie Online-Hilfen, aber auch politische Erfolge im Hinblick auf Bürokratiekosten der Vereine, Haftungsfragen von Vorstandsmitgliedern und steuerliche Erleichterungen. Hilfreich dürfte Unterstützung auch bei Themen wie Modernisierung der Vereinssatzung und richtige Vorstandsgröße und -organisation sein. Weiterhin sollte unbedingt die Gewinnung und Bindung von Trainerinnen und Trainern sowie Übungsleiterinnen und Übungsleitern zu einem zentralen Thema der Unterstützungsarbeit in den Sportbünden und -verbänden gemacht werden. Überlegenswert scheint in diesem Kontext, inwiefern Mehreinnahmen bei den Mitgliedschaftsbeiträgen erzielt und hierüber eine Qualitäts- und Traineroffensive im Verein angestoßen werden kann. So zeigt eine Studie, die im Auftrag des Westdeutschen Fußball- und Leichtathletikverbandes erstellt wurde, hier einen komparativen Nachteil des Sportvereins gegenüber anderen Anbietern bei gleichzeitig durchaus vorliegender Akzeptanz höherer Beiträge (Breuer, Wicker & Swierzy, 2016). Neben dem Angehen der Probleme der Bindung und Gewinnung von ehrenamtlichem Personal auf der Vorstands- und Ausführungsebene der Vereine bedarf der Jugendleistungssport insbesondere auf lokaler bzw. Vereinsebene eines Attraktivierungsschubs. So ist der Anstieg des Problems der Gewinnung und Bindung jugendlicher LeistungssportlerInnen auch, aber eben nicht nur auf den demographischen Wandel zurückzuführen. Jugendleistungssport ist somit kein Selbstläufer mehr in den Sportvereinen. Es bedarf sowohl angemessener Sinnperspektiven des Leistungssports für Jugendliche als auch hochwertiger und attraktiver Angebote und Strukturen vor Ort.

5 Literatur

Breuer, C. (2015). *Sportentwicklungsbericht 2013/2014. Analyse zur Situation der Sportvereine in Deutschland*. Köln: Sportverlag Strauß.

Breuer, C. (2017a). *Sportentwicklungsbericht 2015/2016 – Band I. Analyse zur Situation der Sportvereine in Deutschland*. Hellenthal: Sportverlag Strauß.

Breuer, C. (2017b). *Sportentwicklungsbericht 2015/2016 – Band II. Weiterführende Strukturanalysen*. Hellenthal: Sportverlag Strauß.

Breuer, C. & Feiler, S. (2015a). *Sport Development Report 2013/2014. Analysis of the situation of sports clubs in Germany. Abbreviated Version*. Cologne: Sportverlag Strauß.

Breuer, C. & Feiler, S. (2015b). *Sportentwicklungsbericht 2013/2014. Analyse zur Situation der Sportvereine in Deutschland. Kurzfassung*. Köln: Sportverlag Strauß.

Breuer, C. & Feiler, S. (2017a). *Sport Development Report 2015/2016. Analysis of the situation of sports clubs in Germany*. Hellenthal: Sportverlag Strauß.

Breuer, C. & Feiler, S. (2017b). *Sportentwicklungsbericht 2015/2016. Analyse zur Situation der Sportvereine in Deutschland. Kurzfassung*. Hellenthal: Sportverlag Strauß.

Breuer, C., Wicker, P. & Swierzy, P. (2016). *Angemessene Mitgliedsbeiträge in den Fußball- und Leichtathletikvereinen des WFLV*. Projektbericht: Deutsche Sporthochschule Köln.

DOSB (2012). *Bestandserhebung 2012*. Frankfurt: Deutscher Olympischer Sportbund.

DOSB (2015). *Bestandserhebung 2015*. Frankfurt: Deutscher Olympischer Sportbund.

Sportanlagen und Sporttechnologie

Funkbasierte Laufdiagnostik in der Leichtathletik

(AZ 071503/16-17)

Martin Lames (Projektleiter), Daniel Linke & Thomas Seidl

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

1 Fragestellung

Im professionellen Fußball werden seit einigen Jahren routinemäßig Positions- und Aktionsdaten erfasst (Paul, Bradley, & Nassis, 2015). Positionsdaten werden dabei üblicherweise auf Basis von kamera-basierten Tracking-Systemen erfasst, da das Fußballregelwerk das Tragen von Sensoren am Körper derzeit noch nicht in vollem Umfang erlaubt. Im Training werden hingegen vermehrt sensor-basierte Lösungen, wie GPS und lokale funkbasierte Technologien eingesetzt, um die Leistung der Athleten zu erfassen (Buchheit et al., 2014).

Eine derart limitierende Regel existiert in der Leichtathletik nicht, jedoch wurde bislang noch kein funkbasiertes Trackingsystem zur leistungsdiagnostischen Analyse in Training und Wettkampf eingesetzt. Folglich war das Ziel des Projekts, die neuen technologischen Möglichkeiten der positionsdaten-basierten Analyse auf leistungsdiagnostische Fragestellungen in der Leichtathletik anzuwenden. In Kooperation mit dem Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen *IIS* sollte das funkbasierte Tracking- und Analysesystem *RedFIR* an eine leichtathletische Sprint- und Laufdiagnostik angepasst werden. Gegenstand des Forschungsprojekts war die Entwicklung eines feldtauglichen Analyse-Tools, das in der Praxis routinemäßig zur Sprint- und Laufdiagnostik eingesetzt werden kann.

Um das erklärte Projektziel zu verwirklichen, wurden im Vorfeld folgende Teilziele definiert:

- Algorithmik: Anpassung der Datenverarbeitung an die diagnostischen Fragestellungen
- Validierung: Sicherung der Genauigkeit der ermittelten Daten
- Praxistransfer: Praktische Anwendung in der Wettkampfdiagnostik.

2 Methodik

Für das erste Projektziel (Entwicklung der Algorithmik) wurden im LINK Test- und Anwendungszentrum des Fraunhofer IIS in Nürnberg Vorversuche durchgeführt, um eine Datenbasis für eine erste Entwicklung von Algorithmen zur Detektion von Bodenkontakten zu schaffen. Um die optimale Senderposition am Fuß herauszufinden, wurden für mehrere Sprints neun RedFIR Sender an drei Athleten (Spann, Knöchel, in der Schuhsohle, sowie am Rücken) angebracht. Als Referenzmesssysteme kamen das optoelektronische OptoGait (18 m) sowie ein LAVEG Lasermesssystem zum Einsatz.

Da die Vortests unter „Laborbedingungen“ in einer Testhalle auf engem Raum stattfanden, sollten die entwickelten Algorithmen in der zweiten Phase (Validierung) unter Wettkampfbedingungen in einem realistischen Setup getestet werden. Zu diesem Zweck wurde ein Testtag im Nürnberger Frankenstadion organisiert. 15 Nachwuchsprinter (m & w) absolvierten dabei jeweils 4 Sprints (2 x 50 m & 2 x 100 m). Die Sprinter trugen dabei jeweils 5 Sender (2 x Spann, 2 x Knöchel sowie einen Rückensender). Als Referenzsystem diente wie auch im Vortest ein OptoGait-System sowie ein LAVEG-Laser. Das OptoGait-System (50 m) wurde für die 50-m- Sprints zunächst auf den ersten 50 m der 100-m-Strecke installiert. Dadurch konnten Schrittlänge, Schrittdauer sowie Bodenkontaktzeit auf den erstem 50 m validiert werden. Für die 100 m Sprintdistanz wurde das OptoGait-System auf den letzten 50 m der Teststrecke installiert. Somit konnte gewährleistet werden, dass Referenzdaten der gesamten 100-m-Sprintstrecke zur Verfügung standen.

In der finalen Projektphase (Praxistransfer) wurden die in den Vortests entwickelten Testverfahren in einem Wettkampf-Setting angewendet. Zu diesem Zweck wurde ein weiterer Testtag im Nürnberger Frankenstadion organisiert. 15 Nachwuchsprinter (m & w) absolvierten dabei diverse Sprintdisziplinen (100 m, 200 m, 4 x 100 m Staffel). Die Sprinter trugen jeweils nur noch 3 Sender (2 x Knöchel sowie einen Rückensender).

3 Ergebnisse

3.1 Algorithmikentwicklung an Hand der Vortests

Anhand der durchgeführten Vortests konnte gezeigt werden, dass eine automatische Schritterkennung prinzipiell für jede Senderposition (auch im Schuh oder am Rücken) möglich ist. Die besten Ergebnisse lieferten jedoch Sender, die am Spann oder Knöchel angebracht wurden. Zur Anpassung des für den Fußball konzipierten RedFIR Systems mussten jedoch Änderungen in den Einstellungen des Kalman-Filters vorgenommen werden, um den zyklisch abrupten Fußbewegungen während eines Sprints Rechnung zu tragen. Es wurden mehrere Verfahren zur Erkennung von Bodenkontakten und der Bestimmung von sprintspezifischen Parametern entwickelt und getestet (Schrittlänge, Schrittdauer und Bodenkontaktzeit) sowie ein Verfahren zur Optimierung dieser Parameter durchlaufen, welches es ermöglicht, Fehler in den resultierenden Sprintparametern auf Basis der Referenzmessungen zu minimieren. Die Ergebnisse der Schrittlänge und Schrittdauer (root mean square error RMSE 3.77 %. bzw. 6.49 %.) zeigen die prinzipielle Anwendbarkeit für eine schrittgenaue Leistungsdiagnostik, wohingegen die Bestimmung der Bodenkontaktzeit (RMSE 11.49 %.) möglicherweise zu ungenau ist (Tab. 1).

3.2 Sprintspezifische Validierung

Nach Anwendung der im Vortest entwickelten Algorithmen auf die im Frankenstadion aufgenommenen Positionsdaten ergibt sich für die detektierten Schrittlängen ein mittlerer Fehler von 51.5 cm (siehe Tab. 2).

Filtert man diese Daten mit einem zusätzlichen Glättungsverfahren, lässt sich ein mittlerer Fehler von 6.3 cm erreichen. Somit ergibt sich für die Schrittlänge ein durchschnittlicher Fehler von 3.6 %.. Die mittlere Abweichung einer Schrittdauer beträgt 3.9 %.. Die Bodenkontaktzeit zeigt mit einer mittleren Abweichung von 9 %. jedoch nach wie vor die größte Abweichung im Vergleich zur Referenzmessung. Sowohl im Vortest als auch in der sprintspezifischen Validierung lässt sich darüber hinaus ein systematisches Fehlermuster der Schrittlängenmessung erkennen. So kommt es zu einem zyklischen Über- bzw. Unterschätzen der tatsächlichen Schrittlänge (siehe Abb. 1, rechts).

Tab. 1: Ergebnisse der Genauigkeitsmessung aus den Vortests: Abweichung vom „Gold Standard" (150 ausgewertete Schritte des Vortests)

	Schrittdauer (s)			Schrittlänge (cm)			Bodenkontaktzeit (s)		
Anzahl Schritte	**Mean (s)**	**SD**	**RMSE**	**Mean (cm)**	**SD**	**RMSE**	**Mean (s)**	**SD**	**RMSE**
150	0.00005	0.017	0.017	-0.607	5.79	5.82	-0.0087	0.017	0.019
Normiert an mittlerer Schrittdauer	0.02 %.	6.49 %.	6.49 %.	-0.39 %.	3.76 %.	3.77 %.	-5.16 %.	10.29 %.	11.49 %.

Tab. 2: Ergebnisse der Genauigkeitsmessung im Frankenstadion: Abweichung vom „Gold Standard"

	Absolut		Relativ		
Parameter	**Raw**	**Filtered**	**Raw**	**Filtered**	**Verbesserung**
Schrittdauer (s)	0.019	0.01	7.80 %.	3.90 %.	50 %.
Bodenkontaktzeit (s)	0.049	0.012	36.40 %.	9.00 %.	75 %.
Schrittlänge (cm)	51.5	6.3	29.20 %.	3.60 %.	88 %.

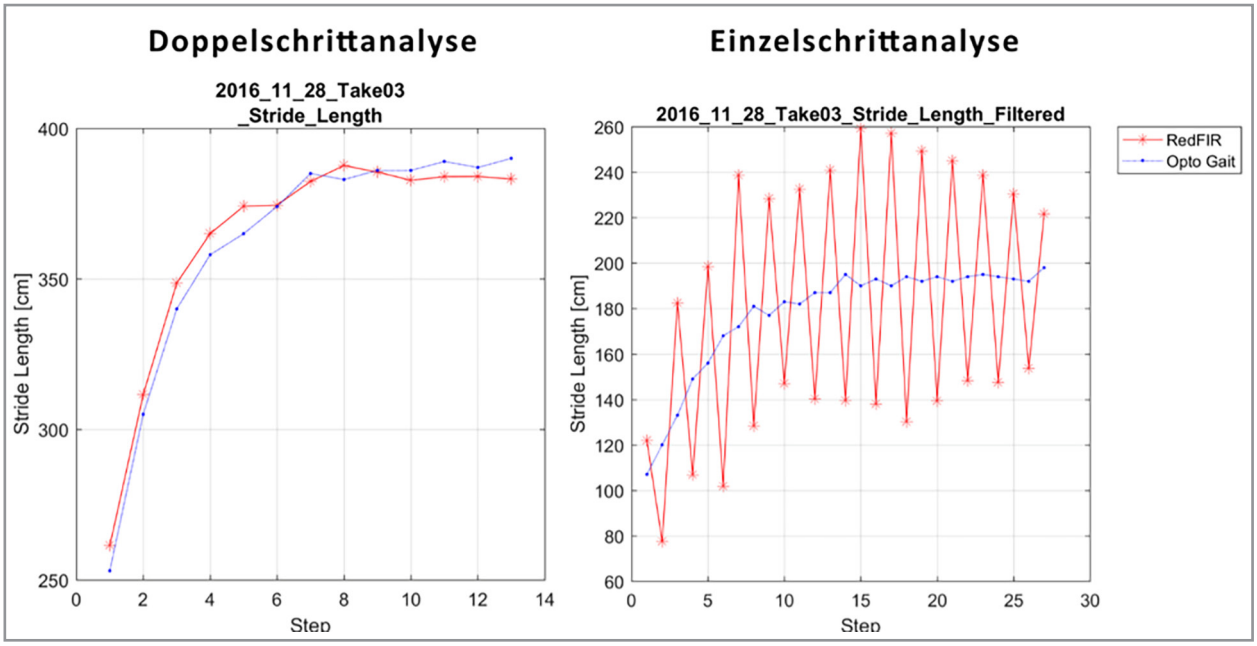


Abb. 1: Schrittlängenvergleich: Genauigkeit der Doppelschrittanalyse im Vergleich zur Einzelschrittanalyse

Grund für dieses Fehlerbild scheint ein systematischer „Offset" der jeweiligen Sender am linken bzw. rechten Fuß zu sein. Angenommen, die relative Position beider Sender stimmt nicht exakt überein, so würde man erwarten, dass die resultierende Schrittlänge (Ergebnis der Distanzrechnung beider Senderpositionen relativ zu einander) im Wechsel unter- bzw. überschätzt wird. Diese Vermutung wird durch eine Vergleichsanalyse von Doppelschritten bestätigt (siehe Abb. 1, links). In diesem Fall wird nur die Doppelschrittlänge (resultierend aus der Position eines Senders) mit der Referenzmessung verglichen. Es ist deutlich erkennbar, dass das zyklische Fehlermuster damit behoben werden kann. Der resultierende Fehler fällt dementsprechend deutlich geringer aus (5.8 cm (Doppelschrittanalyse) vs. 51.5 cm (Einzelschrittanalyse).

3.3 Praktisches Anwendungsbeispiel aus der Wettkampfdiagnostik

In Abb. 2 ist ein exemplarischer Verlauf der sprintspezifischen Leistungsparameter eines 100-m-Sprints dargestellt. Deutlich erkennbar ist eine kontinuierliche Zunahme der Schrittlänge über den Sprintverlauf. Schrittzeit und Schrittlänge hingegen nehmen in der Start- und Endphase deutlich zu. An Hand dieser Erkenntnisse ist es u. a. möglich, Sprinterprofile zu erstellen, indem man die Leistung (100 m Zeit) mit den resultierenden Parametern in Verbindung setzt.

4 Diskussion

Die erzielten Ergebnisse bestätigten das Potential der positionsdaten-basierten Leistungsdiagnostik in der Leichtathletik. So ist die entwickelte Algorithmik in der Lage, die Schrittlänge eines Athleten an Hand der Positionsdaten auf den Zentimeter genau zu bestimmen, eine Analyse, die bis dato ausschließlich unter Laborbedingungen und mit aufwändiger Diagnostik zu bewerkstelligen war. Der innovative Ansatz, laufdiagnostische Parameter lediglich an Hand von Positionsdaten zu bestimmen, zahlte sich in der Detektion der Schrittlänge somit aus. Damit konnte gezeigt werden, dass die Technologie der Positionserfassung mittlerweile ausreichend Genauigkeit und Abtastrate bietet, um derart komplexe Bewegungsmuster reliabel abzubilden (Seidl, Linke, & Lames, 2017). An seine Grenzen stößt der rein positionsdaten-basierte Ansatz hingegen bei der Detektion der Bodenkontaktzeit. Dieser nicht zu vernachlässigende Leistungsindikator wurde in vergangenen Studien meist durch Beschleunigungsmesser, sog. Inertialsensoren, erfolgreich detektiert (Schmidt et al., 2016). Unsere Ergebnisse führten jedoch zu der Erkenntnis, dass die Bodenkontaktzeit an Hand von Positionsdaten nicht mit zufrieden-

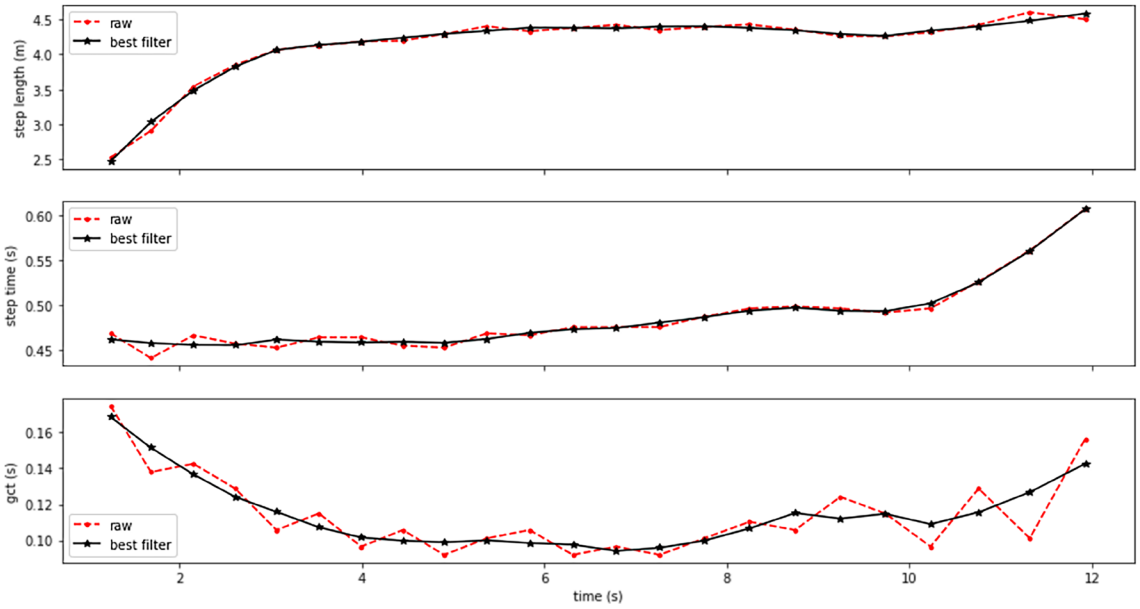


Abb. 2: Exemplarischer Verlauf eines 100m Sprints. Schrittlänge (oben), Schrittzeit (Mitte) und Bodenkontaktzeit (unten).

stellender Genauigkeit bestimmt werden kann. Die ideale Lösung verspricht deshalb eine Synergie aus Inertialsensorik (für die Bestimmung der Bodenkontaktzeit) und Positionsdaten (Bestimmung der Schrittlänge). Darüber hinaus ist die verwendete RedFIR-Technologie derzeit nicht für den mobilen Einsatz vorgesehen, äußerst kostspielig in der Anschaffung und nur von geschulten Experten bedienbar. Zentrales Ziel anschließender Forschungsarbeiten sollte deshalb die Etablierung einer kostengünstigen Lösung für eine Vielzahl an leichtathletischen Disziplinen sein, um zu gewährleisten, dass die entwickelten Verfahren und Algorithmen perspektivisch einer möglichst großen Zahl an potentiellen Nutzern verfügbar gemacht werden können. Es ist zweifelsohne davon auszugehen, dass die erforderliche Technologie im Laufe der Jahre immer kostengünstiger und präziser wird, wodurch Anschaffung und Einsatz realistischer werden. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, die erforderlichen Algorithmen in enger Absprache mit der Praxis zu erweitern und zu validieren. Bei einem erfolgreichen Projektverlauf ist ein Betreuungsprojekt zur Trainingsdiagnostik mit dem Ziel der Unterstützung bei nationalen oder internationalen Wettkämpfen angestrebt.

5 Literatur

Buchheit, M., Allen, A., Poon, T. K., Modonutti, M., Gregson, W., & Di Salvo, V. (2014). Integrating different tracking systems in football: multiple camera semi-automatic system, local position measurement and GPS technologies. *Journal of sports sciences, 32* (20), 1844-1857. doi:10.1080/02640414.2014.942687

Paul, D. J., Bradley, P. S., & Nassis, G. P. (2015). Factors affecting match running performance of elite soccer players: shedding some light on the complexity. *International journal of sports physiology and performance, 10* (4), 516-519. doi:10.1123/IJSPP.2015-0029

Schmidt, M., Rheinländer, C., Nolte, K. F., Wille, S., Wehn, N., & Jaitner, T. (2016). IMU-based determination of stance duration during sprinting. *Procedia engineering, 147*, 747-752.

5.1. Projektbezogene Veröffentlichungen

Seidl, T., Linke, D., & Lames, M. (2017). Estimation and validation of spatio-temporal parameters for sprint running using a radio-based tracking system. *Journal of biomechanics, 65*, 89-95.

Veränderung von Sequencing und Timing der 1-1-Skating-/Doppelstockschubtechnik in Endspurtsituationen – Ableitung für die Individualisierung der Technik und die Entwicklung von Leistungsvoraussetzungen

(AZ 071504/16-17)

Hans-Peter Köhler[1], Alexandra Eberhardt[1], Julia Schmidt[2], Felix Quaas[2], Hans-Jürgen Dobner[2] & Maren Witt[1] (Projektleitung)

[1]Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, Abteilung Biomechanik
[2]Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig, Fakultät Informatik, Mathematik und Naturwissenschaft

1 Problemstellung

Die Wettkampfstruktur in den nordischen Skidisziplinen ist durch eine kontinuierliche Verdichtung gekennzeichnet. Damit einher geht eine kontinuierliche Entwicklung der Laufgeschwindigkeiten (Wick, 2013). Für die Maximierung der Geschwindigkeit, sowohl im Mittel als auch in Phasen von Zwischen- oder Endspurts, bekommen die Ökonomisierung der Technik und die effektive Ausnutzung der bestehenden konditionellen Ressourcen eine immer stärkere Bedeutung (Ettema et al., 2013).

Die Veränderung der Technik unter sich verändernden Bedingungen von Geschwindigkeitserhöhung und unter ermüdeten Bedingungen waren nur selten Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen. Daher ist es von vorrangiger Bedeutung, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mit dem diese Veränderungen erfasst und die zugrundeliegenden Regulationsmechanismen verstanden werden können.

2 Untersuchungsmethode

Insgesamt wurden drei Untersuchungen sowie eine Evaluierungsuntersuchung zur Überprüfung des Messsystems durchgeführt. Es kam ein Inertialmessanzug der Fa. Xsens (Enschede, Niederlande) bestehend aus 17 Inertialsensoren (±50 ms-2, ±1200 °/s) zum Einsatz. Die Überprüfung der Messtechnik ergab gute bis sehr gute Übereinstimmungen bei einem Vergleich zu einem opto-elektronischen System (ICC: .65 - .97, CMC: .82-.98).

An den Untersuchungen nahmen 13 Sportlerinnen und Sportler (6 w, 7 m) der Lehrgangsgruppe IIa des Deutschen Skiverbandes teil. Die Probanden waren im Mittel 18,1 ± 0,6 Jahre alt bei einer Körpergröße von 1,75 ± 0,08 m. Sie absolvierten eine 100-m-Strecke in der 1-1 Skatingtechnik unter unterschiedlichen Frequenzbedingungen (50 min $^{-1}$,60 min $^{-1}$,70 min $^{-1}$, v_{max}). Der Inertialmessanzug wurde nach den Angaben des Herstellers angelegt und kalibriert. Dieser erfasste und speicherte die gemessenen Beschleunigungs- und Winkelgeschwindigkeitssignale und berechnete zusätzlich aus den vorhandenen Informationen über die Positionierung, Segmentparameter und die Messdaten die Gelenkwinkel für die großen Gelenke. Die weitere Verarbeitung dieser Daten erfolgte in R-Statistics 3.3.1 und R-Studio 1.0.136. In Kooperation mit der HTWK-Leipzig wurde hier eine Auswertroutine entwickelt, die nach den Ergebnissen von Polenz (2013) und in Übereinstimmung mit Lindinger (2006) folgende Ereignisse aus den Signalen extrahierte:

- Stock ein (auf r)/ Stock ein (auf l)
- Stock aus (auf r)/ Stock aus (auf l)
- Beginn Gleitbeinextension (GBE)
- Beginn Beinabstoßflexion (BAF, entspricht dem Zeitpunkt Ende GBE)
- Beginn Beinabstoßextension (BAE, entspricht dem Zeitpunkt Ende BAF)
- Ende Beinabstoßextension.

Auf Basis dieser Daten und Zeitpunkte konnten die Phasenlängen der folgenden Phasen ermittelt werden:

- Doppelstockschub (DSS = Zeitpunkt Stock aus – Zeitpunkt Stock ein)
- Gleitbeinextension (GBE = Zeitpunkt Ende GBE – Zeitpunkt Beginn GBE)
- Beinabstoßflexion (BAF = Zeitpunkt Ende BAF – Zeitpunkt Beginn BAF)
- Beinabstoßextension (BAE = Zeitpunkt Ende BAE – Zeitpunkt Beginn BAE).

Es erfolgte eine statistische Überprüfung der Daten im Hinblick auf den Einfluss der Geschwindigkeit in den unterschiedlichen Stufen (ANOVA mit Messwiederholung), sowie die Unterschiedsprüfung unter den Bedingungen der Ermüdung (t-Test) mit Bonferroni-Korrektur.

3 Ergebnisse

Die Geschwindigkeit der Sportler nahm über die unterschiedlichen Frequenzstufen kontinuierlich zu (50 min^{-1}: 4,29±0,42 ms^{-1},60 min^{-1} 5,08±0,45 ms^{-1},70 min^{-1}: 5,6±0,57 ms^{-1}, v_{max}: 7,63±0,62 ms^{-1}). In den Untersuchungen zeigte sich ein hoher, signifikanter linearer Zusammenhang zwischen der Zyklusfrequenz und der Vortriebsgeschwindigkeit (Abb. 1, $r = .872$, $p < .001$).

Es zeigt sich mit einer Veränderung der Frequenz und der damit einhergehenden Erhöhung der Geschwindigkeit, dass sich auch die Anteiligkeiten der unterschiedlichen Phasen verändern (Abb. 2). Während für die Phase des Doppelstockschubes nur geringfüge Veränderungen mit zunehmender Geschwindigkeit zu verzeichnen sind, zeigt sich vor allem für die Arbeit der Beine eine deutliche Veränderung. Während sich die Gleitbeinextension (GBE) auf beiden Seiten mit zunehmender Geschwindigkeit deutlich verkürzt, kommt es zu einer Verlän-

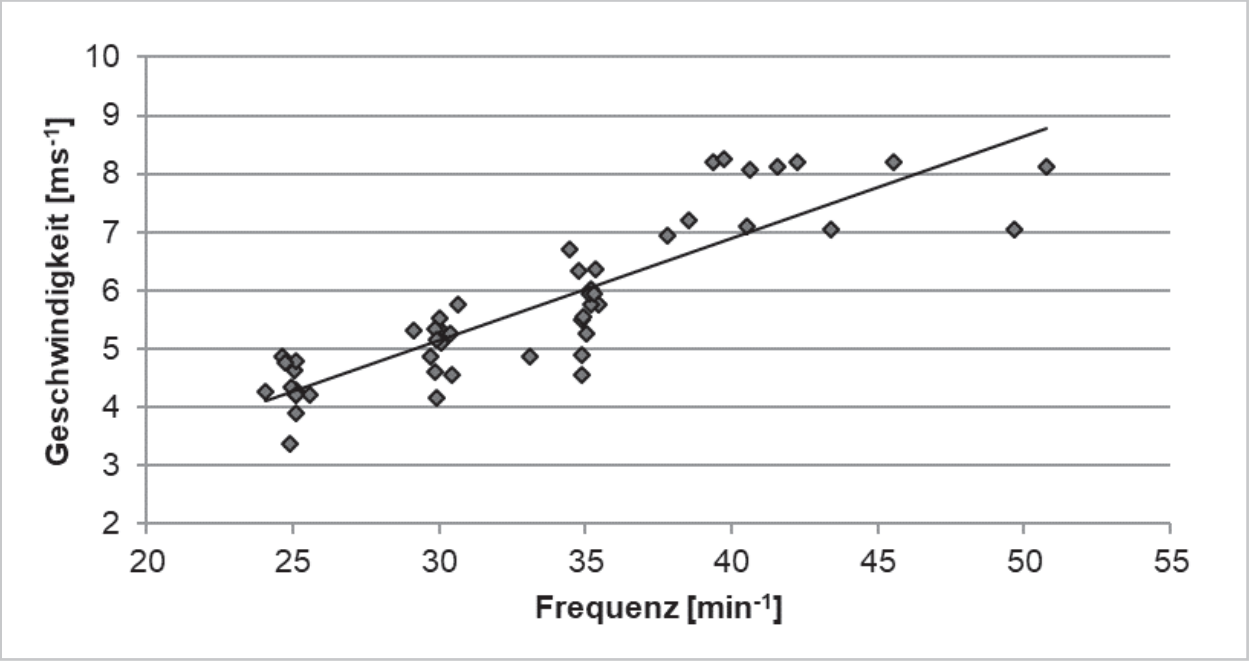


Abb. 1: Darstellung des Zusammenhangs von Frequenz und Geschwindigkeit ($r = .872$; $p < .001$).

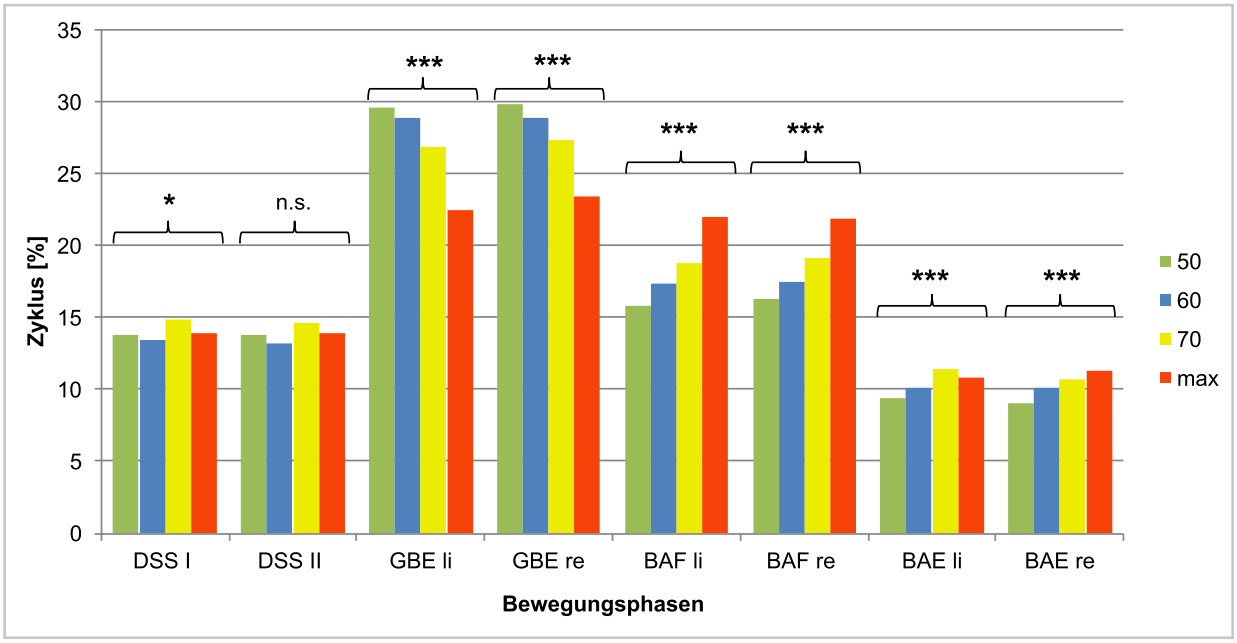


*Abb. 2: Veränderung des Timings der unterschiedlichen Bewegungsphasen relativ zur Zykluslänge über die Entwicklung der verschiedenen Frequenzen. Über den jeweiligen Balken der unterschiedlichen Phasen ist das Ergebnissen der ANOVA angegeben mit: n.s = nicht signifikant; * p < .05, ** p < .01, ** p < .001.*

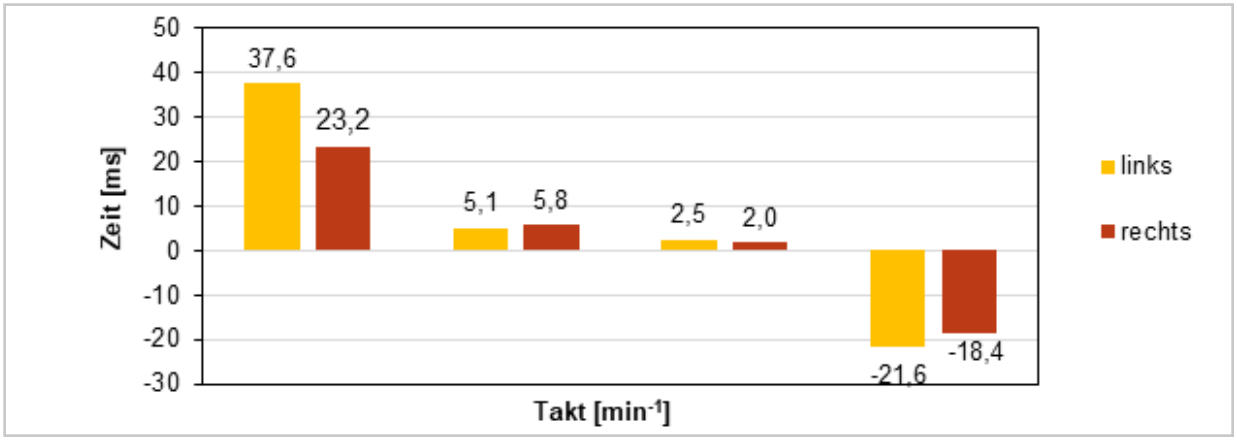


Abb. 3. Stellung der Hauptantriebsphasen von Armen und Beinen (DSS & BAE) zueinander. Positive Werte bedeuten eine zeitliche Überlappung während negative Werte auf eine Pause zwischen den beiden Antriebsphasen hindeuten.

gerung der unmittelbaren Vorbereitungsphase (BAF) und der Hauptantriebsphase der Beine (BAE). Weiterhin verändert sich die Lage der Hauptantriebsphasen von Beinen und Armen zueinander (Abb. 3). Während in der niedrigsten Stufe noch eine Überlappung der Antriebsphasen vorherrscht, wird diese mit steigender Frequenz bzw. Geschwindigkeit abgebaut, bis in der höchsten Geschwindigkeitsstufe eine kleine Pause zwischen beiden Antriebsphasen sichtbar wird.

4 Diskussion

Der Zusammenhang von Frequenz und Geschwindigkeit entspricht den Erwartungen und den Erkenntnissen aus bereits voran gegangenen Untersuchungen (Leirdal, Sandbakk, & Ettema, 2013) und stimmt auch mit den Feststellungen anderer zyklischen Sportarten überein (Witt, 2008). Unter dem Aspekt der Frequenz- und Geschwindigkeitssteigerung ergeben sich in der technischen Ausführung

Veränderungen, die zu einer Optimierung der Antriebssituation führen. Durch die Verlängerung der Beinabstoßflexion und Beinabstoßextension und einer damit verbundenen Verkürzung der Gleitbeinextension kommt es zu einer relativen Verlängerung der vortriebswirksamen Phase bzw. der dazu nötigen Vorbereitungsphase. Die relative Länge der Antriebsphase der Arme bleibt dabei relativ gleich. Zusätzlich dazu verändert sich das Zusammenspiel der beiden Antriebsphasen mit der Folge einer Änderung im Sequencing. Die Verlängerung der Antriebsphasen, verbunden mit dem veränderten Zusammenspiel dieser stellt aus unserer Sicht eine Effektivierung der Antriebsgestaltung dar und wurde so auch bereits in der verwandten 1-2 Technik beobachtet (Hermann & Clauß, 1997). Es kommt insgesamt somit zu einer Maximierung der vortriebswirksamen Zeit innerhalb des Einzelzyklus, wodurch innerzyklische Geschwindigkeitsschwankungen minimiert werden können. Diese Veränderungen der innerzyklischen Antriebsgestaltung führen auch aus Sicht der konditionellen Voraussetzungen zu veränderten Anforderungen. Durch die Verlängerung der Antriebszeit verbunden mit der Verkürzung der innerzyklischen Pause für die untere Extremität wird ist mit dem Anstieg der Geschwindigkeit eine Verkürzung der Erholungsphase zu beobachten. Dadurch steigt nicht nur die Beanspruchung in der Vortriebsgestaltung, da der Vortrieb in kürzerer Zeit realisiert werden muss (absolut gesehen), sondern es steigen insgesamt die Anforderungen an die Kraftausdauerleistung, da die Sportlerinnen und Sportler auch mit verkürzten Erholungszeiten diese Kraftanforderungen über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten müssen.

5 Literatur

Ettema, G., Grasaas, C. Å., Grasaas, E., Sandbakk, Ø. (2013). Changes in technique after high-intensity exercise during roller ski skating [elektronische Version]. In *Abstract Book of the 6th International Congress on Science and Skiing*. December 14-19, 2013 (S.85). St. Christoph am Arlberg/Austria.

Hermann, H., & Clauß, M. (1997). *Biomechanische Untersuchungen zum Realisierungsstand des Zweitakters mit Führungsarm (Skating 1-2) am Anstieg durch Weltspitzenathleten/-innen im Biathlon*. Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge, Heft 2.

Lindinger, S. (2006). *Biomechanische Analysen von Skatingtechniken im Skilanglauf*. Aachen: Meyer & Meyer.

Leirdal, S., Sandbakk, O., & Ettema, G. (2013). Effects of frequency on gross efficiency and performance in roller ski skating. *Scandinavian journal of medicine and science in sports, 23* (3), 295-302. https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01379.x

Polenz, C. (2013). *Eine explorative Untersuchung zur Bestimmung des Potentials von Inertialsensoren für eine qualitative Bewegungsanalyse im Skilanglauf – Grundlage für eine sensorbasierte Messplatzentwicklung*. Masterarbeit: Universität Leipzig.

Wick, J. (2013). Aktuelle Entwicklungstendenzen in den Ausdauersportarten im Olympiazyklus 2008 bis 2012. *Leistungssport, 43* (1), 36-39.

Witt, M. (2008). *Antriebsgestaltung bei zyklischen Bewegungen: Unter besonderer Beachtung der oberen Extremitäten*. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.

Verbesserung der akustischen Eigenschaften von Sporthallenböden

(AZ 081401/16-17)
Philip Leistner (Projektleitung)
Universität Stuttgart, Institut für Akustik und Bauphysik

1 Problem

Die Nutzung der deutschlandweit mehr als 30000 Sporthallen reicht vom Spitzensport über den Vereins-, Breiten- und Gesundheitssport und Schulunterricht bis hin zu nicht sportbezogenen Veranstaltungen. Viele Menschen betreiben in den Hallen viele unterschiedliche Sportarten, sodass bei der Gestaltung der Hallen hohe und vor allem nutzungsspezifische Anforderungen zu berücksichtigen sind. Die Qualität der Umsetzung beeinflusst direkt die Qualität der Sportentwicklung. Ein spürbarer Aspekt dieser Qualität betrifft die akustischen Eigenschaften in den Hallen.

Leider ergeben Berichte von Sportlehrkräften aber auch von Besuchern von Sportveranstaltungen, dass der als ohrenbetäubend beschriebene Lärm in Hallen oft das erträgliche Maß übersteigt. Die Studie „Lauter Sport in leisen Hallen“, durchgeführt vom Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP), belegt mit Messergebnissen erhebliche schalltechnische Defizite bei der Ausführung von Sporthallen im Bestand. Dass dabei oftmals nicht einmal der normgerechte Mindestschallschutz eigehalten wird, begründet die vielerorts große Unzufriedenheit mit den akustischen Bedingungen in Sport- und Mehrzweckhallen. Dabei gibt es neben organisatorischen und pädagogischen Maßnahmen eine Reihe von technischen und baulichen Ansatzpunkten zur Reduzierung der Schallpegel und zur Erhöhung der Sprachverständlichkeit. Gute Beispiele zeigen, dass Nutzer diese positiven Auswirkungen spüren und honorieren. Allerdings setzen diese Maßnahmen eine sorgfältige Planung voraus. Nachbesserungen kommen oft einer kompletten Sanierung gleich und sind in der Regel unwirtschaftlich. Angesichts der Nutzungsdauer von durchschnittlich ca. 50 Jahren müssen Generationen von Sportlern und Lehrkräften eine schlechte Akustik ertragen.

Eine Komponente der akustischen Planung entzieht sich bislang einer zielgerichteten Umsetzung: Die Sporthallenböden. Die Gründe liegen im fehlenden Wissen um deren akustisches Verhalten der auch sportfunktional komplexen Systeme. Nach DIN V 18032-2 wird eine „geringe Entwicklung und Ausbreitung des Schalls“ durch den Sporthallenboden gefordert. Ohne weitere Spezifizierung bleibt diese Forderung jedoch bislang unbetrachtet und unerforscht.

Aus der Differenz von Wissensbedarf und bereits vorhandenen Kenntnissen resultieren die Forschungsziele. An erster Stelle steht die messtechnische akustische Charakterisierung (Methodik aus Anregung, Messumgebung, Aus- und Bewertung) einer praktisch repräsentativen Auswahl von Sporthallenböden einschließlich Belägen. Sie muss sinnvollen Ansprüchen an Präzision, Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit genügen. Eng damit verbunden ist die Analyse der akustisch relevanten konstruktiven Einflussparameter und Gestaltungsmöglichkeiten unter Berücksichtigung der sonstigen normativen sport- und schutzfunktionalen Anforderungen an die Sporthallenböden. Schließlich sind praktikable Mess- und Anforderungsgrößen für die Anwendung im Labor (Forschung und Entwicklung, Qualitätssicherung und Zertifizierung) und vor Ort (Planung, bauliche Umsetzung und Überwachung) erforderlich.

2 Methode

Im Gesamtsystem Sporthallen sind die Böden akustisch auf mehrfache Weise wirksam. Im Vordergrund steht sicher der erhebliche Anteil an der Geräuschentstehung sowohl beim Sprin-

gen und Laufen als auch bei Ballsportarten. Der Hallenboden wird meist impulsartig zu Schwingungen angeregt und die aus sport-physiologischen Gründen beabsichtigte Elastizität bzw. Schwingfähigkeit der Sportböden macht sie akustisch zu einer Art Resonanzboden, der sich besonders leicht zur Schallabstrahlung anregen lässt. Die hohen und breitbandigen Pegel erreichen Werte im Bereich von 80 dB(A), wobei die Spitzenwerte noch deutlich darüber liegen.

Zur messtechnischen Untersuchung der Geräusche, die bei Verwendung von Bällen entstehen, wurde bereits in der Studie des Fraunhofer-Instituts untersucht, wie ein stabiles und reproduzierbares Verfahren konzipiert werden könnte. Dazu gehört eine entsprechende, möglichst genormte Quelle, eine Prozedur zu deren Verwendung sowie die eigentliche Messgröße. Natürlich soll das Verfahren auch vor Ort praktikabel sein. Aus diesen Erwägungen heraus fiel die Wahl auf den so genannten „Japanischen Gummiball“ bekannt aus DIN 10140-5 [9] Anhang F.2 als schwere/weiche Trittschallquelle. Im Vergleich zu sportlich genutzten Bällen (Basketball, Fußball, u. a.) zeichnet er sich durch ein besonders geringes Eigengeräusch aus. Beim Anregungsvorgang trifft der Ball aus einer Fallhöhe von 100 cm auf den Boden, um so (ursprünglich für Wohngebäude gedacht) die Erzeugung von Gehgeräuschen oder Trittschall zu simulieren. In Sporthallen ermöglicht diese Methode hingegen die genormte Simulation von Lauf-, Spring- und insbesondere von Prallgeräuschen, so dass die akustische Reaktion von Böden oder Wänden beschrieben bzw. verglichen werden kann. Bild 2.1 zeigt skizzenhaft den Aufbau der Messung, wobei der Boden mit dem Ball bei einer (Prell-) Frequenz von ca. 1 bis 2 Hz angeregt wird.

Die Auswahl der Böden und Bodenbeläge orientierte sich an der Aufgabenstellung sowie an der Abstimmung mit dem Auftraggeber. Die Beschreibung, den schematischen Aufbau und fotographische Aufnahmen während der Untersuchungen enthält Tabelle 2.1. Die Böden wurden für die Versuche in den Messräumen durch eine Fachfirma montiert.

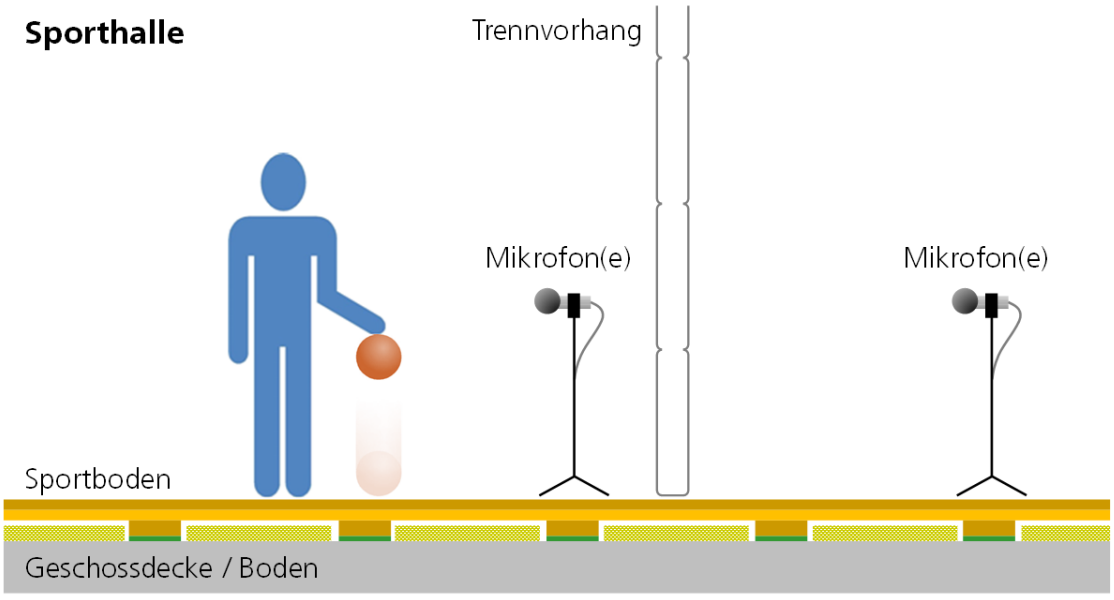
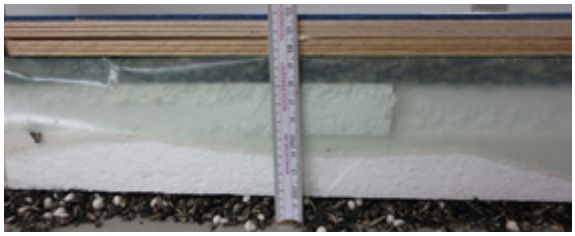
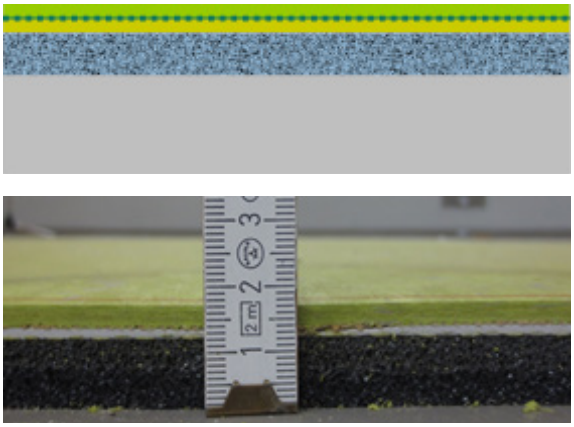


Bild 2.1: Situation in Sporthallen bei Anregung des Sportbodens z. B. mittels Ballprellen

Tab. 2.1: Aufbau und Beschreibung der untersuchten Sportböden

Nr.	Aufbau und Beschreibung
1	**Flächenelastischer Boden auf elastischer Konstruktion**   Oberbelag 4 mm Linoleum Lastverteilende Platte 12 mm Sperrholz Folie (0,1 mm PE-Folie) Elastische Konstruktion aus 3 Federbrettlagen (je 18,5 mm dick und 70 mm breit), Abstand in Längsrichtung 50 mm und in Querrichtung ca. 430 mm Punktlager (L x B x H) 100 x 100 x 60 mm, Massivholz Elastische Unterlagen (L x B x H) 100 x 100 x 10 mm, Verbundschaum Die Hohlräume der Bodenkonstruktion sind mit Mineralwolle ausgefüllt Stahlbetonboden
2	**Flächenelastischer Boden auf elastischer Schicht**   Oberbelag 4 mm Linoleum Lastverteilende Platte 2 x 9 mm Sperrholz verklebt Folie (0,1 mm PE-Folie) Elastische Schicht 20 mm PU-Verbundschaum (profiliert) Wärmedämmung 2 Lagen expandierter Polystyrolschaum (EPS), verschiedene Dicken und Druckfestigkeiten Ausgleichsschüttung 10 - 20 mm (Hanfspäne, Schaumglasgranulat, bitumengebunden) Stahlbetonboden
3	**Kombielastischer Boden auf elastischer Konstruktion**  Oberbelag 2 mm PU-Beschichtung auf 3 mm Verbundschaum (elastische Schicht) sonst wie **Boden 1**
4	**Kombielastischer Boden auf elastischer Schicht**  Oberbelag 2 mm PU-Beschichtung auf 3 mm Verbundschaum (elastische Schicht) sonst wie **Boden 2**

5 **Mischelastischer Boden**



Bei der Auswahl der Anregungsquellen wurden mehrere Aspekte berücksichtigt. So ist das Prellen von Basketbällen als eine in der Praxis recht lautstarke Geräuschquelle bekannt und nachvollziehbar. Der verwendete Basketball der Größe 7 entspricht den FIBA Richtlinien und wird auch zur Bestimmung der Ballreflexionseigenschaften von Sportböden nach DIN EN 12235 verwendet. Der nach DIN EN ISO 10140-5 genormte und daher in ihren akustischen Merkmalen sehr stabile „Japanische Gummiball“ besteht aus einer Hohlkugel mit einem Durchmesser von 180 mm und einem Gewicht von 2,5 kg. Er hat also etwa den Umfang eines Handballs und ist noch deutlich schwerer als ein Basketball. Beide Bälle sind in Bild 2.2 abgebildet.

Nach diversen Vorbetrachtungen und Voruntersuchungen wurden die Messungen geplant und strukturiert. Für die Realisierung des Auftreffens der Bälle auf den und des Zurückspringens vom Sporthallenboden wurden sie aus einer bestimmten Höhe fallen gelassen und nach dem ersten Auftreffen auf dem Sportboden wieder aufgefangen. Es handelte sich also um Einzelereignisse, die jedoch mehrfach wiederholt wurden. Dabei wurde von jedem der Bodensysteme aus Tabelle 2.1 jeweils die Schallabsorption sowie die Luft-Schallabstrahlung im Hallraum und die Körper-Schallausbreitung entlang der Bodenstruktur im reflexionsarmen Halbraum gemessen.



Bild 2.2: Zur Anregung verwendete Bälle: Basketball und „Japanischer Gummiball“.

3 Messergebnisse

3.1 Schallabsorption

Die beruhigende Wirkung von Schallabsorbern im Raum bedeutet eine kurze Nachhallzeit eine erhöhte Sprachverständlichkeit. Es werden also Gespräche, Anweisungen sowie Ansagen von Sprechern über Lautsprecher besser verstanden. Von Sportböden sind sicher keine hohen Werte des Schallabsorptionsgrades α zu erwarten. Angesichts der Geräuschkulisse in Sporthallen und der Möglichkeit, mit schallabsorbierenden Flächen zu einer gewissen Verringerung der Geräuschausbreitung im Raum beizutragen, ist aber buchstäblich jeder Quadratmeter willkommen, der zur Reduktion der Nachhallzeit beiträgt.

Auffällig ist Boden 5, der bei 800 und 1.000 Hz erhöhte Werte aufweist. Diese sind für die raumakustische Praxis sicher nicht gewinnbringend, deuten aber auf ein besonderes (Resonanz-) Verhalten der Konstruktion hin.

3.2 Schallabstrahlung

In Bild 3.2 ist der gemessene maximale Schalldruckpegel der fünf untersuchten Böden im Hallraum beim Aufprall des Japanischen Gummiballs dargestellt. Zu den frequenzabhängigen Kurven im Diagramm werden jeweils die Summenpegel rechts neben der Legende angegeben. Bei der Interpretation fällt zunächst der vergleichbare Verlauf der Böden 1 und 3 sowie der Böden 2 und 4 auf. In gewissen Grenzen zeigt sich dies auch anhand der Summenpegel,

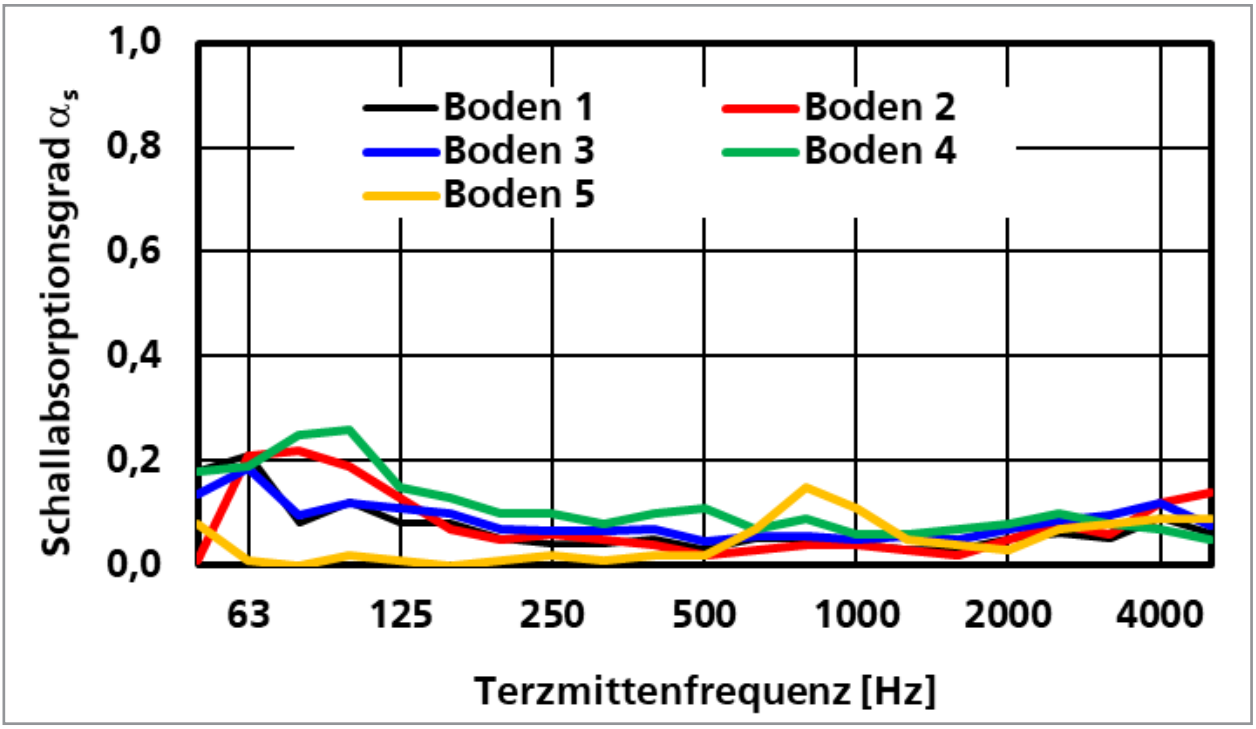


Bild 3.1: Messergebnisse des Schallabsorptionsgrades bei diffusem Schalleinfall mit den Sportböden nach Tab. 5.1.

Die Böden 2 und 4 erreichen im Frequenzbereich zwischen 63 und 125 Hz Werte von ca. 0,2 und damit eine Größenordnung, die jedenfalls bei der raumakustischen Planung und Behandlung relevant sind. Andere Böden bleiben darunter und überschreiten bei höheren Frequenzen kaum Werte von 0,1.

die zwischen ca. 75 und 80 dB(A) liegen, sich also immerhin um 5 dB unterscheiden. Diese Unterschiede sind hörbar und im Allgemeinen unter dem Aspekt einer Geräuschminimierung als relevant einzustufen. Boden 5 weicht insbesondere bei tiefen Frequenzen bis etwa 125 Hz und im mittleren Frequenzverlauf um ca. 1000 Hz deutlich von den übrigen Böden ab.

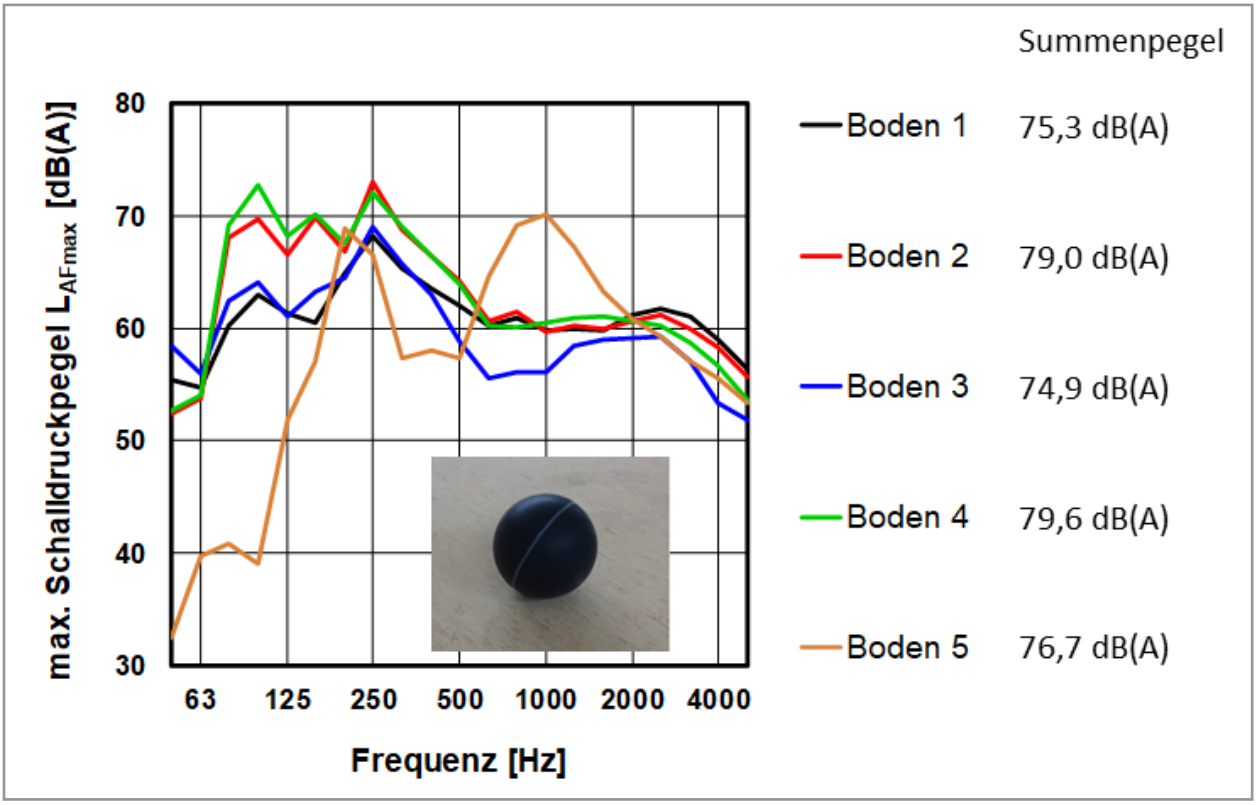


Bild 3.2: Messergebnisse der Schallabstrahlung der 5 untersuchten Böden bei Anregung mit dem Japanischen Gummiball.

3.3 Körperschallübertragung

Im Folgenden geht es um die Übertragung von Körperschall im Sportboden, angeregt unter anderem von einem aufprallenden Ball. Dieser Körperschall kann sich im Boden unter einem Trennvorhang in benachbarte Hallenteile ausbreiten und dort wieder abgestrahlt werden. Dies schränkt das Schallschutzpotential der Trennvorhänge ein. Zur Messung wird die Schallschnelle bzw. die Schwinggeschwindigkeit der Oberfläche des Sportbodens erfasst. Sie zeigt, wie sich Schwingungen ausbreiten und an entfernteren Stellen wieder vom Boden als (Luft-) Schall abgestrahlt werden. Die Relation von Schallschnelle einer Oberfläche mit dem von ihr abgestrahlten Schalldruck stellt der so genannte Abstrahlgrad her. Er hängt – allgemein ausgedrückt – von der Beschaffenheit der Oberfläche bzw. der Struktur ab.

Die Köperschallmessungen wurden auf einem 10 m langen und 1 m breiten Sportbodenabschnitt im ungestörten Schallfeld eines reflexionsarmen Halbraumes durchgeführt. Angeregt wurde wie bei der Luftschallmessung jeweils mit dem aufprallenden Basketball und Japanischen Gummiball. Gemessen wurde das Körperschallschnelle-Maximum in 1 m Schritten von der Anregestelle. In Bild 3.3 ist für die beiden Anregungen jeweils der Verlauf des Summenpegels entlang der Messstrecke für drei spezifische Bodentypen dargestellt. Wie bei den Luftschallmessungen liefern die Bodentypen 1 und 3 sowie 2 und 4 vergleichbare Ergebnisse.

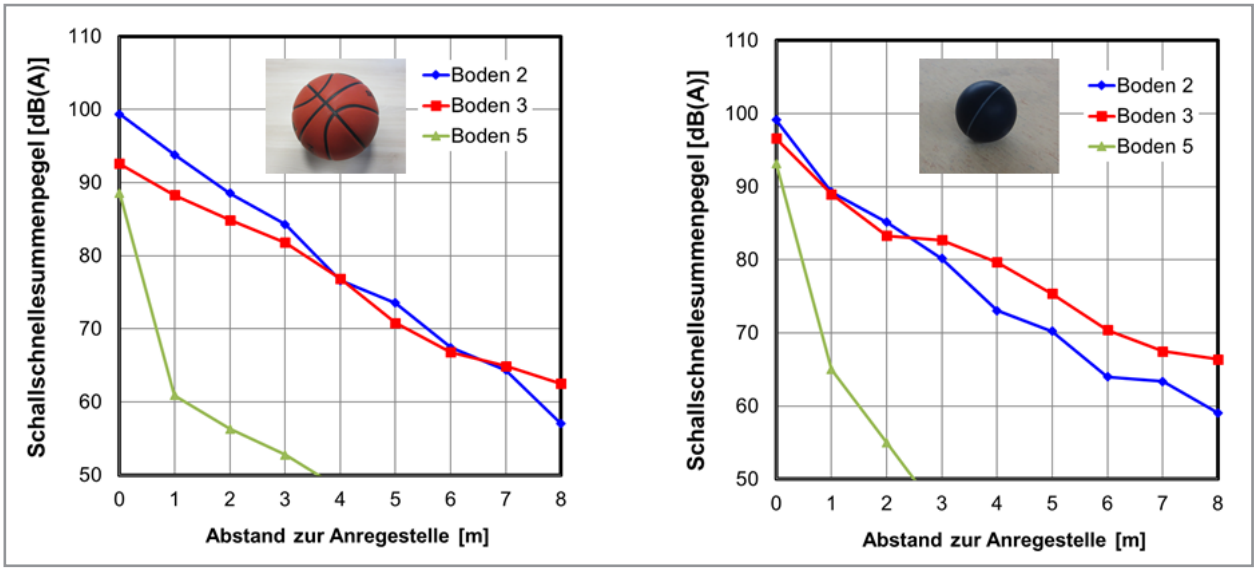


Bild 3.3 Messergebnisse zur entfernungsabhängigen (Körperschall-) Summenpegel mit den Böden 2, 3 und 5 angeregt mit Basketball (links) und Japanischen Gummiball (rechts).

Zunächst fällt in Bild 3.3 auf, dass Bodentyp 5 nur hohe Köperschallpegel im Bereich der Anregeposition hat. Bereits in 1 m Abstand fällt der Schnellepegel um ca. 30 dB ab und trägt damit nicht mehr wesentlich zur Schallabstrahlung bei. Bei den Böden 2 und 3 ist die Pegelabnahme über der Entfernung wesentlich geringer. Die konstruktiven Unterschiede führen also auch hier zu einem spezifischen akustischen Verhalten.

3.4 Akustische Gestaltungsansätze

Mit Hilfe der entwickelten Messverfahrens und der Ergebnisse an typischen Böden können sowohl Vergleiche angestellt als auch gezielt Maßnahmen zur Geräuschminderung entwickelt werden. In Bild 3.4 sind Messdaten für einige Gestaltungsansätze zusammengefasst. Es ist jeweils die Differenz der Schallschnelle

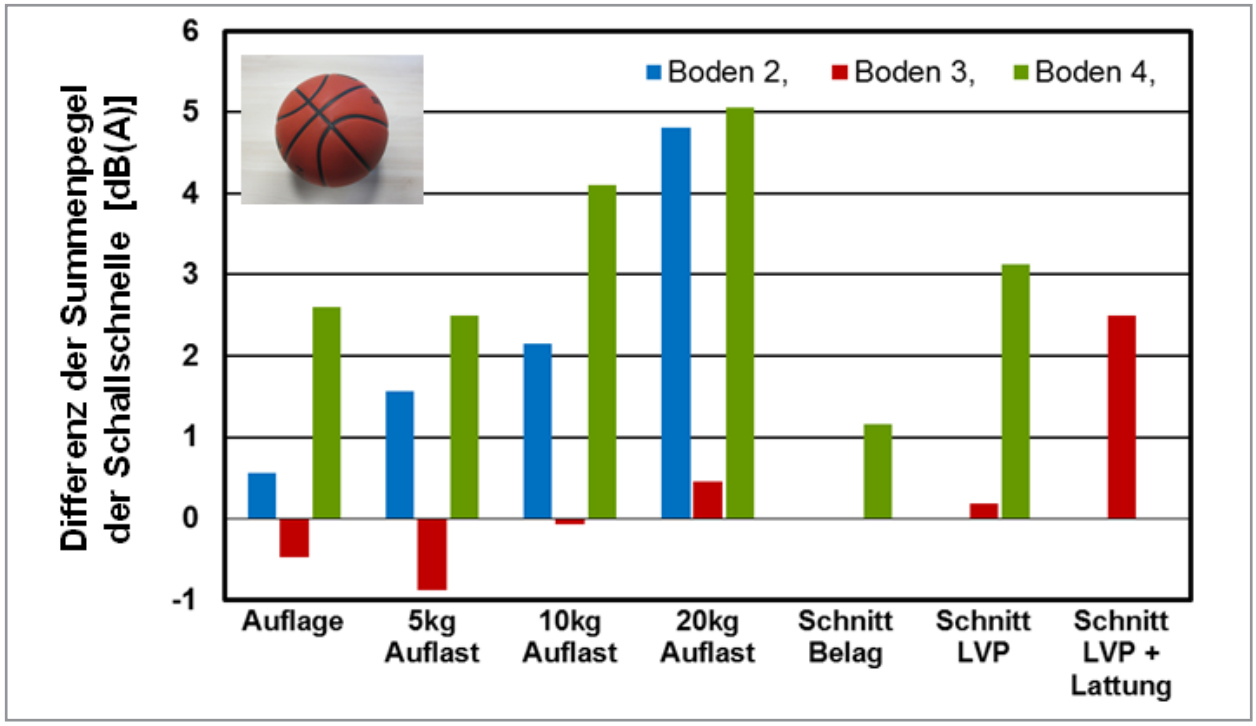


Bild 3.4 Differenz der Summenpegel der Körperschallschnelle bei verschiedenen Maßnahmen zur Beeinflussung der Körperschallausbreitung, gemessen an verschiedenen Böden bei Anregung mit dem Basketball.

beim Aufprall eines Basketballs zwischen dem Sportboden im Ausgangszustand und nach Durchführung der Verbesserungsmaßnahme dargestellt. Als Maßnahmen wurden z. B. ein besonders beschwerter Trennvorhang sowie die Trennung der lastverteilenden Sperrholzplatte unterhalb des Bodenbelags untersucht.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Mit dem Forschungsvorhaben wurden erstmalig und in umfassender Form die akustische Charakterisierung und Gestaltung von Sporthallenböden behandelt. Im Zuge der zunächst durchgeführten Voruntersuchungen und Modellbetrachtungen erwies sich für die experimentelle Bestimmung der Schallabstrahlung von Sportböden die Messung der Schalldruckpegel im Hallraum bei Anregung mit normativ definierten Bällen als geeignete Prozedur. In der Folge lassen sich daraus Schallleistungspegel berechnen, um die rechnerische Verknüpfung mit beliebigen Raumeigenschaften herzustellen. Diese Vorgehensweise bietet auch den Vorteil der Messung des Schallabsorptionsgrades mit der gleichen Konfiguration. Die Messung der Körperschallübertragung entlang des Bodens lässt sich weitgehend raumunabhängig durchführen. Als breitbandige Anregungsquelle haben sich ebenfalls normativ definierte Bälle bewährt. Die vereinfachte numerische Modellierung von Ball und Boden zeigte auch, dass Eigenschwingungen bzw. Schallabstrahlung der Bälle auftreten. Sie überlagern die je nach stofflicher und konstruktiver Gestaltung den vom Sportboden erzeugten Schallanteile. Die Entwicklung einer detaillierten Schall- und Schwingungssimulation ist aussichtsreich, auch für die Anwendung bei der akustischen und zugleich sportfunktionalen Optimierung.

Die Messergebnisse umfassen neben Materialeigenschaften der untersuchten 5 Bodensysteme Daten zur Schallabsorption, Schallabstrahlung und Körperschallübertragung. Das Schallabsorptionsvermögen einiger Böden erreicht bei tiefen Frequenzen Werte bis zu 0,2. Mit Blick auf den beachtlichen Flächenanteil der Böden ist selbst dieser geringe Schallabsorptionsgrad willkommen, zumal bei tiefen Frequenzen mit anderen Schallabsorbern wenig zu erreichen ist.

Das abgestrahlte Gesamtgeräusch der durch ein Einzelereignis mit Ball angeregten Böden ist breitbandig und mit maximalen Summenpegeln bis zu 83 dB(A) verbunden. Wie erwartet tragen die Bälle bzw. Anregungsquellen aufgrund ihres eigenen Schwingungsverhaltens mess- und hörbar zur Schallabstrahlung des Gesamtsystems aus Boden und Ball bei. Die Böden auf elastischer Konstruktion erzeugen systematisch geringere Pegel als die Böden auf elastischer Schicht. Dies zeigt sich besonders bei tiefen Frequenzen und anhand der Summenpegel. Unterschiede aufgrund der Oberbeläge sind kaum feststellbar. Der mischelastische Boden unterscheidet sich in mehrfacher Hinsicht von den übrigen Bodensystemen. Bei tiefen Frequenzen strahlt er deutlich weniger Schall ab als die anderen Bodentypen. Bei höheren Frequenzen strahlt er hingegen höhere Pegel ab. Diese Tatsache unterstreicht die Bedeutung einer frequenzabhängigen Bewertung der Schallabstrahlung von Sportböden. Neben den Einzelereignissen mit Bällen wurden auch andere Anregungsarten vergleichend im Labor untersucht. Diese Vergleichsmessungen haben zwar den Charakter von „Schnappschüssen“, ermöglichen jedoch eine gewisse Einordnung der für aussagekräftige Messungen gewählten Anregungsarten.

Bei Maßnahmen zur Beeinflussung der akustischen Bodeneigenschaften ist zu beachten, dass sich die Bodensysteme in puncto Schallabstrahlung (Summenschallpegel) um 3 bis 4 dB unterscheiden. Davon trägt der Oberbelag eine Varianz von ca. 0,5 bis 1 dB bei. Eine schalldämpfende Hohlraumfüllung bewirkt ca. 1 dB Pegelreduktion und mit der Bedämpfung samt Masseerhöhung der lastverteilenden Platte lassen sich mindestens ca. 2 dB Schallpegelminderung erreichen. Grundsätzlich sind Maßnahmen zur Reduzierung der Schallabstrahlung auch für die Beeinflussung der Körperschallausbreitung relevant. Anregung, Ausbreitung und Abstrahlung von Schall sind letztlich ein zusammenhängender Wirkmechanismus. Für die Reduzierung der Schallübertragung des Bodens im Bereich von Trennvorhängen wurden u. a. linienförmige Auflagen/Auflasten und Trennschnitte unter-

sucht. Letztere bewirken bei Böden sowohl mit elastischer Konstruktion als auch mit elastischer Schicht eine Minderung der Körperschallausbreitung. Die Wirkung steigt, je mehr Teilschichten getrennt werden.

Der stichprobenartige Abgleich der Laborergebnisse mit jeweils vergleichbaren Böden in realen Sporthallen bestätigte die Tauglichkeit der gewählten Messverfahren auch für die Anwendung vor Ort. Die Messergebnisse sind vom Labor in die Praxis übertragbar und umgekehrt. Damit können auch Entwicklungen zu (vibro-) akustischen Optimierungsmaßnahmen an Sportböden im Labor erfolgen und deren akustische Wirkung für den praktischen Fall vorhergesagt werden.

Es sei hier betont, dass mit den nun vorliegenden Ergebnissen keine akustisch begründete (Vor-) Auswahl oder gar Rangliste bestimmter Bodensysteme vorgenommen werden kann. Diese Auswahl bleibt nach wie vor den sport- und sicherheitsfunktionalen Zielvorgaben vorbehalten. Das heißt., die Priorität muss auf Nutzung und Nutzer, auf Betrieb und Betreiber zurückgehen. Die Akustik ist eine, wenn auch wesentliche, Dimension der Nutzung und mit dem Forschungsvorhaben wurde versucht, akustische Verbesserungen an Sportböden im Kontext der ganzheitlichen Gestaltung anzubieten. Der ganzheitliche Blick sollte dabei auch die kombinierte Betrachtung mit der typischen Geräuschentwicklung und der Raumakustik in Sporthallen einschließen. Dafür bieten die vorgestellten Ergebnisse Anhaltspunkte. Im Rahmen der Messungen wurden aber auch Audioaufnahmen erstellt, mit denen eine so genannte Auralisation (Hörbarmachung, „virtuelle Realität“) der zu erwartenden Gesamtsituation aus Geräuschkulisse und Raumakustik sowie deren Bewertung Kraft eigenen Gehörs ermöglicht wird. Diese Hörproben sind verfügbar und können zur praxisnahen Plausibilisierung der akustischen Belastungen in Sporthallen und der wertvollen Wirkung akustischer Gestaltung herangezogen werden.

5 Quellenverzeichnis

*Lauter Sport in leisen Hallen – Akustische Gestaltung von Sport- und Schwimmhallen (*2. Auflage 3/2015). Fraunhofer-Institut für Bauphysik. Stuttgart: Fraunhofer Verlag,.

DIN V 18032-2:2001 Hallen für Turnen, Spiele und Mehrzwecknutzung – Teil 2 Sportböden, Anforderungen, Prüfungen (Vornorm).

FIBA Official Basketball Rules 2014 – Basketball Equipment.

DIN EN 12235:2013: Sportböden – Bestimmung der Ballreflexion.

DIN EN ISO 10140-5:2014 Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 5: Anforderungen an Prüfstände und Prüfeinrichtungen.

DIN EN ISO 10140-2:2010 Akustik – Messung der Schalldämmung von Bauteilen im Prüfstand – Teil 2: Messung der Luftschalldämmung.

Antriebs- und Steuerungsoptimierung eines Ruderergometer-Messplatzes

(AZ 071619/17-18)

Gunnar Treff[1] (Projektleitung), Lennart Mentz[1], J. M. Steinacker[1], Georg Schulz[2] & Thomas Engleder[2]

[1]Sektion Sport und Rehabilitationsmedizin, Universitätsklinikum Ulm
[2]Fakultät Mechatronik und Medizintechnik, Hochschule Ulm

1 Einleitung

Ruderergometer stellen ein wichtiges Trainings- und Testgerät im Weltrudersport dar. Im Deutschen Ruderverband sind die Ergebnisse von Ergometertests ein Kriterium für die Nominierung der verschiedenen Mannschaften und Kader. Die Testgütekriterien der standardmäßig verwendeten Ergometer und der teilweise ergänzend genutzten FES-Modifikation zur physikalisch exakten Leistungsmessung sind bislang nicht bestimmt worden. Um diese wissenschaftliche Lücke zu schließen, hat eine Arbeitsgruppe der Universität Ulm und der Hochschule Ulm in mehreren, teilweise BISp-geförderten Projektschritten (Bopp 2017/2017; Tews 2015/2015; Treff et al., 2017; Treff et al., 2016), einen professionellen Messplatz für Windrad-Ruderergometer konstruiert (Abb. 1).

Im Messplatz bewegt eine motorisierte Lineareinheit den Handgriff eines eingespannten Ruderergometers. Bislang geschah dies während des gesamten Ruderzyklus (Zug- und Vorrollphase) auf Basis einer Weg-Zeit-Steuerung, d. h. der Handgriff befand sich zu jedem Zeitpunkt an derselben Position wie bei dem Elite-Ruderer, aus dessen Zugdaten (100 Hz-Rasterung) die Steuerungskurve generiert wurde. Wir konnten eine sehr hohe Reproduzierbarkeit nachweisen (Treff et al., 2017).

Aufgrund der dynamischen Eigenschaften des Ergometers-Lüfterrads, der biomechanischen menschlichen Eigenschaften (Kopplung von Arm-, Bein-, Rumpfeinsatz) und der anatomisch-funktionalen Elastizität des Menschen resultierten aus diesen Weg-Zeit-Vorgaben jedoch Kraft-Weg-Kurven, die keine ruderytypische Form aufwiesen. Im Detail zeigte sich,

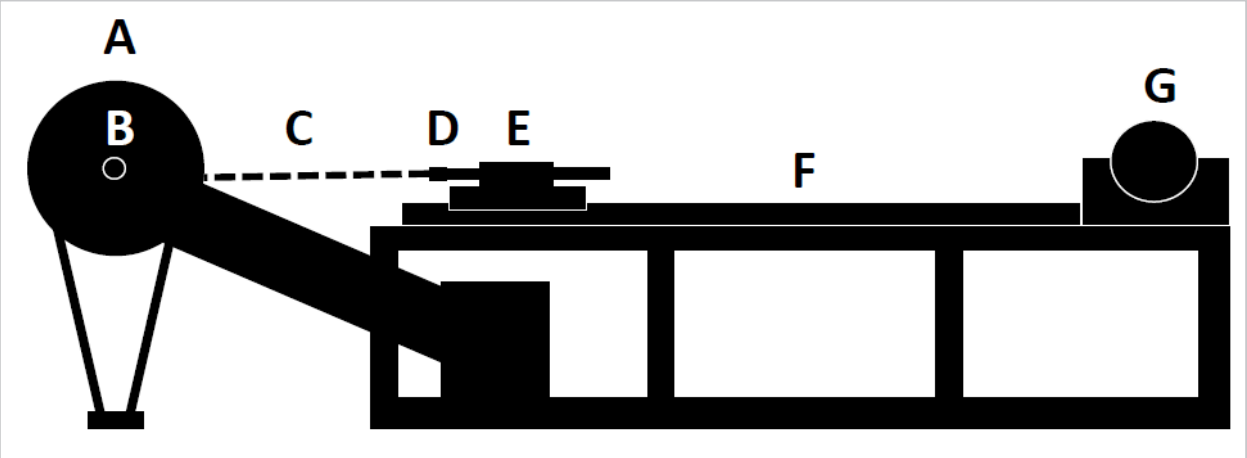


Abb. 1 Schematische Skizze des Messplatzes. A = Ruderergometer, B = Inkrementalgeber (Wegmessung, rundes Symbol), C = Kette des Ergometers, D = Kraftmessdose, E = Schlitten mit Feder-Dämpfer-Einheit, F = Lineareinheit, G = Servomotor.

dass der Schlitten einen beträchtlichen Weg zurücklegte, auf dem er das bereits rotierende Lüfterrad nicht beschleunigte, so dass de facto kein zusätzlicher Widerstand und damit keine Kraft generiert wurde. Zudem fiel der dann folgende Kraftanstieg sehr stark aus, und es war nicht möglich, z. B. vorderzugbetonte Kraftverläufe zu generieren (Abb. 2). Der Unterschied zum realen Ruderer bestand also vor allem im abschnittsweise widerstandslosen Ziehen und in der fehlenden Limitierung der zur Verfügung stehenden Kraft. Aus diesen Gründen waren die erzeugten Kraftkurven nicht geeignet zur Bearbeitung der übergeordneten sportpraktischen Fragestellung nach den Testgütekriterien und der hypothetischen Abhängigkeit der Validität von Schlagstruktur und -rhythmik.

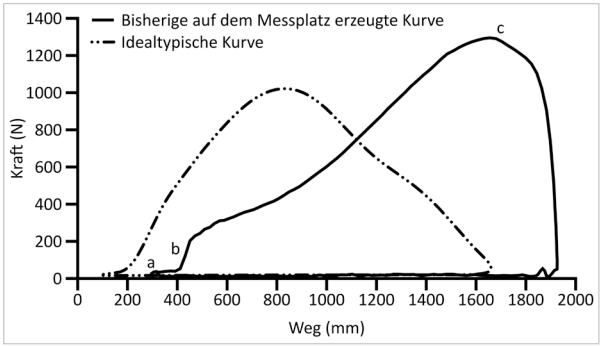


Abb. 2: Bisherige Kraft-Weg-Kurve mit widerstandsloser Anfangsphase (a), folgend steilem Kraftanstieg (b) und sehr spätem Peak (c). Außerdem die idealtypische Zielkurve

Das Ziel dieses Projektschrittes bestand deshalb in der Optimierung der im Messplatz erzeugten Kraft-Weg-Kurven zu einem rudertypischen Verlauf, der die limitierten biomechanischen Eigenheiten des Ruderers widerspiegelt und eine Differenzierung zwischen Vorder- und Endzugbetonten Kurvenprofilen erlaubt.

2 Methode

Die wesentliche Neuerung zur beschriebenen Optimierung liegt im Wechsel zu einer Kraft- bzw. Momentsteuerung in der Zugphase. In der Vorrollphase wird der Motorschlitten weiterhin über Weg-Zeit gesteuert, weil keine Kraft am Handgriff anliegt.

Da eine gleichzeitige, feedback-basierte Momentmessung und –steuerung praktisch nicht möglich ist, wird der direkte Zusammenhang von Motor-Drehmoment und Stromstärke genutzt, d. h. die Stromstärke stellt die eigentliche Steuergröße dar. Ein Experte der Fa. Siemens hat diese Änderung umgesetzt und die Steuerung softwareseitig angepasst. In der Folge bewegt sich die Lineareinheit de facto kraftgesteuert: Das Lüfterrad wird entsprechend der aufgebrachten Kraft und des resultierenden Widerstandes beschleunigt, woraus automatisch sich der Zugweg ergibt.

Ein zweiter wesentlicher Punkt besteht in der Hinterlegung einer Geschwindigkeitskurve, die an jeder Zeit-Position des Schlittens dessen maximale Geschwindigkeit beschränkt. Diese Hüllkurve wurde aus den Weg-Zeit-Daten von Elite-Ruderern berechnet.

3 Ergebnisse

Abb. 3 zeigt zwei prototypische Kraft-Weg Kuren, die ein vorderzugbetontes Profil (Kurve A) bzw. ein endzugbetontes Profil (Kurve B) aufweisen und durch die beschriebene Steuerungsoptimierung realisiert werden.

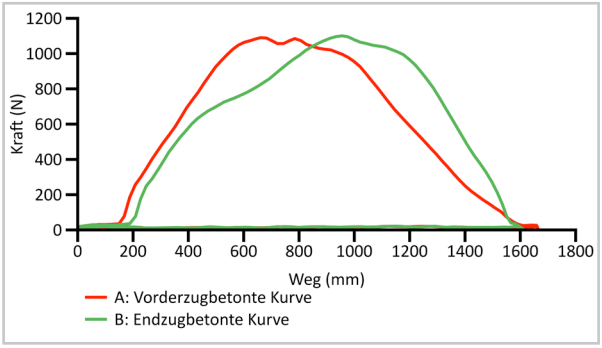


Abb. 3: Prototypische, auf dem Messplatz generierte Kraft-Weg-Kurven

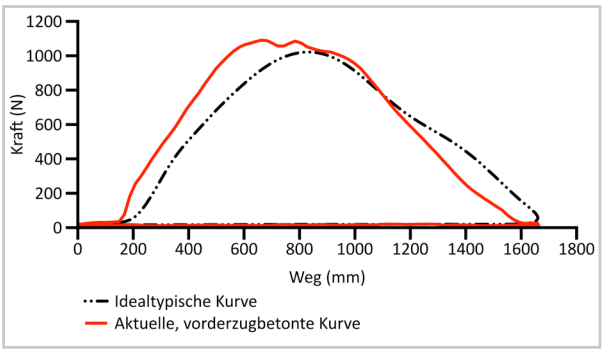


Abb. 4: Aktuelle, mit dem Messplatz realisierte Kurve und idealtypische Kraft-Weg-Kurven

Der Vergleich mit realen Kraft-Weg-Kurven von Elite-Ruderern zeigt nun ein sehr ähnliches Profil (Abb. 4).

Der Prüfstand weist nach Umstellung der Steuerung eine Reliabilität von 0.36 %. (Variationskoeffizient) auf (n = 20 Züge, ohne die ersten 4 Züge).

4 Diskussion

Das primäre Ziel dieses Projektschrittes lag in der Realisierung rudertypischer Kurven auf dem bereits konstruierten Ruderergometermessplatz. Dazu wurde die Motorsteuerung in der Zugphase softwareseitig auf eine Momentsteuerung mit geschwindigkeitslimitierender Hüllkurve umgestellt.

Durch diese Anpassung ist nun die Realisierung prototypischer rudertypischer Kraft-Weg-Verläufe möglich (Abb. 3). Zudem ist die Reliabilität der Züge sehr hoch und liegt deutlich unter der angestrebten 1 %.-Marke. Ein wesentliches Feature des in diesem Projektschritt realisierten Aufbaus ist die systemische Geschlossenheit des Messplatzes: Zum einen limitiert die Hüllkurve die maximale Bewegungsgeschwindigkeit an jeder gegebenen Position, zum anderen treibt der Motor das Lüfterrad immer mit der an der jeweiligen Position zur Verfügung stehenden Kraft an – der Handgriff legt also so viel Weg pro Zeit zurück, dass der Windradwiderstand ausreichend hoch ist, um eine effektive Kraftabgabe zu ermöglichen. Da Geschwindigkeits-Hüllkurve und Steuerungs-Momente auf den Daten realer Ruderer basieren, ergibt sich eine systemische Antwort des Messplatzes, der somit die natürlichen Limitationen hinsichtlich Bewegungsgeschwindigkeit und Kraft eines Ruderers imitiert.

Die Software erlaubt die Erzeugung verschiedener Ruderschlag-Profile und auf relativ einfache Art die Manipulation weiterer Variablen wie z. B. der Vorrollzeit oder der Höhe der Kraft-Amplitude. Somit ist es nun möglich, die ursprünglichen Fragestellungen zu den Testgütekriterien von handelsüblichen Ruderergometern und der FES-Modifikation RuderergoDyno (FES, Berlin) zu bearbeiten, wozu ein Standard-Testprotokoll generiert werden soll. Eine Limitation des Messplatzes liegt derzeit darin, dass die Programmierung der einzelnen Schläge nicht automatisiert möglich ist und sich beispielsweise ein komplettes 2000-m-Ergometerrennen eines realen Ruderers nicht imitieren lässt.

5 Zusammenfassung

Das Ziel dieses Projektschrittes bestand in der Realisierung rudertypischer Kraft-Weg-Kurven mit hoher Reliabilität. Durch die erfolgreiche Umsetzung ist nun die sportfachlich relevante Evaluation der Testgütekriterien von Ruderergometern und ihre eventuelle Beeinflussung durch die Schlagstruktur möglich.

6 Literatur

Bopp, J. (2017). *Konstruktive, elektrische und softwaretechnische Weiterentwicklung eines Ruderergometerprüfstandes für die Leistungsanalyse mittels Kraft- und Wegkurven*. B. Eng.-Thesis.

Tews, T. (2015). *Validierung eines prüfstandes für Leistungsdiagnostik mit einem Ruderergometer*. M. Eng.-Thesis.

Treff, G., Bopp, J., Weng, P., Mentz, L., Steinacker, J. M., Schulz, G., & Engleder, T. (2017). *Testgütekriterien handelsüblicher Ruderergometer und externer Referenzsysteme unter Berücksichtigung von Schlagstruktur und -variabilität* (Bericht zum BISp-Serviceforschungsprojekt ZMVI4-072011/16-17). Ulm.

Treff, G., Steinacker, J. M., Schulz, G., & Engleder, T. (2016). *Testgütekriterien handelsüblicher Ruderergometer und externer Referenzsysteme unter Berücksichtigung von Schlagstruktur und -variabilität* (Bericht zum BISp-Werksprojekt). Ulm.

Service-Forschungsprojekte

Der schnelle Arm im Tennis – trainings- und bewegungswissenschaftliche Analysen zur Optimierung der Aufschlagqualität im Nachwuchsleistungstennis

(AZ-072017/16)

Alexander Ferrauti[1] (Projektleitung), Daniel Hahn[2] (Projektleitung), Janina Fett[1], Jo-Lâm Vuong[1], Stephan Babiel[2], Nils Oberschelp[1] & Dennis Gatzke[1]

[1]Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Sportwissenschaft,
Lehr- und Forschungsbereich Trainingswissenschaft
[2]Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Sportwissenschaft,
Lehr- und Forschungsbereich Bewegungswissenschaft

1 Problem

Die Spielentwicklung im professionellen Tennissport zeigt in den vergangenen zwei Dekaden eine Veränderung von einer ausschließlich technikdominierten Sportart zu einem schnellkraftbetonten Spiel, welches durch höhere Aufschlaggeschwindigkeiten und deutlich kürzere Ballwechsel gekennzeichnet ist. Im aktuellen professionellen Tennissport ist der Aufschlag nach Meinung vieler Experten der bedeutsamste Schlag, der häufig über Sieg und Niederlage entscheidet. Aufgrund der Verkürzung der Ballwechseldauer und folglich der Verringerung der Schlaghäufigkeit pro Ballwechsel konnte der Aufschlag auch quantitativ an Bedeutung gewinnen (Behringer et al., 2013; Martin et al., 2013; Girard et al., 2005; Weber et al., 2010; Vaverka & Cernosek, 2013).

Aufgrund der beschriebenen Entwicklungen ist es naheliegend und dringlich, die leistungsbestimmenden Einflussgrößen für die Aufschlagqualität differenziert nach Alter und Geschlecht sowie für jede Technikvariante zu quantifizieren. Wissenschaftliche Untersuchungen zeichnen bislang ein uneinheitliches Bild bezüglich der athletischen und biomechanischen Prädiktoren für die Aufschlagqualität, und es existiert insbesondere auch ein Forschungsdefizit im Bereich des Nachwuchsleistungssports. Neben Einflussgrößen hinsichtlich anthropometrischer und athletischer Faktoren wird in der Praxis die verbleibende Grauzone zumeist eher nebulös dem Phänomen des „schnellen Arms“ zugeschrieben. Zu den relevanten bewegungsanalytischen Charakteristika besteht jedoch in der Trainerschaft kein Konsens, und auch die bislang verfügbaren wissenschaftlichen Analysen liefern allenfalls veraltete und undifferenzierte Leitlinien (Elliot, 1988; Elliot et al., 1995).

In der langfristigen Entwicklung des Nachwuchsspielers bzw. der Nachwuchsspielerin erfolgt die Bedeutungszunahme vergleichsweise abrupt ab den Altersklassen U16 (männlich) und U14 (weiblich). Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass dem Aufschlag in der U12 aufgrund von anthropometrischen Voraussetzungen zunächst noch keine primär leistungslimitierende Rolle zukommt. Eine ausreichende und zielgerechte Vorbereitung auf die späteren Anforderungen im Spitzentennis findet daher im Nachwuchsbereich nur selten statt. Zusätzlich fehlen adäquate Leitlinien zur Bewegungsoptimierung und zur Trainingsintervention. Speziell im Damentennis wird dies dadurch verstärkt, dass aufgrund von unzureichenden motorischen Vorerfahrungen und Grundfertigkeiten für schnellkräftige Wurfbewegungen der oberen Extremität über viele Jahre hinweg Vermeidungs- und Kompensationsstrategien in der Trainingssteuerung erfolgen und der Verbesserung des Aufschlags ein unzureichender Trainingsumfang gewidmet wird. Grundsätzlich ist demnach eine frühzeitigere und zielgerichtete Fokussierung auf Interventionsbemühungen zur Verbesserung der Aufschlagqualität zu fordern. Hierzu mangelt es jedoch bislang an alters- und geschlechtsspezi-

fischen Kenntnissen über die hierfür erforderlichen allgemeinmotorischen und konditionellen Voraussetzungen sowie über technisch-taktische Charakteristika einer erfolgreichen Bewegungsausführung verschiedener Aufschlagvarianten und deren effiziente Einbindung in das komplexe Spielverhalten.

Das Service-Forschungsprojekt greift durch seinen integrativen und komplexen Ansatz die oben aufgezeigte Problematik gezielt und praxisnah auf und strebt dabei die Erfüllung folgender Ziele an:

- Identifikation und Quantifizierung des Einflusses von anthropometrischen, konditionellen und technischen Voraussetzungen für die Realisation einer guten Aufschlagqualität in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht im Nachwuchsleistungstennis,
- Analyse der Effizienz spieltaktischer Einsatzstrategien verschiedener Aufschlagvarianten und Diagnostik von Aufschlaggeschwindigkeit und -präzision unter realen Matchbedingungen in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht im Nachwuchsleistungstennis,
- Differenzierung bewegungsanalytischer Merkmale erfolgreicher und weniger erfolgreicher Aufschlagtechniken in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht im Nachwuchsleistungstennis.

2 Methode

Das dreistufige Projekt beinhaltet zwei Felduntersuchungen und eine Laboruntersuchung. In Abb. 1 sind die einzelnen Untersuchungsabschnitte zusammengefasst dargestellt. Alle Maßnahmen erfolgten mit C-/D-Kaderspielern der Landesverbände des Deutschen Tennisbunds. Abschnitt 1 basiert auf Untersuchungen des DTB-Konditionstests sowie einer zusätzlichen isokinetischen Krafterhebung (Isomed2000). Dem Untersuchungsabschnitt 2 liegt ein spielanalytischer Ansatz zu Grunde (Play Sight Smart Court und Radar), während in Abschnitt 3 kinematische Bewegungsanalysen (Vicon Motion Capturing) durchgeführt wurden. Detaillierte Beschreibungen aller Testmethoden können dem Abschlussbericht entnommen werden.

3 Ergebnisse

3.1 Abschnitt 1 – Qualitative und quantitative Technikgrobanalyse

Teil 1 Qualitative Technikgrobanalyse

Bei einem Gruppenvergleich der Aufschlagmerkmale zwischen den schnellen und langsamen Aufschlägern lassen sich bei einigen Faktoren Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung feststellen. So weisen die Parameter Ballwurf, Rumpfneigung, Trophy Position, Treffpunkt Armstreckung sowie die Unterarmpronation in der schnellen Aufschlaggruppe eine größere Häufigkeit in dem Auftreten des Merkmals auf ($p < 0.05$). Dies bedeutet, dass die schnelle Gruppe den Ball häufiger nach vorne wirft, in der Vorbereitungsphase häufiger eine deutlicher Seitneigung im Oberkörper aufweist, häufiger die „Trophy Position“ einnimmt, im Treffpunkt häufiger eine Armstreckung aufweist und ebenfalls häufiger eine Unterarmpronation in der Beschleunigungsphase bis zum Treffpunkt zeigt im Vergleich zu der langsamen Aufschlaggruppe.

Bei einem Vergleich in Abhängigkeit des Geschlechts liegen Unterschiede hinsichtlich der Häufigkeitsverteilung in der Ausgangstellung (die Jungen bevorzugen neben der Ausrichtung der Füße Netzpfosten/Grundlinie, die Ausrichtung Grundlinie/hinten und Netzpfosten/hinten, während die Mädchen neben der Ausrichtung Netzpfosten/Grundlinie die Ausrichtung links/rechts Grundlinie sowie Grundlinie/hinten bevorzugen), dem Ballwurf, der Gewichtsverlagerung (die Jungen bevorzugen die Gewichtsverlagerung vorne/hinten/vorne während bei den Mädchen die Verteilung der Gewichtsverlagerung vorne/hinten/vorne und hinten/vorne gleich verteilt ist) sowie der Fußstellung (Mädchen bevorzugen die Foot up-Technik, während die Verteilung der foot up und foot back-Technik bei den Jungen ausgeglichener ist) auf. Des Weiteren weisen die Jungen in den Merkmalen Ellenbogen, Rumpfneigung,



Abschnitt 1
Qualitative und quantitative Technikgrobanalyse *(DTB-Konditionstest)*

Teil 1
- Identifikation von qualitativen Technikmerkmalen in Abhängigkeit der Aufschlaggeschwindigkeit (n= 356 C-/D-Kaderathleten)

Teil 2
- Identifikation athletischer und anthropometrischer Einflussgrößen (n= 1019 C-/D-Kaderathleten)

Teil 3
- Identifikation des Einflusses der isokinetischen Kraft von Innen- und Außenrotatoren im Schultergelenk (n= 12 C-/D-Kaderathleten)

Abschnitt 2
Systematische Spiel- und Taktik-Analyse *(Play Sight Court)*

Teil 1
- Überprüfung der Messgenauigkeit des PlaySight-Court Systems (n= 5)

Teil 2
- Erfassung von qualitativen und quantitativen Merkmalen der technisch-taktischen Anwendung des Aufschlags, Aufschlageffizienz sowie erweiterte Spieleröffnung unter realen Matchbedingungen (n= 12 C-/D-Kaderathleten)

Abschnitt 3
3D-Bewegungsanalyse
(Vicon Motion Capture)

Teil 1
- Pilotstudie zur Erfassung kinematischer Parameter während des Tennisaufschlags sowie Festlegung eines geeigneten Modells zur Erfassung kinematischer Parameter (n= 3)

Teil 2
- Identifikation leistungslimitierender kinematischer Charakteristika im Nachwuchsleistungstennis (n= 10 C-/D-Kaderathleten)

Transferkonzept
Entwicklung von alters- und geschlechtsspezifischen Leitlinien für das Training; Integration in Traineraus- und -fortbildung (u.a. Online-Campus); Installation eines individuellen Service- und Beratungs-Zentrums (ZeDI des DTB)

Abb. 1: Darstellung der einzelnen Untersuchungsabschnitte.

Bogenspannung, Treffpunkt Ganzkörperstreckung, Treffpunkt Armstreckung, Schulter über Schulter im Treffpunkt sowie bei der Unterarmpronation eine größere Häufigkeit in dem Auftreten der Merkmalsauprägung im Vergleich zu den Mädchen auf ($p < 0.05$).

Betrachtet man die Merkmalsausprägung im Altersgang, zeigt sich in den meisten Parametern eine Zunahme hinsichtlich der Auftretenshäufigkeit des jeweiligen Merkmals mit steigendem Alter.

Teil 2 Anthropometrische und athletische Voraussetzungen auf die Aufschlagleistung

Korrelationsanalytischer Berechnungen zwischen den athletischen Voraussetzungen und der Aufschlaggeschwindigkeit zeigen, dass über alle Altersklassen (U12, U14, U16, U18) hinweg die Parameter Medizinballwürfe (r = 0,20-0,63) sowie die Handkraft (r = 0,27-0,59) den größten Zusammenhang zur Schlaggeschwindigkeit aufweisen, mit den höchsten Koeffizienten im pubertären Alter. Hinsichtlich anthropometrischer Faktoren erweisen sich vor allem die Spannweite (r = 0,24-0,56) sowie das Körpergewicht (r = 0,35-0,57) als Prädiktoren für eine hohe Aufschlaggeschwindigkeit.

Ergebnisse multipler Regressionsanalysen zeigen, dass mit den Prädiktoren bei den Jungen zwischen 41 %. und 66 %. der Varianz erklärt werden kann, bei den Mädchen hingegen nur zwischen 19-45 %.. Die Prädiktorvariablen setzten sich bei den Jungen aus den Medizinballwürfen, der Handkraft sowie der Armspannweite zusammen, während bei den Mädchen neben den Medizinballwürfen und der Handkraft vor allem noch das Körpergewicht von großer Bedeutung ist.

Teil 3 Identifikation des Einflusses der isokinetischen Kraft der Schulterinnnen- und -außenrotatoren

Die Ergebnisse der Korrelationsanalyse zwischen den erhobenen Kraftparametern und der maximalen sowie mittleren Aufschlaggeschwindigkeit zeigen hohe signifikante Zusammenhänge zwischen dem max. Drehmoment während der Schulterinnenrotation und der Aufschlaggeschwindigkeit (r = .67-.81; $p < .05$), unabhängig von der Winkel-geschwindigkeit (60°/s & 180°/s). Betrachtet man das durchschnittliche Drehmoment sind bei einer Winkelgeschwindigkeit von 180°/s signifikante Zusammenhänge in der Innenrotation und der Aufschlagleistung zu finden (r = .63-.69; $p < .05$).

3.2 Abschnitt 2 - Systematische Spiel- und Taktikanalyse (PlaySight Smart Court)

Teil 1 Überprüfung der Messgenauigkeit des PlaySight-Court Systems

In diesem Untersuchungsabschnitt ist zunächst das Messinstrument (PlaySightCourt, PlaySight Interactive Ltd, Kfar Saba, Israel) auf seine Messgenauigkeit hin überprüft worden. Bei der Überprüfung der Aufschlaggeschwindigkeit zeigt sich eine durchschnittliche Abweichung von ca. 5 %.. Hinsichtlich der Typisierung der Schlagart zeigt das System nur geringe Abweichungen vom wahren Wert, bei der Zuordnung von jeweils 160 Vor- und Rückhandschlägen (Total 320) sind in der Summe sechs Schläge falsch zugeordnet worden. Bei der Kategorisierung der Trefferzone (im Feld/im Aus) ist ein Fehler von 3 %. zu verzeichnen. Große Abweichungen hingegen zeigen sich bei den ermittelten Werten der zurückgelegten Laufdistanz sowie des Energieumsatzes ($p < 0,05$; $d \geq 0,8$).

Teil 2 Qualitativen und quantitativen Merkmalen der technisch-taktischen Anwendung des Aufschlags

Ein zwei-Satz-Match dauert im Mittel 83,1 ± 27,0 Minuten und besteht aus durchschnittlich 132,9 ± 42,5 Ballwechseln. Über die Hälfte der gesamten Ballwechsel, knapp 60 %., sind nach 1 bis 4 Schlägen beendet. Nahezu die Hälfte (48,7 %.) der Schläge machen Aufschlag, Return und die erweiterte Spieleröffnung aus. Hinsichtlich des Aufschlags beträgt die durchschnittliche Aufschlaggeschwindigkeit des 1. Aufschlags 162,9 km/h. Pro Match werden 4,1 Asse erzielt und die Gültigkeit des 1. Aufschlags liegt bei 58,8 %.. Eine detaillierte Zusammenfassung aller erhobener Parameter können dem Abschlussbericht entnommen werden.

3.3 Abschnitt 3 – 3D-Bewegungsanalyse

Identifikation leistungslimitierender kinematischer Charakteristika im Nachwuchsleistungstennis

Hinsichtlich des Bewegungsumfangs zeigen die schnellen Aufschläger eine größere Lateralflexion während der Vorbereitungsphase (16,9° ± 2,5° vs. 10,5° ± 5,4°; $p < 0,05$; ES 1,70) und beim Balltreffpunkt. Bei deskriptiver Betrachtung lassen sich darüber hinaus Tendenzen erkennen, dass vor allem die Bewegungsparameter in der Beschleunigungsphase (Knieextension des hinteren Beins, Ellenbogenextension, Schulterinnenrotation, Handgelenksflexion; ES 0,50 - 1,28) höhere Winkelgeschwindigkeiten in der schnellen Aufschlaggruppe aufweisen. Darüber hinaus treten in der zeitlichen Differenz der maximalen Winkelgeschwindigkeiten zum Treffpunkt Divergenzen zwischen den Gruppen auf. Die maximale Ellenbogenextensionsgeschwindigkeit liegt bei der schnellen im Vergleich zu der langsamen Aufschlaggruppe zeitlich gesehen näher am Balltreffpunkt (ES 1,12). In Kombination mit einem nahezu zeitgleichen Erreichen der maximalen Rumpfflexionsgeschwindigkeit führt dies zu einer unterschiedlichen Reihenfolge der maximalen Segmentgeschwindigkeiten, sodass die kinematische Kette der Aufschlagbewegung zwischen den beiden Gruppen differiert (schnell: Knie, Rumpf, Ellenbogen, Handgelenk, Schulterinnenrotation; langsam: Knie, Ellenbogen, Rumpf, Handgelenk, Schulterinnenrotation).

4 Diskussion

4.1 Qualitative und quantitative Technikgrobanalyse

Im Hinblick auf die wachsende Bedeutung des Aufschlags im modernen Tennis ist es wichtig, Prädiktoren der Aufschlagleistung zu identifizieren, um effektive Trainingsstrategien zur Verbesserung der Aufschlagleistung zu entwickeln. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung zeigen die Bedeutung ausgewählter anthropometrischer und athletischer Einflussgrößen auf die Aufschlaggeschwindigkeit auf, unterstreichen aber auch, dass es sich um eine komplexe (neuromuskuläre) Bewegung handelt, die zudem stark von technischen Faktoren beeinflusst wird und in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht differiert.

Die Ergebnisse unterstreichen die Bedeutsamkeit der Schnellkraft und Kraft der oberen Extremität für die Realisierung hoher Aufschlaggeschwindigkeiten vor allem im pubertären Alter (Fett et al., 2018). In einer differenzierteren Betrachtung zeigt sich zudem, dass die Kraft der Innenrotatoren im Schultergelenk die Aufschlagleistung beeinflusst. Hinsichtlich anthropometrischer Faktoren führt eine größere Spannweite bzw. Körpergröße als auch das Körpergewicht (vor allem bei den Mädchen) zu biomechanischen Vorteilen bei der Ausführung des Aufschlags. Schlussfolgernd untermauern die Ergebnisse die Implementierung eines den Anforderungen des Aufschlags angepassten Athletiktrainings (Kraft und Power obere Extremität, Lastüberwindung bei hohen Geschwindigkeiten). In Bezug auf die Talentidentifikation sollte zudem die Größe als auch die Spannweite, aufgrund ihrer resultierenden biomechanischen Vorteile während der Aufschlagbewegung, Berücksichtigung finden und ggf. zu einer Verlagerung von Trainingsinhalten und -volumen führen. Ferner muss speziell für weibliche Tennisspieler festgehalten werden, dass eine ausreichend hohe aktive Körpermasse erzeugt werden muss, um wettbewerbsfähig zu sein.

Andererseits untermauern die Ergebnisse der Regressionsanalysen als auch die der Technikgrobanalyse, dass der Tennisaufschlag neben den athletischen und anthropometrischen Faktoren auch stark von technischen Faktoren abhängig ist. Die Ergebnisse der bislang erfolgten Technikgrobanalyse machen deutlich, dass eine Differenzierung bewegungsanalytischer Merkmale sowie die Modellierung erfolgreicher und wenig erfolgreicher Aufschlagtechniken in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht im Nachwuchsleistungstennis notwendig ist.

4.2 Systematische Spielanalyse

Die Ergebnisse zeigen auf, dass das PlaySight-System mit Einschränkungen für die Beantwortung wissenschaftlicher Fragestellungen geeignet ist. Nutzbar ist es für spielanalytische Parameter wie die Schlagzuordnung als auch die Identifikation der Trefferzone. Hinsichtlich der Aufschlaggeschwindigkeit kann es zwischen langsamen, mittleren und schnellen Aufschlägen gut diskriminieren, jedoch ist es aufgrund einer mittleren Abweichung von 5 %. gerade für individuelle Längsschnittuntersuchungen nicht geeignet, da mögliche Adaptationseffekte innerhalb des Messfehlers liegen werden. Kaum geeignet ist das angewandte System für die Erfassung von Laufdistanzen wie auch die des Energieumsatzes. Trotz der beschriebenen Ungenauigkeiten bietet der PlaySight SmartCourt ambitionierten Tennisspielern und Trainern einen gewinnbringenden Zugang für die technisch-taktische Spielanalyse. Während bei Betrachtung der statistischen Werte die erhobenen Fehler einkalkuliert werden sollten, können allein über die Videoanalyse unmittelbar nach einem Spiel oder einer Trainingsübung wertvolle Informationen über das Spielerverhalten abgerufen werden (Groppel et al., 1989).

Die spielanalytischen Ergebnisse der Matches der U18 Spieler untermauern die stetig steigende Bedeutung des Aufschlags auch im Nachwuchsleistungstennis. Über die Hälfte der gesamten Ballwechsel, knapp 60 %., wurden nach 1 bis 4 Schlägen beendet. Nahezu die Hälfte (48,7 %.) der Schläge machen Aufschlag, Return und die erweiterte Spieleröffnung aus. Es wird ersichtlich, dass somit der Aufschlag auch quantitativ an Bedeutung gewinnt. Vergleicht man diese Daten mit denen aus dem Profibereich, stellt man fest, dass bereits 70 %. aller Ballwechsel nach den ersten vier Schlägen beendet sind (O'Shannessy 2016). Betrachtet man die

allgemeinen Qualitätsmerkmale des Aufschlags der U18 Spieler, fällt auf, dass diese unter den von Weber und Kollegen (2012) für jugendliche Nachwuchsspieler empfohlenen Zielgrößen liegen. Besonders auffallend ist dabei die Aufschlaggeschwindigkeit. Mit 163 km/h liegen sie ca. 30 km/h unter den erzielten Aufschlaggeschwindigkeiten der French Open 2009. Gerade beim Übergang von der U18 in den Profibereich zur Weltspitze können diese Defizite von großer Bedeutung sein und müssen in der langfristigen Trainingsplanung der Nachwuchsspieler Berücksichtigung finden.

4.3 3D-Bewegungsanalyse (Motion Capturing)

Die Ergebnisse der Bewegungsanalyse zeigen, dass sich die Gruppen nur hinsichtlich der Bewegungsumfänge in der Lateralflexion in der Vorbereitungsphase unterscheiden, während hinsichtlich der Beschleunigungsparameter diese Tendenz bei mehreren Faktoren zu beobachten ist. Die Lateralflexion in der Ausholbewegung gilt als eine Voraussetzung für die kontralaterale Rumpfflexion beim Balltreffpunkt, die in der Literatur häufig auch als „Schulter über Schulter Rotation" bezeichnet wird. Die ipsilaterale Flexion des Rumpfes führt zu einer Vordehnung der rumpfflektierenden Muskulatur auf der kontralateralen Seite und ermöglicht so eine reaktivkräfige Rumpfrotation nach anterioposterior. Aufgrund der Bedeutsamkeit der Lateralflexion sollte im Krafttraining die häufig zur Anwendung kommenden Rumpfkraftübungen, durch die explosive Rotationsbewegungen in Sagital- und Transversalebene trainiert werden, um Übungen ergänzt werden, die zusätzlich die koronale Bewegungsebene einbeziehen.

Die vergleichsweise höheren Rotationsgeschwindigkeiten im Schlagarm der schnellen Aufschlaggruppe verdeutlichen die Relevanz der segmentalen Beschleunigungen des Schlagarms für die Generierung der Aufschlaggeschwindigkeit. Um möglichst hohe segmentale Geschwindigkeiten im Schlagarm realisieren zu können, sollte die Fähigkeit des neuromuskulären Systems exzentrische Vordehnungen optimal für eine explosive konzentrische Kraftentfaltung zu nutzen, verbessert werden. Angesichts dieser Zielstellung ist der Einsatz von plyometrischen Wurf- und Schlagbewegungen zu empfehlen, da so eine Effizienzsteigerung in der neurophysiologisch-biomechanischen Antwort auf schnelle Vordehnungen der Muskulatur erzielt werden kann.

5 Literatur

Behringer, M., Neuerburg, S., Matthews, M. & Mester, J. (2013). Effects of two different resistance- training programs on mean tennis-serve velocity in adolescents. *Pediatric exercise science, 25*, 370-384.

Elliot, B. (1988). Biomechanics of the serve in tennis: A biomedical perspective. *Sports medicine, 6*, 285-294.

Elliot, B., Marshall, R. N. & Nofall, G. (1995). Contributions of upper limb segment rotations during the power serve in tennis. *Journal of applied biomechanics, 11*, 433-442.

Girard, O., Micallef, J. & Millet, G. P. (2005). Lower-limb activity during the power serve in tennis: effects of performance level. *Medicine and science in sports & exercise, 37*, 1021-1029.

Groppel, J. L., Loehr, J. E., Melville, D. S. & Quinn, A. M. (1989). *Science of Coaching Tennis*. Champaign: Leisure Press.

Martin, C., Kulpa, R., Delamarche, P. & Bideau, B. (2013). Professional tennis players' serve: Correlation between segmental angular momentums and ball velocity. *Sport biomechanics, 12*, 2-14.

O'Shannessy, C. (2016, 10. November). *The first 4 shots*. Vortrag auf einem Tennis-Symposium an der Deutschen Sporthochschule Köln.

Reid, M., Elliot, B. & Alderson, J. (2008). Lower-limb coordination and shoulder joint mechanics in the tennis serve. *Medicine and science in sports and exercise, 40* (2), 308-315.

Vaverka, F. & Cernosek, M. (2013). Association between body height and serve speed in elite tennis players. *Sports biomechanics, 12*, 30-37.

Weber, K., Exler, T., Marx, A., Pley, C., Röbbel, S. & Schäffkes, C. (2010). Schnellere Aufschläge, kürzere Ballwechsel und höherer Zeitdruck für Grundschläge in der Tennis-Weltspitze. *Leistungssport, 40* (5), 36-42.

Weber, K. & Born, P. (2012). Die besondere Bedeutung der erweiterten Spieleröffnung im Leistungstennis. Begründung, Leitlinien und Umsetzung in die Trainingspraxis. *Leistungssport, 42* (6), 26-32.

5.1 projektbezogene Veröffentlichungen

Ferrauti, A., Fett, J., Vuong, J. & Oberschelp, N. (2018). *The misconception of learning the tennis serve: the ad versus the deuce court error*. Book of Abstracts of the 23third Annual Congress of the European College of Sports Science, 4th-7th July 2018, Dublin, Ireland.

Fett, J., Ulbricht, A & Ferrauti, A. (2018). Impact of physical performance and anthropometric characteristics on serve velocity in elite junior tennis players. *Journal of strength and conditioning research* (accepted).

Fett, J., Vuong, J., Oberschelp, N. & Ferrauti, A. (2018). A kinematic analysis of the tennis serve: Influence of serve velocity. *Book of Abstracts of the 23third Annual Congress of the European College of Sports Science*, 4th-7th July 2018, Dublin, Ireland.

Gatzke, D., Fett, J., Ulbricht, A., Vuong, J., Oberschelp, N. & Ferrauti, A. (2017). Service characteristics in elite junior tennis players of different sex and age groups. In A. Ferrauti, P. Platen, E. Grimminger-Seidensticker, T. Jaitner, U. Bartmus, L. Becher, M. De Marees, T. Mühlbauer, A. Schauerte, T. Wiewelhove & E. Tsolakidis (Eds.), *Book of Abstracts of the 22nd annual congress of the European College of Sports Science*, 5th-8th July 2017, Metropolis Ruhr, Germany (pp. 239-240). Metropolis Ruhr (Germany): ECSS.

Oberschelp, N., Fett. J., Wiewelhove, T. & Ferrauti, A. (2017). Validation of the playsight smartcourt`s tennis serve speed measurement. In A. Ferrauti, P. Platen, E. Grimminger-Seidensticker, T. Jaitner, U. Bartmus, L. Becher, M. De Marees, T. Mühlbauer, A. Schauerte, T. Wiewelhove & E. Tsolakidis (Eds.), *Book of Abstracts of the 22th annual congress of the European College of Sports Science*: 5th-8th July 2017, Metropolis Ruhr, Germany (pp. 653). MetropolisRuhr (Germany): ECSS.

Vuong, J., Fett, J. & Ferrauti, A. (2017). Development and evaluation of a marker model for kinematic comparison of the tennis serve velocity – a case study. In A. Ferrauti, P. Platen, E. Grimminger-Seidensticker, T. Jaitner, U. Bartmus, L. Becher, M. De Marees, T. Mühlbauer, A. Schauerte, T. Wiewelhove & E. Tsolakidis (Eds.), *Book of Abstracts of the 22nd Annual Congress of the European College of Sports Science*, 5th-8th July 2017, Metropolis Ruhr, Germany (p. 535). Metropolis Ruhr (Germany): ECSS.

Performance Monitoring: Erfassung und Entwicklung sportpsychologischer Leistungsfaktoren

(AZ 072001/16-17)

Jürgen Beckmann (Projektleitung), Thomas Ritthaler & Kai Engbert
Technische Universität München, Lehrstuhl für Sportpsychologie

1 Projektidee

Ein zentrales Erfolgskriterium – gerade auch für die sportpsychologische Betreuungsarbeit – ist, wie gut es einem Sportler bzw. einer Sportlerin in der bestimmten Situation gelungen ist, die mentale Leistungsfähigkeit abzurufen. Während es in der Forschung z. B. durch Methoden wie Biofeedback, EEG und die Messung von Augenbewegungen noch teilweise möglich ist Aufmerksamkeitsleistungen, Anspannung oder Vorstellungsfähigkeit zu objektivieren, ist dies in der direkten Trainings- und Wettkampfbetreuung in der Regel nicht möglich. Neben dem rein sportlichen Ergebnis (das allerdings neben der Umsetzung mentaler Fertigkeiten von viel mehr Faktoren abhängig ist) bleibt bislang in der Praxis oft nur die Frage „Wie lief es denn so vom Kopf?"

Um diese Reflektion der mentalen Leistung durch den Sportler oder die Sportlerin zu verbessern, wurde im aktuellen Projekt ein „Performance Monitor" (PM) entwickelt, der im sportpsychologischen Betreuungsprozess im Biathlon und Ski Alpin pilotiert und erfolgreich eingesetzt wurde. Als Tool für die sportpsychologische Betreuung ermöglicht der PM eine online-Evaluierung der mentalen Leistung und gibt damit eine systematische Antwort auf die Frage „Wie gut war ich heute vom Kopf her?". Diese systematische Quantifizierung subjektiver Parameter ermöglicht a) eine Evaluation der gewählten Interventionen und b) die weitere Planung des Betreuungsprozesses. Darüber hinaus ist c) die Reflexion der eigenen Leistung beim Sportler eine wichtige mentale Fertigkeit, die den Sportler – auch unabhängig von der direkten Zusammenarbeit mit dem Sportpsychologen in die Lage versetzt, sich über die Wettkämpfe bzw. Wettkampfsituationen mental sukzessive zu verbessern.

Insgesamt konnte durch die Entwicklung und den Einsatz des PM die sportpsychologische Betreuung im Biathlon und Ski Alpin v. a. bei ausgewählten Sportlern deutlich verbessert werden. Auffällig war dabei v. a. eine vermehrte Beschäftigung mit sportpsychologischen Prozessen auf Seiten der Sportler und Trainer, eben durch die Möglichkeit der Quantifizierung sonst sehr vage bleibender Prozesse.

Mit dem PM steht nun ein Tool zur qualitativen Weiterentwicklung der Prozesse in der sportpsychologischen Betreuungsarbeit zur Verfügung, das grundsätzlich auch in anderen Sportarten eingesetzt werden kann. Perspektivisch könnte es online anderen in der Praxis tätigen sportpsychologischen Expertinnen und Experten zur Verfügung gestellt werden, um sie bei ihrer Arbeit zu unterstützen.

2 Entwicklung

In der Projektlaufzeit erfolgte zunächst **(Step 1)** eine Recherche und Systematisierung des Bestehenden Diagnostika zu ähnlichen Themenbereichen (u. a. EBF, KEB, webmood.de), sowie eine Zusammenstellung der Skalen und Items. Grundlage waren dabei immer die sportartspezifischen Anforderungsprofile im Ski Alpin & Biathlon, wobei im Ski Alpin auf Bestehendes zurückgegriffen werden konnte (vgl. Beckmann-Waldenmayer & Beckmann, 2012) und im Biathlon im Rahmen einer Qualifizierungsarbeit erarbeitet wurde (Heinrich, 2016). Dabei wurde ausgehend von sportartübergreifenden Befunden zu psychologischer Spitzenleistung eine sportartspezifische Perspektive eingenommen. Zusammenfassend zeigte sich die Bedeutung

von vier Faktoren im Biathlon: „Selbstwirksamkeitserwartung", „Aufmerksamkeit", „Stressbewältigung" sowie „Leistungsmotiv und Volition". Die Autorin kommt weiter zu dem Schluss dass „...Eine gesonderte Betrachtung des Nachwuchsbereiches die Bedeutung dieser Faktoren v. a. in den frühen Etappen des Werdeganges deutlich macht. Insbesondere auf die drei erstgenannte Faktoren."

Auf dieser Basis erfolgte eine erste Zusammenstellung der Skalen und Items. Diese wurden auf Basis der Betreuungserfahrungen und bestehender Wettkampf-Debriefing-Checklisten (z. B. Hogg, 2002) zusammengestellt, die dann nach wissenschaftlichen Überlegungen systematisiert und gegliedert wurden. Darüber hinaus wurden z. B. für die Beurteilung einer geeigneten und praxistauglichen Länge des Inventars auch andere Skalen wie z. B. webmood genutzt und Aspekte aus bestehenden Verfahren integriert.

Am Ende der ersten Entwicklungsphase standen 6 Bereiche mit jeweils 6 Items zur Verfügung:

1) **Selbst-Vertrauen:** In den Unterkategorien Stärkenorientierung, Selbstwirksamkeit und Vertrauen in die Intuition wird in diesem Bereich abgefragt, wie gut der Sportler in der Lage war, sich selbst und seinen eigenen Fähigkeiten zu vertrauen. Vor allem der Selbstwirksamkeit kommt hier eine zentrale Bedeutung zu (Bandura, 1997; Maddux, 1995) da sie dem Sportler das Gefühl gibt „die Sache im Griff zu haben".
2) **Commitment/Entschlossenheit:** In den Unterkategorien Volition & Zielbindung, Entscheidungen treffen und Verantwortung übernehmen wird in diesem Bereich abgefragt, wie entschlossen der Sportler in den Prozess der Leistungserbringung hereingegangen ist, wie klar er Entscheidungen getroffen hat und wie bewusst er im Sinne einer internalen Attribution Verantwortung für seine Leistungen übernommen hat (vgl. Weiner, 1985).
3) **Fokus:** In den Unterkategorien Ergebnisdenken, Umgang mit Ablenkungen und Routinen wird in diesem Bereich abgefragt, wie gut sich ein Sportler an seine vorher festgelegten Handlungsroutinen halten konnte, oder ob er durch Ergebnisdenken und andere Ablenkungen in der Fokussierung auf die Aufgabe gestört wurde (vgl. Nideffer & Sagal, 2006).
4) **Emotionen und Gefühle:** In den Unterkategorien Vorbereitung und Erleben im Wettkampf wird in diesem Bereich abgefragt, wie sich ein Sportler emotional auf den Wettkampf vorbereitet hat, wie er seine Emotionen vor dem Wettkampf erlebt hat und wie er mit diesem Erleben umgegangen ist. Theoretische Grundidee war hier das Erkennen und aktive Coping mit Emotionen als Skill zu betrachten, wie es z. B. in der Psychotherapie sehr erfolgreich angewendet wird (vgl. Linehan, 1996).
5) **Anspannung, Energie & Körpergefühl:** In den Unterkategorien Anspannungsregulation, Körpergefühl & Körperwahrnehmung und Energiemanagement wird in diesem Bereich abgefragt, wie gut es dem betreffenden Sportler im Wettkampf gelungen ist, seine Anspannung zu regulieren und einen geeigneten Anspannungszustand im Sinne einer „Individual Zone of Optimal Functioning" (Hanin, 1997, 2000) aktiv herzustellen. Darüber hinaus werden das im Wettkampf vorherrschende Körpergefühl und das Erleben der körperlichen Ressourcen thematisiert.
6) **Evaluation:** In den Unterkategorien Zufriedenheit und Erwartungen, Leistungserbringung und Implikationen bzw. „Lessons learned" wird in diesem Bereich abgefragt, wie zufrieden ein Sportler mit der Leistungserbringung war und wie gut er seine Trainingsleistungen in der Wettkampfsituation umsetzen konnte. Darüber hinaus wird die eigenständige Wettkampfevaluation thematisiert und die Formulierung von konkreten Zielen und Aufgaben für den nächsten Wettkampf überprüft.

In **Step 2** erfolgten in Zusammenarbeit mit dem DSV eine erste Überprüfung mit ausgewählten Sportlern und daran anschließend die Umsetzung des PM als Diagnostiktool für mobile Endgeräte. Diese Sportler testeten hier ausgiebig Inhalte und Funktionalität, so dass anschließend in **Step 3 und 4** eine breite Erprobung in Trai-

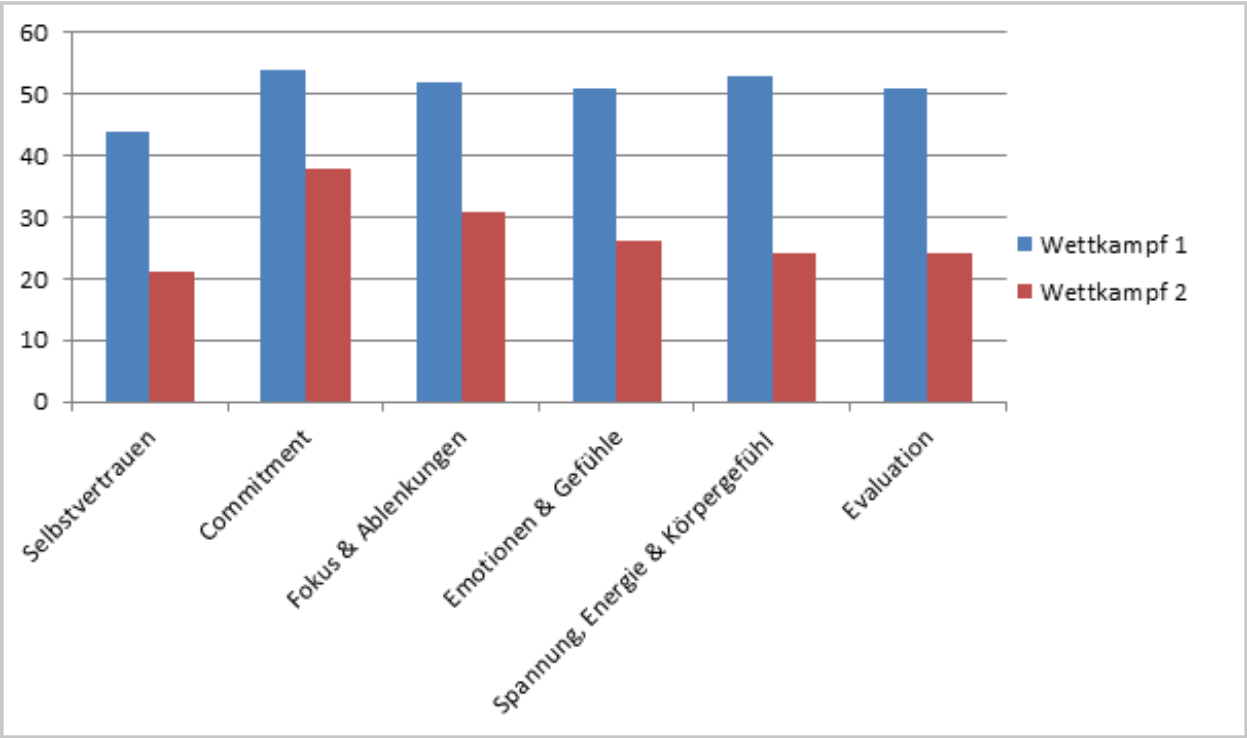
ningslehrgängen und Wettkämpfen durchgeführt werden konnte. Im Entwicklungsumfeld Biathlon erfolgte beispielsweise mit Hilfe des PM ein Monitoring der Qualität mentaler Leistungsfähigkeit bei individualisierten Schießteilprozessen. Diese stellen im sportpsychologischen Anforderungsprofil der Sportart Biathlon zum einen einen sehr sensiblen und anspruchsvollen Ablauf dar. Zum anderen werden sie v. a. im Sommertraining oft durchgeführt und automatisiert, womit sie sich ideal für ein längsschnittlich angelegtes Prozessmonitoring mit dem PM eigneten. Dabei erfolgten abschließende Auswertungsgespräche mit den jeweiligen Trainern, um die praktische Nutzen des PM zu gewährleisten und perspektivisch auch die Trainer für diese Art der Wettkampfanalyse zu gewinnen.

3 Praxiserprobung

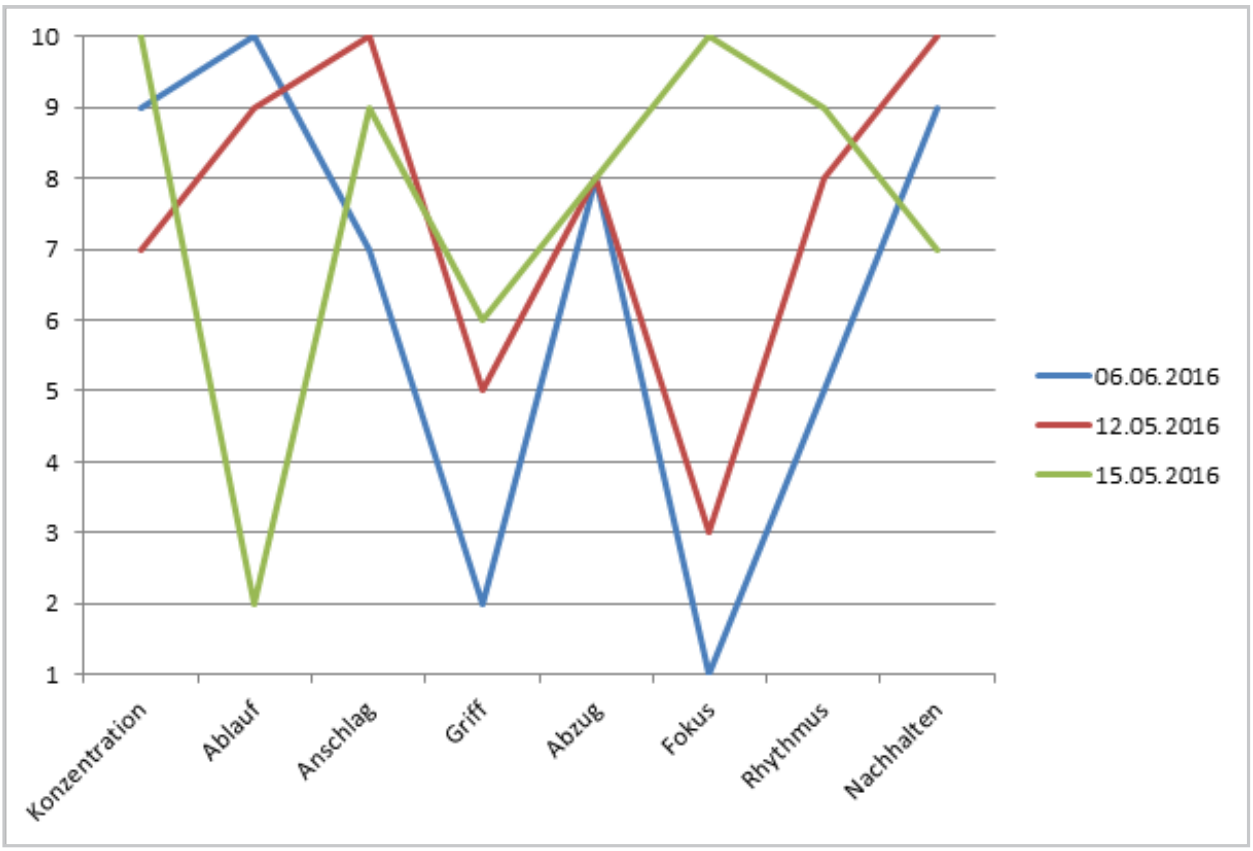
Kernidee des PM ist die Interaktion aus Monitoring und Coaching. Diese Idee konnte laut aller Rückmeldungen von den beteiligten Sportlern sehr gut umgesetzt werden. Nach ihren Aussagen zeigte das erneute und sehr bewusste Nachdenken über die eigenen Prozesse, um sie korrekt dokumentieren zu können bereits Auswirkungen. Die Sportler berichteten eine gesteigerte Bewusstheit für das eigene Handeln, für konkrete Ziele und Teilziele in den darauffolgenden Trainings sowie daraus entstehende Motivation und eine bessere Stabilität dieser Erkenntnisse. Aus ihrer Sicht steigerte sich dadurch die individuelle Trainingsqualität.

Auffällig war v. a. eine vermehrte Beschäftigung mit sportpsychologischen Prozessen auf Seiten der Sportler und Trainer, eben durch die Möglichkeit der Quantifizierung sonst sehr vage bleibender Prozesse. Die ursprüngliche Idee, die erfassten Informationen im sportpsychologischen Beratungsprozess zu nutzen, konnte wie geplant umgesetzt werden.

Die von Sportler und Trainerseite berichtete gesteigerte Trainingsqualität aufgrund von bewusster Auseinandersetzung mit den mentalen Prozessen in Wettkampf und Training war das zweite sehr positive Ergebnis dieser Praxiserprobung. Im Folgenden sind exemplarisch die Daten zweier Sportler grafisch aufbereitet.



Sportler 1 (Ski Alpin, 22 Jahre): Vergleich 5 mentaler Bereiche sowie der Evaluation in 2 Wettkämpfen



Sportler 2 (Biathlon, 20 Jahre): Vergleich der Qualität von 8 Teilprozessen an 3 Trainingstagen

3.1 Fazit

Als Fazit der Praxiserprobung können 3 wichtige Erkenntnisse festgehalten werden:

- Die Akzeptanz von Seiten der Sportler ist gegeben. Der PM wird inhaltlich als sehr hilfreich und in seiner Anwendung auf dem Handy als sehr praktisch eingeschätzt.
- Sein Einsatz ist organisatorisch und technisch machbar und
- kann sinnvoll und gewinnbringend in den sportpsychologischen Coachingprozess integriert werden.

4 Ergebnisse

Neben den bereits erwähnten inhaltlichen und prozesshaften Ergebnissen lassen sich folgende technische Ergebnisse des Projekts festhalten: Die Dateneingabe durch den Sportler läuft problemlos. Die Daten können sowohl zeitnah nach dem Training oder Wettkampf über ein mobiles Endgerät eingegeben werden oder auch später über einen PC. Der Sportler muss dazu online sein. Die mögliche Alternative, den PM als offline verwendbare App umzusetzen, war im Rahmen dieses Projektes technisch wie auch aus Datenschutzgründen zu aufwendig. Da aber die WLAN-Abdeckung in Trainingsstätten oder Hotels sowie die individuellen Internetzugangsmöglichkeiten Standard geworden sind, stellte dies in der Praxiserprobung kein Hindernis dar.

Die Eingabe (siehe Seite 5 oben), Übertragung und Speicherung sowie der Abruf und Export der Daten funktionieren in einer Basisversion, die eine Grundfunktionalität abdeckt. Diese Basisfunktionen bis zur Auswertung sind umgesetzt, v. a. hinsichtlich der Auswertung aufgrund des unerwartet hohen Programmieraufwandes allerdings noch im Pilotstatus. Demonstriert wurde die prinzipielle Machbarkeit.

Die Usability und direkte Rückmeldung der Ergebnisse an den ausfüllenden Sportler sollten weiter verbessert werden. (z. B. erfolgt bisher die Ausgabe der Daten über temporäre Anzeige am mobilen Endgerät (siehe linke Spalte unten)



Basisversion für Eingabe, Übertragung, Speicherung, Abruf und Export der Daten



	Frage	Antwort
1	Infos Schießen	stehend, Wettkampf
2	Konzentration	8
3	Ablauf	6
4	Anschlag	3
5	Griffstück	9
6	Abzug	4
7	Augen	4
8	Rhythmus	8
9	Nachhalten	7
10	Trefferquote	2 Fehler / 20 Schuss
11		Test

Ausgabe der Daten am mobilen Endgerät

sowie per Export als CSV-Datei zum Importieren in Excel oder SPSS. Der betreuende Sportpsychologe muss dann die Daten entsprechend aggregieren und eine passende Auswertung (z. B. bestimmter Längsschnittvergleich zum Vorwettkampf) vornehmen.

4.1 Fazit

- Die technische Basis des PM wurde entwickelt.
- Der Einsatz im Trainingsalltag erfolgte.
- Handling und Usability sind für eine Grundfunktionalität gegeben.

5 Diskussion

5.1 Was wurde gut umgesetzt?

Es wurde eine universelle Plattform geschaffen, die die Machbarkeit in technischer wie auch inhaltlicher Hinsicht demonstriert. Bezüglich der Umsetzung weiterer Features (z. B. direkte Rückmeldung an den ausfüllenden Sportler) wurde die technische Machbarkeit überprüft und erste Testversionen wurden umgesetzt.

5.2 Änderungen zum Antrag?

Nicht umgesetzt werden konnte das Ziel, mit dem PM weitreichende Datenerhebungen und statistische Auswertungen durchzuführen. Im Laufe der Entwicklung wurde deutlich, dass mehr Erhebungsgelegenheiten geschaffen werden mussten, um die Umsetzung des PM in der Praxis zu überprüfen. Diese Steigerung der Erhebungsgelegenheiten konnte durch die praktische Anwendung im Biathlon bei den Schießprozessen geschaffen werden. Einerseits ging dies zeitlich wie finanziell zu Lasten umfangreicherer Datenerhebungen, andererseits konnten interessante Erkenntnisse für mögliche zukünftige Projekte gewonnen werden.

5.3 Offene Fragen und Ausblick

Bei der Erprobung und Entwicklung des PM in der sportpsychologischen Betreuungspraxis hat sich gezeigt, dass für die Sportler gerade der Längsschnittvergleich ihrer mentalen Leistung spannend ist. Zentrale Coaching-Fragen bei Einsatz des PM waren oft: Was unterscheidet meine Wettkämpfe? Wie kann ich mental gute Leistung stabilisieren? War ich so drauf wie im letzten Wettkampf oder besser/schlechter? Was hat sich an meinem Rangehen verändert? Längsschnitt-Auswertungen in dieser Art sind aktuell möglich aber a) aufwendig und b) stehen sie dem Sportler nicht direkt zur Verfügung (müssen vom betreuenden Sportpsychologen in Vorbereitung auf das nächste Gespräch aufbereitet werden). Insgesamt bleibt festzuhalten, dass die Grundfunktionalität sehr gut läuft, der PM aber noch nicht den Entwicklungsstand erreicht hat, an dem Auswertungen automatisch laufen oder sogar ein Sportpsychologe überflüssig wird.

5.4 Fazit

Mit dem PM liegt ein potentes Tool vor, das v. a. durch die Einbeziehung der Sportler in die Entwicklung bereits jetzt hohe Akzeptanz und starke Praxisorientierung vorweisen kann. Im Zielbereich der allgemeinen Evaluation in der Breite der betreuten Mannschaften in Ski Alpin und Biathlon konnten aufgrund der umfangreichen Vorarbeiten die angestrebten Ziele nur teilweise erreicht werden.

Insgesamt steht mit dem PM nun ein Tool zur qualitativen Weiterentwicklung der Prozesse in der sportpsychologischen Betreuungsarbeit zur Verfügung, das grundsätzlich auch in anderen Sportarten eingesetzt werden kann. Perspektivisch könnte es online anderen in der Praxis tätigen sportpsychologischen Expertinnen und Experten zur Verfügung gestellt werden, um sie bei ihrer Arbeit zu unterstützen.

6 Literatur

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: Freeman

Beckmann-Waldenmayer, D., & Beckmann, J. (2012). Handbuch sportpsychologischer Praxis: mentales Training in den olympischen Sportarten. Spitta. Hanin, Yuri L. (1997). Emotions and athletic performance: Individual zones of optimal functioning model. *European Yearbook of sport psychology, 1*, 29-72.

Hanin, Y. L. (2000). *Emotions in sport*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Heinrich, Amelie (2016). Spitzenleistungen im Biathlon – eine Betrachtung der psychologischen Faktoren. Unveröffentlichte Masterarbeit, Universität Halle (Saale).
Maddux, J. E. (1995). Self-efficacy theory: An introduction. In J. E. Maddux (Ed.), *Self-efficacy, adaptation, and adjustment: Theory, research, and application* (pp. 3-33). New York: Plenum Press.

Hogg, J., & Kellmann, M. (2002). Debriefing im Leistungssport [Debriefing in Elite Sports]. Psychologie und sport, 9, 90-96.
Linehan, M. (1996). *Dialektisch-Behaviorale Therapie der Borderline-Persönlichkeitsstörung.* CIP-Medien .

Nideffer, R. & Sagal, M. (2006). Concentration and attention control training. In J. M. Williams (Ed.), *Applied sport psychology: Personal growth to peak performance* (pp. 382 – 403). New York, NY: McGraw-Hill.

Weiner, B (1985). An attributional theory of achievement motivation and emotion. *Psychological review, 92* (4), 548-573.

Einsatz von taktilem Biofeedback für die Technikschulung bei sehbehinderten Langläuferinnen und Langläufern

(AZ 072003/16-17)

Patrick Wiegel[1,2], *Lu Li*[1], *Dominic Gehring*[1], *Christian Leukel*[1,2] *(Projektleitung)*

[1]Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Institut für Sport und Sportwissenschaft,
[2]Bernstein Center Freiburg, Universität Freiburg

1 Abstract

Sehbehinderte Skilanglaufsportler bzw. -sportlerinnen können beachtliche Leistungen vollbringen. Durch den partiellen bzw. kompletten Ausfall des visuellen Systems fehlen sehbehinderten Skilangläufern und -läuferinnen allerdings wichtige sensorische Informationen über die Position des Körpers auf den Skiern. Obwohl andere Sensorsysteme (propriozeptives und vestibulares System) einen fast reibungslosen Bewegungsablauf ermöglichen, berichten Trainer und Begleitfahrer über Schwierigkeiten bei der optimalen Positionierung des Körpers auf den Skiern beim Skilanglauf. Die Position des Körpers, quantifizierbar durch die Lage des Körperschwerpunkts (KSP), ist ein entscheidender Faktor für die Leistungsfähigkeit der Athletinnen und Athleten. Daher war es das Ziel des vorliegenden Projekts, ein taktiles Biofeedbacksystem zur Korrektur der Körperposition für die sehbehinderten Athleten und Athletinnen zu entwickeln. Die Entwicklung sollte auf Basis von quantitativ ermittelter Unterschiede im KSP-Verlauf zwischen gesunden und sehbehinderten Sportlerinnen und Sportlern erfolgen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass der Verlauf des KSP bei sehbehinderten Athleten und Athletinneninnen nicht grundsätzlich von dem der sehenden Athletinnen und Athleten abweicht, sondern ausschließlich während der Abstoßphase des gleitenden Beines bei sehbehinderten Personen signifikant weiter hinten positioniert ist. Dieser Unterschied wurden von uns in einer Labormessung mittels eines räumlich präzise messenden Bewegungsanalysesystems (Vicon®) erfasst. Der Unterschied entsteht möglicherweise durch fehlende visuelle Informationen über die Position des Körpers auf dem Ski und/oder der Vermeidung von labilen Gleichgewichtszuständen auf dem Ski und kann zu Defiziten in der Leistungsfähigkeit führen. Weder Druckmesssensoren noch inertiale Messeinheiten konnten in unserer Studie diesen phasenspezifischen Unterschied in der Körperposition abbilden. Portable und leicht anzubringende Messsysteme wie Druckmesssensoren und inertiale Messeinheiten sind allerdings für die Entwicklung eines portablen Biofeedbacksystems für sehbehinderte Skilangläufer und -läuferinnen notwendig. Diese Entwicklung hängt somit maßgeblich von der Entwicklung neuer Messsysteme ab, die kinematische Merkmale präzise erfassen können.

Schlagwörter: Feedback, Bewegungsanalyse, Sehbehinderung, nordischer Skisport

2 Problem

Die Gleichgewichtskontrolle des Menschen ist nicht nur für die alltägliche Fortbewegung, sondern auch für die sportliche Leistungsfähigkeit von essentieller Bedeutung. Ermöglicht wird die Kontrolle des Gleichgewichts durch koordinierte Muskelkontraktionen, die durch das zentrale Nervensystem (ZNS) gesteuert werden. Das ZNS ist hinsichtlich der Steuerung auf sensorische Informationen aus der Peripherie angewiesen. Neben dem propriozeptiven System (Tiefensensibilität und taktile Sensoren) (Fitzpatrick et al., 1992) und dem Gleichgewichtsorgan im Innenohr (Vestibularorgan) (Allum und Pfaltz, 1985) gehört das visuelle System (Nashner et al.,

1982; Taube et al., 2008a) zu diesen Sensorsystemen. Während ein Verlust der Informationsqualität eines der Systeme bis zu einem gewissen Grad von anderen Systemen kompensiert werden kann (Taube et al., 2008b), führen Totalausfälle eines Sensorsystems zu erheblichen Defiziten in der Gleichgewichtskontrolle (Duarte & Zatsiorsky, 2002). Bei sehbehinderten Personen fällt das visuelle System entweder teilweise oder komplett aus, und das kann zu erheblichen Defiziten in der Gleichgewichtskontrolle führen (Navarro et al., 2004; Ray et al., 2008).

Eine aktuelle, noch nicht publizierte Studie unserer Arbeitsgruppe konnte zeigen, dass eine Trainingsintervention zur Verminderung von Gleichgewichtsschwankungen, nämlich ein sensomotorisches Training, Gleichgewichtsschwankungen bei sehbehinderten Langläuferinnen und Langläufern reduzieren und die sportartspezifische Leistungsfähigkeit verbessern konnte. Trainer und Begleitläufer berichten allerdings, dass diese Verbesserungen nicht mit Optimierungen der Langlauftechnik einhergehen. Gerade bei sehbehinderten Langläuferinnen und Langläufern besteht ein erhebliches Problem bei der optimalen Positionierung des Körpers auf dem Ski. Die Position auf dem Ski kann durch die Lage des Körperschwerpunktes (KSP) während der Gleitphase quantifiziert werden und gilt als ein entscheidendes Technikmerkmal im Skilanglauf. Bei sehbehinderten Athletinnen und Athleten befindet sich der KSP während der Gleitphase nach Angaben der Trainer deutlich zu weit hinter den Skiern. Die folglich entstehende Rücklage des Körpers könnte maßgeblich zu einer Verschlechterung der Laufruhe, höheren Muskelarbeiten und letztlich zur reduzierten Leistungsfähigkeit führen.

Obwohl versucht wird, das potentielle technische Defizit über spezielle Trainingsmethoden (verbales Feedback) zu vermindern, beklagen Trainer und Begleitläufer, dass die Effekte nur für kurze Zeit anhalten würden. Auf Basis dieser Erfahrungen war die Kernidee des hier vorliegenden Projekts, technische Hilfsmittel zu nutzen, um den Athletinnen und Athleten Rückmeldungen über die Position des KSP zu vermitteln. Die Rückmeldungen sollten mittels Biofeedback, d. h. vibrotaktilem Feedback auf der Haut, erfolgen. Diese Strategie würde längerdauernde Rückmeldungen eines quantitativ erhobenen KSP ermöglichen.

Die Studie war in zwei Arbeitspakete unterteilt. Ziel von Arbeitspaket i) war es, den Verlauf des KSP beim Skilanglauf zwischen sehbehinderten und sehenden Athleten und Athletinnen zu vergleichen. Dieses Arbeitspaket sollte quantitative Unterschiede im KSP Verlauf zwischen behinderten und nichtbehinderten Athletinnen und Athleten ermitteln. Ziel von Arbeitspakt ii) war es, ein taktiles Biofeedbacksystem zur Technikoptimierung für sehbehinderte Skilanglaufathleten bzw. -athletinnen technisch zu entwickeln und zu testen.

3 Methode

3.1 Probanden

Neun Probanden wurden in die vorliegende Studie eingeschlossen. Davon waren 4 sehbehinderte Langläuferinnen und Langläufer aus dem Kader der deutschen (N = 3) bzw. französischen (N = 1) Nationalmannschaft (Durchschnittsalter ± Standardabweichung: 24.5 ± 1.7). Die Kontrollgruppe bestand aus 5 sehenden Langläufern aus der deutschen Nationalmannschaft (Nordische Kombination) (21.0 ± 2.1 Jahre).

3.2 Studienaufbau

3.2.1 Erste Studie

Um den Verlauf des KSP beim Skilanglauf quantitativ bei sehenden und sehbehinderten Spitzenathletinnen und -athleten erfassen zu können, wurde eine Labormessung auf einem Laufband mit einer Lauffläche von 3 m (Breite) x 5 m (Länge) (ForceLink®) mit allen Probanden durchgeführt. Der Verlauf des KSP wurde mittels Bewegungsanalysesystem (Vicon®) erfasst (siehe folgende Kapitel). Zusätzlich wurden Druckmesssohlen entwickelt, um mittels Sensoren im vorderen und hinterem Fußbereich die Druckverteilung der Probanden zu erfassen. Alle Athleten bzw. Athletinnen liefen mit Skirollern in der Skating-Technik (Eins-Eins-Technik). Das kommunizierte Ziel für die Probanden war es, bei konstant gehaltener Geschwindigkeit des Laufbandes mit möglichst konstanter Technik zu laufen. Die Probanden waren durch ein Sicherheitssystem

(Seilzüge) vor dem Abrutschen vom Laufband und dadurch vor Verletzungen geschützt. Insgesamt wurden 2 Messungen je 30 Gleitzyklen bei je 2 verschiedenen Laufgeschwindigkeiten (moderate Trainingsgeschwindigkeit: je nach Leistungsstand 13 km/h oder 15 km/h; und intensive Wettkampfgeschwindigkeit: je nach Leistungsstand 22 km/h oder 25 km/h) pro Proband durchgeführt.

3.2.2 Zweite Studie

Bei dieser Studie wurden Beschleunigungssensoren in einem Feldtest bei zwei Probanden verwendet (ein sehender Athlet und eine sehbehinderte Athletin). Das Ziel dieser Experimente war es, die Beschleunigung einzelner Körperteile bei beiden Probanden zu vergleichen. Die Messung wurde in der Skating-Technik unter realen Bedingungen auf dem Ski durchgeführt. Bei konstanter Geschwindigkeit (ca. 15 km/h, mittels GPS-Uhr überprüft und ggf. angepasst) wurden von den Athleten ebenfalls etwa 30 Gleitzyklen durchgeführt.

3.3 Bewegungsanalyse

Die Bestimmung des KSP im Labor wurde mithilfe eines dreidimensionalen Bewegungsanalysesystems (Vicon Motion Systems, Oxford, UK) durchgeführt. Dafür wurden 10 Kameras verwendet, die über Infrarot-Lichtimpulse die Position von an den Probanden angebrachten retroreflektierenden sphärischen Markern detektierten (200 Hz Auflösung). Die Position der Marker wurde in ein 3D-Koordinatensystem umgerechnet, sodass ein realitätsnahes Körpermodell erstellt und kinematische Analysen von Körper bzw. Gelenken durchgeführt werden konnten. Mittels dieses individuellen Körpermodells wurde der KSP-Verlauf für jeden Probanden für jede aufgenommene Bedingung berechnet.

3.4 Druckmesssensoren

Um die Druckverteilung des Fußes während des Skilanglaufes im Labor zu untersuchen, wurden Druckmesssohlen entwickelt, die mittels an der Fußsohle angebrachten Sensoren die Druckverteilung erfassten. Die Sensoren wurden so angebracht, dass Aussagen hinsichtlich Druckverteilung zwischen anterioren (2 Sensoren) und posterioren (1 Sensor) Anteilen des Fußes ermöglicht werden konnten. Die Sensoren wurden unter dem 1) medialen Keilbein, 2) Würfelbein, 3) Calcaneus platziert. Die Aufnahmefrequenz betrug 100 Hz. Die beschriebene Anordnung erlaubte es, Aussagen hinsichtlich Druckbelastung im vorderen und hinteren Fußbereich zu treffen.

3.5 Inertiale Messeinheiten

Mit inertialen Messeinheiten (OptimEye S5, Catapult Sports/Innovations, Australien) wurde die Beschleunigung der Füße (rechts & links) sowie der Hüfte (Annäherung an KSP) im Feldtest in 3 verschiedenen Ebenen gemessen: 1) Vorwärts-Beschleunigung, 2) Seitwärts-Beschleunigung und 3) Aufwärts-Beschleunigung. Die Aufnahmefrequenz betrug 100 Hz.

3.6 Datenanalyse und Statistik

Die Datenanalyse erfolgte mithilfe selbstgeschriebener Matlab-Skripte (Mathworks Inc.®, Chatswool, MA). Zur Berechnung statistischer Tests wurde die Statistiksoftware SPSS 24.0 (SPSS®, Chicago, IL, USA) verwendet.

Die Bestimmung des KSP wurde mittels kinematischer Daten in der Vicon-Software durchgeführt. Um die Position des KSP im Vergleich zur Position der Skier/Füße zu untersuchen, wurden alle KSP-Daten auf die Position des Fußmittelpunktes (für rechtes und linkes Bein) referenziert. Um den Verlauf des KSP zwischen den Probanden vergleichen zu können, wurden alle KSP-Daten in Gleitphasenzyklen eingeteilt. Ein Zyklus besteht hierbei aus der Standphase, d. h. der Zeit vom Fußaufsatz bis zum Fußabsatz/Abstoßen desselben Beines. Die KSP-Daten für alle aufgenommen Zyklen innerhalb einer Bedingung wurden anschließend gemittelt und mittlere KSP-Position (Mittelwert aus allen aufgenommen Zyklen pro Messung) sowie die maximale vordere (in der Regel kurz vor Abstoßen vom Boden) und maximale hintere KSP-Position (in der Regel kurz nach Fußaufsatz) je Messung bestimmt. Mittlere KSP-Position, maximale vordere und hintere KSP-Position wurden zwischen den beiden Gruppen nach Überprüfung der Varianzhomogenität mittels T-Tests für unabhängige Stichproben verglichen. Hierfür wurde jede Messung (2/Proband)

einzeln gewertet, um die Anzahl der Stichproben zu erhöhen.

Zum Vergleich der Druckverteilung wurden die Druckmesssensoren Daten mit den KSP-Daten zeitlich synchronisiert. Um die Druckverteilung zwischen vorderem Fuß und hinterem Fuß zu vergleichen und Rückschlüsse über die Beziehung zum KSP schließen zu können, wurde die Daten der vorderen Sensoren (Mittel aus Sensor 1 & 2) auf die Daten des hinteren Sensors (Calcaneus) referenziert. Alle Daten wurden innerhalb einer Bedingung gemittelt, zusätzlich wurden maximale und minimale Druckverteilung während der gemittelten Gleitphasendauer bestimmt. Die Daten beider Gruppen wurden nach Überprüfung der Varianzhomogenität mittels T-Tests für unabhängige Stichproben verglichen. Für die Daten der Beschleunigungssensoren wurden aufgrund der geringen Stichprobengröße (N = 2) keine statistischen Tests berechnet (nur visuelle Analyse). Die Daten wurden dennoch hinsichtlich mittlerer, maximaler und mittlerer Beschleunigung in allen 3 Ebenen untersucht.

4 Ergebnisse

4.1 Bewegungsanalyse des KSP

Abb. 1 stellt den gemittelten Verlauf des KSP der einzelnen Probanden während der Gleitphase dar. Es zeigt sich ein ähnlicher KSP-Verlauf in beiden Gruppen: Eine Verlagerung des KSP nach hinten zu Beginn (negative y-Achsen Werte) und nach vorne (positive y-Achsen Werte) am Ende der Gleitphase. Die statistische Auswertung zeigte, dass der Verlauf des KSP sich im Mittel zwischen sehbehinderten und sehenden Spitzenathleten bzw. -athletinnen nicht signifikant unterscheidet (Wettkampfgeschwindigkeit $p = 0.234$ (Referenz re. Fuß) und $p = 0.767$ (Referenz li. Fuß); Trainingsgeschwindigkeit $p = 0.682$ (Referenz re. Fuß) und $p = 0.642$ (Referenz li. Fuß)). Ebenso zeigte sich kein signifikanter Unterschied hinsichtlich maximaler hinterer KSP-Position während der Gleitphase (Wettkampfgeschwindigkeit $p = 0.322$ (Referenz re. Fuß) und $p = 0.167$ (Referenz li. Fuß); Trainings-

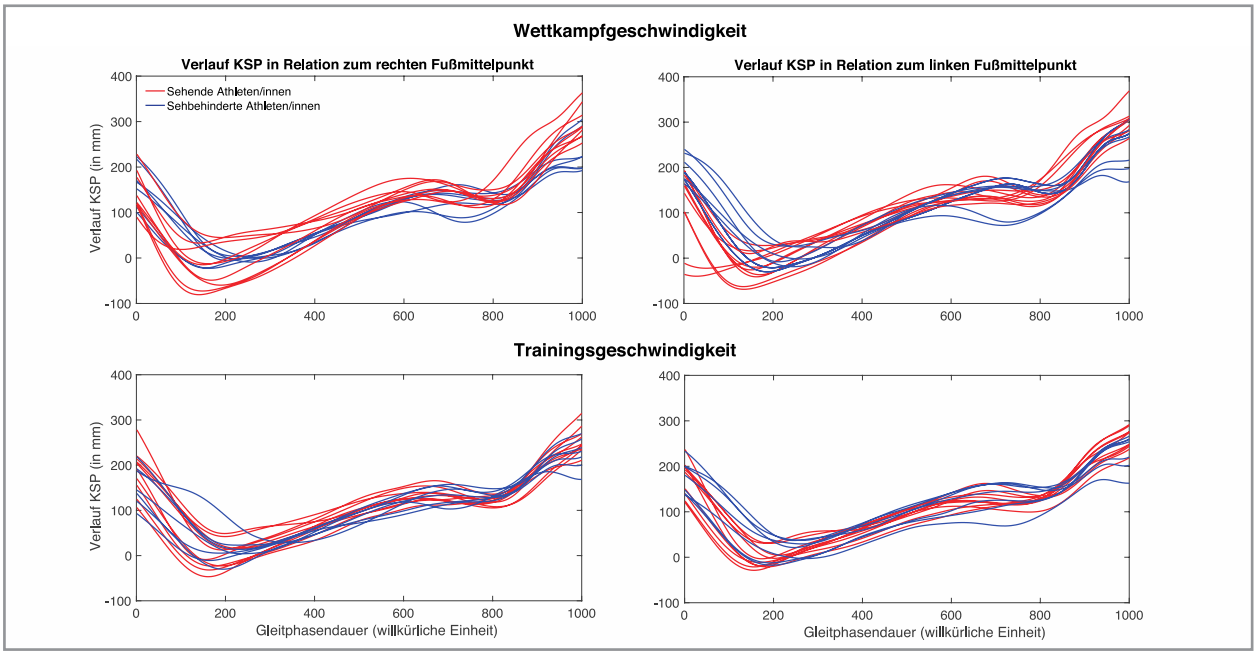


Abb. 1: Verlauf des KSP bei sehenden (rot) und sehbehinderten (blau) Athleten/-innen der nordischen Kombination bei Wettkampf- (oben) und Trainingsgeschwindigkeit (unten). Pro Proband wurden jeweils 2 Durchgänge von je 30 Gleitphasen aufgenommen. Dargestellt ist der mittlere Verlauf des KSP während der Gleitphase in Relation zum rechten Fußmittelpunkt (links) und zum linken Fußmittelpunkt (rechts). Die y-Achse stellt den KSP Verlauf in mm dar (jeweils referenziert auf den entsprechenden Fußmittelpunkt). Die x-Achse zeigt die normalisierte Gleitphasendauer in einer willkürlichen Einheit (Interpolation der Daten).

geschwindigkeit p = 0.726 (Referenz re. Fuß) und p = 0.133 (Referenz li. Fuß)). Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Position des Körpers auf den Skiern bei sehenden und sehbehinderten Athleten bzw. Athletinnen zumindest im mittleren Verlauf sowie in der maximal erreichten hinteren Position nicht wesentlich voneinander abweicht. Interessanterweise liegen jedoch signifikante Unterschiede in der maximal erreichten vorderen Position des KSP im Verlaufes eines Gleitzyklus vor (Wettkampfgeschwindigkeit p < 0.01 (Referenz re. Fuß) und p < 0.01 (Referenz li. Fuß); Trainingsgeschwindigkeit p = 0.09 (Referenz re. Fuß) und p < 0.001 (Referenz li. Fuß)). Diese maximale vordere Position wurde in beiden Gruppen beim Abdruck des Fußes (Gleitphasendauer = 1000 in der Grafik) erreicht. Sehende Athleten bzw. Athletinnen haben ihren KSP ca. 30-50 mm (abhängig von der Bedingung) weiter vorne als sehbehinderte Athleten bzw. Athletinnen, was auf phasenspezifische Unterschiede bei der Körperpositionierung auf den Skiern hindeutet.

4.2 Druckmesssensoren

Bei der Analyse der Druckmesssensoren-Daten wurden die gleichen Zeitintervalle verwendet, die für die KPS Daten als Gleitphasenzyklen definiert wurden (zeitliche Synchronisierung der Daten). Abb. 2 zeigt die mittlere Druckverteilung (Mittel vordere/hintere Belastung in %.) bei den sehenden und sehbehinderten Skilangläufern und Skilangläuferinnen. Die statistische Analyse zeigte, dass es keine Unterschiede in der Druckverteilung gibt (für mittlere, maximale und minimale Druckverteilung: alle p > 0.05). Dies gilt sowohl für den Vergleich beider Füße als auch den Vergleich beider Testgeschwindigkeiten.

4.3 Inertiale Messeinheiten

Die Untersuchung auf Skiern als Feldtest zeigte, dass die Beschleunigung einzelner Körperteile (Füße und Hüfte) sich zwischen dem sehenden Athleten und der sehbehinderten Athletin nicht stark unterscheidet. Abb. 3 (siehe Seite 6) zeigt die Daten in allen 3 gemessen Ebenen für beide Probanden über ein Zeitintervall von 5 Sekunden (Hüft-Sensor). Es zeigen sich spezifische Beschleunigungsmuster, die eine zyklische Bewegung wiedererkennen lassen, sich jedoch in ihrer Charakteristik (maximale und mittlere Beschleunigung) nicht unterscheiden.

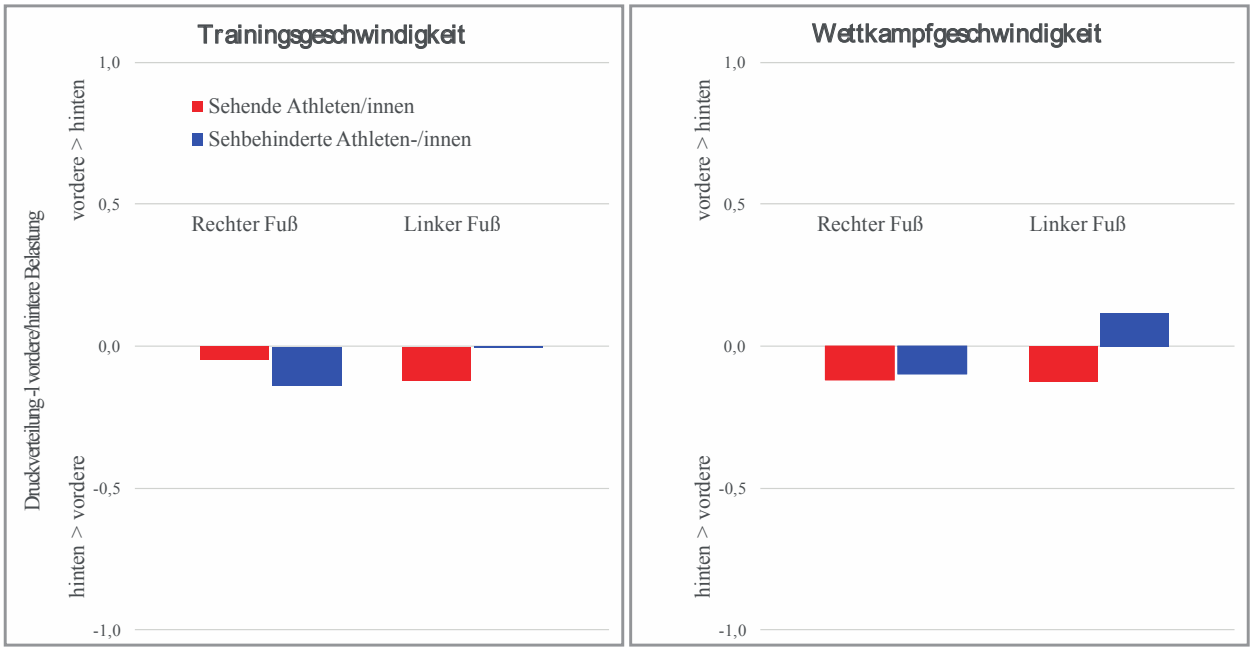


Abb. 2: Prozentuale Druckverteilung (Verhältnis vordere/hintere Belastung) bei sehenden (rot) und sehbehinderten Skilangläufern/-innen bei Trainings- (links) und Wettkampfgeschwindigkeit (rechts).

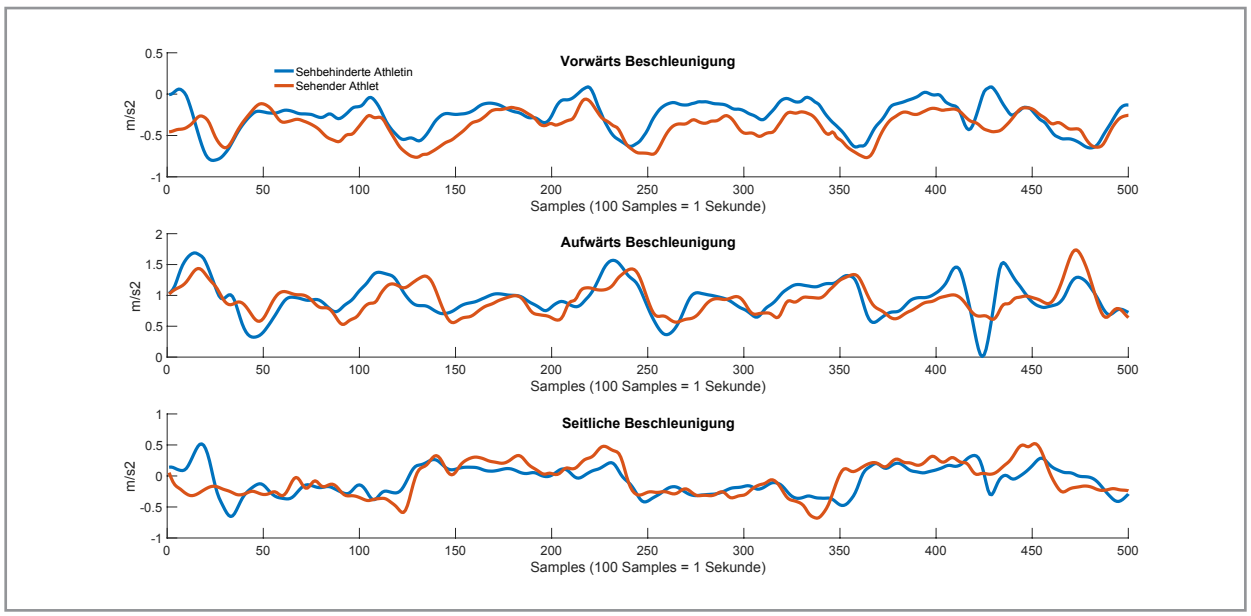


Abb. 3: Beschleunigungsdaten der Hüfte in 1) Vorwärts – Richtung (Oben), 2) Aufwärts Richtung (Mitte) und 3) Seitliche Richtung (Unten).

5 Diskussion

Die vorliegende Studie zeigt, dass i) die Position des KSP bei Abstoßen des gleitenden Beines bei sehenden Skilanglaufathleten bzw. -athletinnen weiter vor dem Körper liegt als bei sehbehinderten Skilanglaufathleten bzw. -athletinnen und ii) Druckmesssohlen und inertiale Messeinheiten zumindest in der vorliegenden Konfiguration diesen Unterschied nicht detektieren und daher für die Entwicklung eines portablen Biofeedbacksystems nicht geeignet sind.

Der Verlauf des KSP-Verlaufs beim Skilanglauf scheint sich nur in bestimmten Phasen (Abstoßen des gleitenden Beines) des Gleitphasenzyklus zwischen sehenden und sehbehinderten Athleten bzw. Athletinnen in der Skating-Technik zu unterscheiden. Auffällig bei diesem Unterschied war, dass der KSP bei einigen sehbehinderten Athleten und Athletinnen am Ende der Gleitbewegung eine Art „Plateau“ erreicht, während der KSP bei den sehenden Athleten und Athletinnen bis zum letzten Zeitpunkt der Abstoßbewegung weiter nach vorne wanderte. Sehbehinderte Athleten scheinen damit kein allgemeingültiges Defizit (keine Unterschiede im mittleren KSP Verlauf) aufzuweisen, sondern es scheint beim Abstoß des gleitenden Beines eine Art „Blockierung“ vorzuliegen, den KSP weit nach vorne zu verlagern. Die Bedeutung dieses Unterschiedes für die Leistungsfähigkeit (potentielle Auswirkung auf Abdruckkraft, zu erbringende Muskelarbeit etc.) sollte in weiteren Studien untersucht werden (bspw. durch simultane Ableitungen der Muskelaktivität (Elektromyografie).

Die vorliegenden Untersuchungen zeigen auch, dass die von uns verwendeten Druckmesssensoren unter dem Fuß sowie inertiale Mess-einheiten an Fuß und Hüfte nicht in der Lage waren, die durch das Vicon-System ermittelten Unterschiede zwischen den sehenden und sehbehinderten Athleten bzw. Athletinnen aufzuzeigen. Unsere Interpretation dieser Befunde ist, dass die subtilen Unterschiede in den kinematischen Merkmalen zwischen gesunden und sehbehinderten Athletinnen und Athleten nur durch ein präzises Messsystem wie Vicon erfasst werden können. Dies ist bedauerlich, da praktikable und einfach zu verwendende Sensorsysteme wie Druckmesssohlen oder Inertialsensoren für die Entwicklung eines Biofeedbacksystems notwendig sind. Valide Messeinheiten, die phasenspezifische Veränderungen im KSP-Verlauf detektieren können und für ein Echtzeit Feedbacksystem zu Verfügung stehen, sind Grundvoraussetzung für die weitere Entwicklung von portablen Biofeedbacksystemen im Skilanglauf.

6 Literatur

Allum, J. H. & Pfaltz, C.R. (1985). Visual and vestibular contributions to pitch sway stabilization in the ankle muscles of normals and patients with bilateral peripheral vestibular deficits. *Experimental brain research, 58*, 82-94.

Duarte, M. & Zatsiorsky, V. M. (2002). Effects of body lean and visual information on the equilibrum maintenance during stance. *Experimental brain research, 146*, 60-69.

Fitzpatrick, R. C., Gorman, R. B., Burke, D. & Gandvia, S. C. (1992). Postural proprioceptive reflexes in standing human subjects: bandwidth of response and transmission characteristics. *The journal of physiology, 458*, 69-83.

Nashner, L. M., Black, F. O. & Wall, C. 3rd (1982). Adaptation to altered support and visual conditions during stance: patients with vestibular deficits, *Journal of neuroscience, 2*, 536-544.

Navarro, A. S., Fukujima, M. M., Fontes, S. V., Matas, S. L. & Prado, G. F. (2004). Balance and motor coordination are not fully developed in 7-year-old blind children. *Arquivos de neuro-psiquiatria, 62*, 654-657.

Ray, C. T., Horvat, M., Croce, R., Mason, R.C. & Wolf, S. L. (2008). The impact of vision loss on postural stability and balance strategies in individuals with profound vision loss. *Gait Posture, 28*, 58-61.

Stones, M. J. & Kozma, A. (1987). Balance and age in the sighted and blind. *Archives of physical medicine and rehabilitation, 68*, 85-89.

Taube, W., Gruber, M. & Gollhofer, A. (2008a). Spinal and supraspinal adaptations associated with balance training and their functional relevance. *Acta physiologica, 193*, 101-116.

Taube, W., Leukel, C. & Gollhofer, A. (2008b). Influence of enhanced visual feedback on postural control and spinal reflex modulation during stance. *Experimental brain research, 188*, 353-361.

Rahmenkonzeption und fachliche Weiterentwicklung der Sportpsychologie im Sport von Menschen mit Behinderungen

(AZ 072005/16-17)

Bernd Strauß (Projektleitung), Kathrin Staufenbiel, Sydney Querfurth & Charlotte Raue
WWU Münster, Institut für Sportwissenschaft, Arbeitsbereich Sportpsychologie

1 Problem

Während der letzten paralympischen Spiele in Rio 2016 nahmen insgesamt 4.328 Sportlerinnen und Sportler aus 159 Ländern teil. Es wurden 210 neue Weltrekorde (in 528 Medaillenentscheidungen) erreicht. Dies verdeutlicht die zunehmende Professionalisierung im paralympischen Sport. Um mit der steigenden internationalen Konkurrenz weiterhin erfolgreich Schritt zu halten, ist es erforderlich, weitere Leistungsreserven der Athletinnen und Athleten aufzudecken und zu fördern. Bei diesem Prozess kann die Sportpsychologie gewinnbringend sein, indem das sportpsychologische Training die Leistung unterstützt und fördert, und gleichzeitig das Wohlbefinden der Athletinnen und Athleten steigert. Es zeigt sich jedoch auch der dringende Bedarf, das Wissen und die Fähigkeiten der Sportpsychologinnen und Sportpsychologen im Sport von Menschen mit Behinderung weiterzuentwickeln (Kentta & Corban, 2014; Martin, 2015).

In den vergangenen Jahren wurden eine Vielzahl an individuellen sportpsychologischen Betreuungsprojekten durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft bewilligt, um so den paralympischen Sport in Deutschland auch in dieser Disziplin zu fördern. Ein Ziel des aktuellen Serviceforschungsprojektes war es nun, das Wissen und die Expertise zur Sportpsychologie im Sport von Menschen mit Behinderungen, welche in diesen einzelnen Projekten entstanden sind, zu bündeln. Zudem sollten die Sportlerinnen und Sportler, sowie Trainerinnen und Trainer und Betreuerinnen und Betreuer zu ihren Erfahrungen, Wünschen und Bedarfen im Hinblick auf die Sportpsychologie befragt werden. Insgesamt sollte so eine fachliche Weiterentwicklung und langfristige Etablierung der Sportpsychologie im Deutschen Behindertensportverband (DBS) ermöglicht werden. Dafür sollten eine verbandsspezifische, sportpsychologische Rahmenkonzeption entwickelt, sowie Fortbildungsangebote für Sportpsychologinnen und Sportpsychologen abgeleitet werden.

2 Methoden

Das Serviceforschungsprojekt gliederte sich in drei Phasen:

Vorbereitungsphase: In dieser Phase wurden sportpsychologische Intervisionen für Kolleginnen und Kollegen in der unmittelbaren Vorbereitung auf die Paralympischen Spiele 2016 durchgeführt. In Intervisionssitzungen mit Mitarbeiterinnen der WWU Münster wurden aktuelle sportpsychologische Betreuungsprojekte besprochen. Gleichzeitig wurden in dieser Phase der Leitfaden für die Experteninterviews erstellt, sowie die Onlinebefragung konzipiert und auf Barrierefreiheit (insbesondere in Bezug auf Sehbeeinträchtigungen) geprüft.

Erhebungsphase: Im Zeitraum nach den Paralmpischen Spielen 2016 wurde die Onlinebefragung unter Trainerinnen und Trainern, Sportlerinnen und Sportlern und Betreuerinnen und Betreuern durchgeführt. Insgesamt nahmen N = 115 Personen an der Umfrage teil (N = 73 Sportlerinnen und Sportler, N = 10 Trainerinnen und Trainer, N = 32 Betreuerinnen und Betreuer). Gleichzeitig wurden die Experteninterviews mit N = 12 sportpsychologischen Expertinnen und Experten (N = 9 weiblich) durchgeführt. Die sportpsychologischen Expertinnen und Exper-

ten waren im Mittel M_{Alter} = 42,83 (*SD* = 6,91) Jahre alt und hatten $M_{Erfahrung}$ = 10,05 (*SD* = 5,78) Jahre sportpsychologische Betreuungserfahrung. Zudem wurde ein Vortrag auf der DBS Vollversammlung vom Leistungssport im November 2016 gehalten. So entstand die Möglichkeit, in den direkten Austausch mit Bundestrainerinnen, Bundestrainern und Aktiven im DBS zu treten.

Transferphase: In dieser Phase stand zunächst die Datenauswertung im Vordergrund. Der Onlinefragebogen wurde ausgewertet, und die Interviews wurden verbatim transkribiert und ebenfalls ausgewertet. Die Auswertung der Interviews erfolgte mit Hilfe der Software MAXQDA Standard. Im Rahmen der DBS Medizinertagung, DBS Physiotherapeutentagung und der DBS Trainertagung wurden jeweils Fortbildungen zur Sportpsychologie angeboten. Ebenso wurde eine Fortbildung für sportpsychologische Kolleginnen und Kollegen auf der asp-Jahrestagung 2017 durchgeführt. Zur Erarbeitung der verbandsspezifischen Rahmenkonzeption wurde darüber hinaus ein eintägiger Workshop zur Erarbeitung der Rahmenkonzeption mit vier einschlägig ausgewiesenen sportpsychologischen Expertinnen und Experten mit besonderer Expertise im Sport von Menschen mit Behinderung durchgeführt.

3 Ergebnisse

3.1 Ergebnisse der Onlinebefragung

Ziel der Onlinebefragung war es, die Wünsche und Bedarfe der Trainerinnen und Trainer, Sportlerinnen und Sportler, und Betreuerinnen und Betreuer im DBS in Bezug auf Sportpsychologie zu erfassen. Der Erhebungszeitpunkt unmittelbar nach den Paralympischen Spielen führte zu einem zufriedenstellenden Rücklauf, allerdings war dieser für eine Analyse von Ergebnissen einzelner Sportarten zu gering.

Dennoch geben die Ergebnisse Einblicke in die Erfahrungen und Wünsche der Sportlerinnen und Sportler in Bezug auf die Sportpsychologie. Rund 60 %. der Teilnehmenden hatte bereits Kontakt zu einem Sportpsychologen oder einer Sportpsychologin, was in den meisten Fällen über den DBS (z. B. in Form von BISp-Projekten) ermöglicht wurde. Darüber hinaus wurden jedoch auch Finanzierungswege über Olympiastützpunkte oder private Finanzierungswege genutzt. Sowohl Sportlerinnen und Sportler mit als auch ohne vorherige Erfahrung mit Sportpsychologie stimmten der Aussage zu, dass die Zusammenarbeit mit der Sportpsychologie in Zukunft ihre Leistung unterstützen könnte. Dieser Aussage stimmten Sportlerinnen und Sportler mit vorheriger Erfahrung in Bezug auf Sportpsychologie jedoch signifikant deutlicher zu als Sportlerinnen und Sportler ohne diese Erfahrung. Thematisch wurden über alle drei Zielgruppen hinweg insbesondere die sportpsychologischen Themen „Entspannungsverfahren“ und „sportpsychologische Wettkampfvorbereitung“ thematisiert. Weitere Themen, die von den Sportlerinnen und Sportlern als relevant angesehen wurden, waren „Selbstvertrauen und Umgang mit Druck“ (58 %. betrachteten das Thema als „besonders relevant“), „Stress und Erholung“ (56 %.), „Umgang mit Fehlern“ (48 %.), sowie „Umgang mit Krisen“ (45 %.). Alle Befragten (sowohl Sportlerinnen und Sportler, als auch Trainerinnen und Trainer sowie Betreuerinnen und Betreuer) waren im Durchschnitt zufrieden mit der Zusammenarbeit mit der Sportpsychologie und nahmen eine Verbesserung der Leistung und des Wohlbefindens durch die Sportpsychologie wahr. Rund 90 %. der befragten Athletinnen und Athleten möchte zukünftig mit der Sportpsychologie zusammenarbeiten.

Bezogen auf die Möglichkeit der Weiterentwicklung der Sportpsychologie im DBS gaben die Befragten an, dass insbesondere eine kontinuierlichere Arbeit sowie ein sportpsychologischer Ansprechpartner oder eine Ansprechpartnerin im Verband wünschenswert seien. Darüber hinaus wird Potential in der sportpsychologischen Schulung des Betreuer- und Trainerstabs gesehen.

3.2 Ergebnisse der Experteninterviews

Ziel der Experteninterviews war es, bestehendes Expertenwissen in Bezug auf die sportpsychologische Betreuung im paralympischen Sport zu bündeln. Dabei stellte sich auch die Frage nach Gemeinsamkeiten und Unterschieden in der sportpsychologischen Betreuungsarbeit im

Sport von Menschen mit und ohne Behinderung. Bezogen auf Gemeinsamkeiten wurde von den Interviewten beschrieben, dass die grundlegenden, sportpsychologischen Themen (z. B. Konzentration, Selbstvertrauen) gleichermaßen Anwendung finden. Ebenso wurden Gemeinsamkeiten in der Leistungsbereitschaft der Athletinnen und Athleten, der sportpsychologischen Arbeitsweise, und der Zusammenarbeit mit dem Trainerstab und dem Verband aufgezeigt. Unterschiede hingegen wurden beschrieben, bezogen auf die Rahmenbedingungen (z. B. Logistik), die Bedeutung und Häufigkeit psychosozialer Themen in der Beratung sowie die höhere Heterogenität in den Teams. Zudem wurde die Notwendigkeit beschrieben, einzelne sportpsychologische Methoden (z. B. Entspannungsverfahren) anzupassen. Auch deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Sportarten im DBS in Bezug auf Leistungsmotivation und Professionalität wurden beschrieben, was sich wiederum auf die sportpsychologische Arbeit auswirkt. Schließlich nimmt die Wichtigkeit der sportpsychologischen Betreuung des Umfelds eine besonders wichtige Rolle ein.

In Bezug darauf, was als Sportpsychologe oder Sportpsychologin im Sport von Menschen mit Behinderung besonders wichtig ist, wurde von den Interviewten beschrieben, dass ein hoher Grad an Flexibilität und ein individualisiertes Vorgehen je nach Athlet oder Athletin von Relevanz ist. Zudem wird eine Auseinandersetzung mit dem Thema „Behinderung“ sowie das bewusste Hinterfragen der eigenen Rolle notwendig. Schließlich beschrieben die Interviewten, dass sie die Möglichkeit der Intervision und Vernetzung mit Kolleginnen und Kollegen, die ebenfalls sportpsychologisch im DBS tätig sind, zur Qualitätssicherung in diesem Bereich als besonders relevant einstufen.

Bezogen auf die Weiterentwicklung der Sportpsychologie im DBS wurden eine Strukturentwicklung und Verankerung der Sportpsychologie im Verband als wichtig beschrieben. Wie auch in olympischen Spitzenverbänden sollte es einen Ansprechpartner oder eine Ansprechpartnerin geben, um die Sportpsychologie weiterzuentwickeln und zu Klarheit und Transparenz beizutragen.

3.3 Ergebnisse der Expertenrunde

Aufbauend auf den Interviews wurden in einem eintägigen Workshop mit ausgewählten sportpsychologischen Expertinnen und Experten mit besonderer Expertise u. a. im Sport von Menschen mit Behinderungen der Status Quo und die Potentiale der Sportpsychologie im DBS diskutiert, sowie Implikationen für die Rahmenkonzeption im DBS erarbeitet. Hierbei ging es insbesondere darum, machbare nächste Schritte in Bezug auf die Sportpsychologie im Verband zu entwickeln. Neben strukturellen Impulsen für die Rahmenkonzeption wurden auch sportpsychologische Spezifika im Verband thematisiert. Hier wurde u. a. die Relevanz von klinischen Themen oder das Klassifizieren in Wettkampfklassen als sportpsychologisches Thema für die Betreuungsarbeit identifiziert. Auch stellt die Startklasse von Menschen mit intellektuellen Beeinträchtigungen, welche in wenigen Sportarten möglich ist (siehe z. B. https://www.dbs-npc.de/wer-ist-klassifizierbar.html) eine Herausforderung für die Sportpsychologie dar.

3.4 Erstellung der Rahmenkonzeption

Die verbandsspezifische, sportpsychologische Rahmenkonzeption wurde schließlich auf Grundlage der erhobenen Daten sowie des Erfahrungsaustauschs für den DBS entwickelt. Die Rahmenkonzeption fußt dabei auf einem Budget für die Sportpsychologie sowie einer Verankerung im Verband, welche intern und extern kommuniziert wird. Die drei Säulen der Sportpsychologie im Verband sind zum einen eine sportpsychologische Ansprechperson, welche die Sportpsychologie im Verband weiterentwickelt, für alle sportpsychologischen Aspekte im Verband ansprechbar ist und Wissensmanagement über die Projekte hinweg sicherstellt. Zum anderen sollte die Sportpsychologie im Sinne einer Potentialanalyse in den Nationalmannschaften unterstützt werden, in denen die Sportpsychologie einen besonders aussichtsreichen Mehrwert bieten kann. Als dritte Säule werden zentral organisierte Fortbildungen und Intervisionen beschrieben. Aufgrund der dezentralen Strukturen im Verband und des teilweise höheren Aufwands von Reisen für Menschen

mit Beeinträchtigungen sollten hier neuere Möglichkeiten wie Webinars Anwendung finden. Als Dach der Sportpsychologie im Verband wird ein kontinuierliches Monitoring und Qualitätsmanagement beschrieben. Beispielsweise könnte eine ähnliche Befragung wie in diesem Projekt auch nach den Paralympics 2020 durchgeführt werden, um Entwicklungen zu erfassen.

3.5 Fortbildung bei der asp-Tagung 2017

Bei der Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie (asp) 2017 wurde ein Workshop zur Fortbildung von Kolleginnen und Kollegen zum Sport von Menschen mit Behinderung durchgeführt. Neben einer Darstellung der Projektergebnisse zu Gemeinsamkeiten und Unterschieden in der sportpsychologischen Betreuung im Sport von Menschen mit und ohne Behinderung wurde in dieser Fortbildung eine Reflexion der eigenen Haltung und Rolle im paralympischen Sport und die Arbeit mit konkreten Fallbeispielen angeleitet.

4 Diskussion

Auf Grundlage der Onlinebefragung und der Experteninterviews des Serviceforschungsprojekts wird zum einen deutlich, dass inhaltlich viele Gemeinsamkeiten, jedoch auch Unterschiede oder Themenschwerpunkte im Sport von Menschen mit Behinderung im Vergleich zu olympischen Disziplinen bestehen. Diese Erkenntnis deckt sich mit bisherigen wissenschaftlichen Beiträgen und sportpsychologischen Erfahrungsberichten (u. a. Hanrahan, 2015; Kenttä, & Corban, 2014; Werts et al., 2012). Die Ergebnisse dieses Serviceforschungsprojekts erweitern jedoch auch das bisherige Wissen bezogen auf die sportpsychologische Praxis im Sport von Menschen mit Behinderung. Neben weiteren inhaltlichen Spezifika wie beispielsweise der Klassifizierung wird insbesondere deutlich, dass sich der Sportpsychologe oder die Sportpsychologin mit der eigenen Rolle und Haltung zum Thema Behinderung auseinandersetzen sollte. Hierbei zeigt sich die Notwendigkeit, wie auch im Bereich der Psychotherapie, weder auf das Thema „Behinderung“ zu fokussieren noch es zu negieren (Heil, 2017). Auch zeigt sich die besondere Wichtigkeit von Intervisionen und der sportpsychologischen Arbeit mit dem Umfeld der Sportlerinnen und Sportler.

Diese Erkenntnisse wurden auch bereits in einem Weiterbildungsangebot an Kolleginnen und Kollegen weitergegeben, wodurch eines der Ziele dieses Projektes erreicht wurde. Um eine kontinuierliche Weiterentwicklung des Wissens und der Expertise der Expertinnen und Experten zu ermöglichen, sind auch weitere Ausbildungsangebote sowie Austausch und Intervision wichtig. Ein weiteres Ziel des Projektes war es, eine sportpsychologische Rahmenkonzeption für den DBS zu erarbeiten. Auch dieses Ziel konnte erreicht werden, die Rahmenkonzeption liegt fortan beim DBS und soll schrittweise umgesetzt werden. Als erste Schritte wurden die Verankerung einer Ansprechperson zu Sportpsychologie im DBS und die Möglichkeit für regelmäßige Intervisionen der sportpsychologischen Kolleginnen und Kollegen ins Auge gefasst.

Aus diesem Projekt wird darüber hinaus die Wichtigkeit des interdisziplinären Austauschs sowie interdisziplinärer Forschung deutlich. Insbesondere im Bereich der Entspannungsverfahren fehlt es aktuell an Wissen, bei welchen Behinderungen bestimmte Methoden kontrainduziert sind. Auch im Bereich der Amputationen und des Phantomschmerzes zeigen sich noch deutliche Wissenslücken bei den Sportpsychologinnen und Sportpsychologen. Generell sollte auch die Erholungs-Belastungssteuerung im Sport von Menschen mit Behinderungen genauer analysiert werden. Das Vorstellungstraining könnte in diesem Zusammenhang eine wichtige Ergänzung zum körperlichen Training darstellen. Hier wären künftig Projekte wichtig, in denen interdisziplinär geforscht wird. Aber auch in der Betreuungsarbeit ist ein Austausch mit den medizinischen oder physiotherapeutischen Betreuungspersonen gewinnbringend, da so notwendiges Wissen und Expertise ausgetauscht werden kann. Schließlich besteht für die Startklasse der Athletinnen und Athleten mit intellektuellen Beeinträchtigungen ein erheblicher Forschungs- und Transferbedarf in der Sportpsychologie.

5 Literatur

Hanrahan, S. J. (2015). Psychological skills training for athletes with disabilities. *Australian psychologist, 50*, 102-105, doi 10.1111/ap.12083

Heil, C. (2017). Psychotherapeutische Arbeit mit Menschen mit Körper- oder Sinnesbehinderungen. *Psychotherapeutenjournal, 1*, 11-18.

Kenttä, G., & Corban, R. (2014). Psychology within the Paralympic Context – Same, Same or Any Different? *Olympic coach, 25* (3), 15-25.

Martin, J. J. (2015). Determinants of Elite Disability Sport Performance. *Kinesiology review, 4*, 91-98.

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.

Vollautomatische zeitkontinuierliche Bestimmung intrazyklischer Phasengeschwindigkeiten zur Leistungsdiagnose von Freiwasser- und Beckenschwimmern im Strömungskanal mittels hochmoderner tiefer neuronaler Netze

(AZ 072012/16-17)

Rainer Lienhart (Projektleitung)[1], Jürgen Küchler[2], Dan Zecha[1] & Stefan Fuhrmann[3]

[1]Universität Augsburg, Lehrstuhl für Multimedia und maschinelles Sehen, Institut für angewandte Informatik,
[2]Institut für Angewandte Trainingswissenschaft, Leipzig, Fachgruppe Schwimmen
[3]Olympiastützpunkt Hamburg/Schleswig Holstein, Trainingswissenschaft Schwimmen

1 Problemstellung

Videoaufzeichnungen von Schwimmerinnen bzw. 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) sowie des Olympiastützpunktes Hamburg/Schleswig-Holstein (OSPH) 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. ausschließlich Verfahren des maschinellen Sehens sollten 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 umgesetzt, der auf eine langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der Lokalisierung, Erkennung und Schätzung der Pose von Objekten und Menschen aus Bild- und Videoaufnahmen zurückblicken kann (u. a. im Rahmen des Vorgängerprojektes [BISp 2013]). Diese wurde durch die Fachexpertise des IATs und des OSPHs 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 ein Athlet regelmäßige Schwimmbewegungen in

einer der vier Schwimmlagen aus. Bis dato werden diese Videoaufnahmen von Experten (z. B. dem Trainerteam) ausgewertet. Diese markieren händisch die Zeitpunkte des Auftretens zuvor festgelegter Schlüsselposen. Anhand der Annotationen können die gewünschten Parameter im Anschluss bestimmt werden. Diese Art der quantitativen Auswertung ist sehr zeitintensiv, da die Experten den Großteil der Einzelbilder eines Videos bewerten müssen.

Die im Folgenden vorgeschlagene Alternative zur vollautomatischen Bestimmung von Schlüsselposen löst das Problem mittels Algorithmen aus dem Gebiet des maschinellen Sehens und baut in Grundzügen auf dem Vorgängerprojekt (BISp 2013) auf. Dazu wird die Problemstellung auf folgende Betrachtungen reduziert: Aus einem konstanten Strom von Einzelbildern sollen diejenigen Bilder detektiert werden, die eine vom Experten 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 eine bestimmte Position oder ein bestimmter Winkel des Oberarms bei Freistilschwimmern oder ein bestimmter Winkel zwischen Ober- und Unterschenkel eines Brustschwimmers.

Im Rahmen des Serviceforschungsprojekts wurden nun jüngste Entwicklungen im Bereich des maschinellen Lernens mit tiefen neuronalen Netzen (Chen, 2014; Wei, 2016) berücksichtigt und weiterentwickelt. Diese erlauben eine direkte, stabile und dauerhafte Positionsschätzung der Gelenkpunkte und damit der Gesamtkörperpose des Sportlers über die Zeit. Mittels der Schätzungen der Pose über den zeitlichen Verlauf der Schwimmbewegung können Schlüsselposen – und damit gewünschter biomechanischer Parameter – direkt aus den von Experten definierten Merkmalen abgeleitet werden (siehe Abb. 1).

Um eine sinnvolle Detektion der Gelenke eines Schwimmers zu ermöglichen, wird angelehnt an Wei (2017) ein tiefes neuronales Netz zur Detektion des Schwimmers im Schwimmkanal trainiert. Die Anwendung eines solchen Modells[1] auf

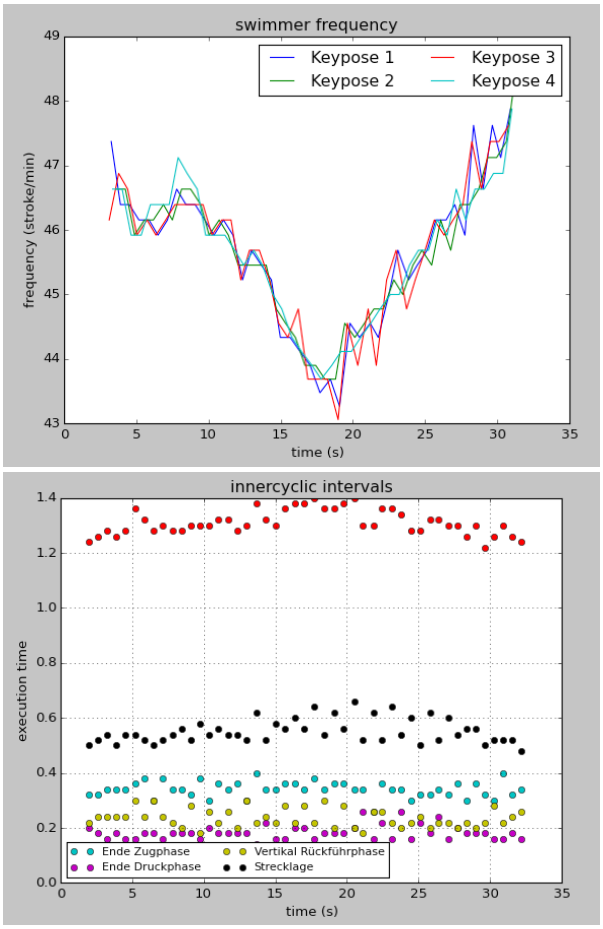


Abb. 1: Abgeleitete kinematische Parameter: Schwimmfrequenz verschiedener detektierter Schlüsselposen (oben) eines Schwimmers geben die geschwommene Gesamtfrequenz über die Zeit. Ausführungszeiten verschiedener Schwimmintervalle (unten) dienen als Grundlage für eine quantitative Bewertung des Schwimmstils.

jedes Bild eines Schwimmervideos ergibt eine erste Schätzung für die Position des Schwimmers. Dies ist sinnvoll, um die Aufmerksamkeit des Posenschätzers auf relevante Bereiche des Bildes zu fokussieren und Bereiche auszuschließen, die zu potentiellen Falschdetektionen führen können. Basierend auf der Grundidee bei Chen (2014) wurde zunächst ein tiefes neuronales Netz zur Detektion von möglichen Gelenkpositionen trainiert. Dieser Ansatz funktioniert rein datengetrieben: Aus Trainingsbildern wurden Ausschnitte extrahiert, die Gelenke in verschiedenen Teilen der Schwimmbewegung zeigen. Zusammen mit der Information, welches Gelenk auf welchem Bildausschnitt zu sehen ist, dienen die Ausschnitte als Eingabe für ein neuronales Netz. Mittels eines maschinellen Lern-

1 Die Begriffe „Modell“ und „tiefes neuronales Netz“ werden im Folgenden synonym verwendet. Tatsächlich definiert die Struktur eines neuronalen Netzes das Modell mit dessen Modellparametern.

verfahrens werden die Parameter des Netzes angepasst, sodass der Vorhersagefehler für einen Bildausschnitt minimiert wird. Die Ausgabe des Netzes ist dann eine Wahrscheinlichkeit für die Anwesenheit jedes Gelenks in jedem Pixel des Bildes. In einem weiteren Entwicklungsschritt wird ein Modell zur Verifikation von Gelenkpositionen entwickelt, welches aus einer Sammlung von möglichen Gelenkdetektionen die wahrscheinlichste Konfiguration berechnet und, falls nötig, Gelenkpositionen korrigiert.

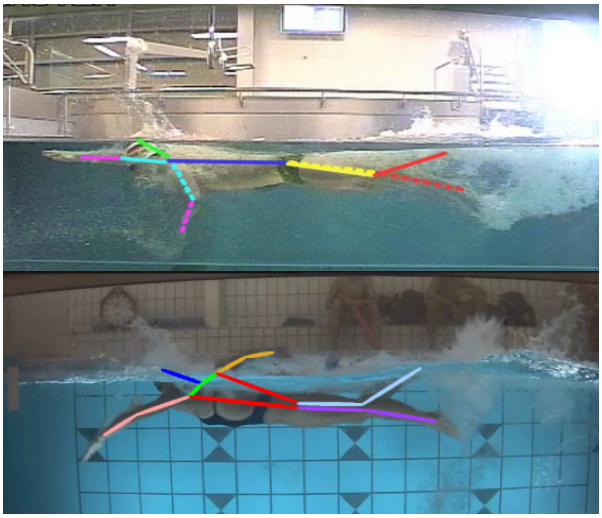
Die Modelle zur Detektion des Schwimmers und zur anschließenden schwimmlagenspezifischen Posenschätzung werden auf alle Einzelbilder eines Videos angewendet. Um eine möglichst konsistente Detektion der Posen über die Zeit zu gewährleisten, wird eine mehrstufige temporale Filterung auf den einzelnen Gelenken angewendet. Die entstehende Sequenz aus Posenschätzungen über ein Video hinweg wird verwendet, um die von Experten bestimmten Merkmale direkt zu berechnen (Arm- und Beinwinkel, Winkel zwischen Körperteilen, Kontaktpunkte von Körperteilen mit Wasseroberfläche).

3 Ergebnisse und Diskussion

Im Folgenden vergleichen wir die Ergebnisse des DeepSwimPose Systems mit den Ergebnissen aus dem alten Ansatz (BISp 2013). Dieser Vergleich ist nicht vollkommen fair: Während das alte System lediglich auf wenigen Daten aus dem Leipziger System trainiert wurde, wurden die Daten für den neuen Ansatz mit zusätzlichen Videos aus Leipzig sowie einem komplett neuen Datensatz aus Hamburg angereichert. Obgleich die Leistungssteigerungen im Wesentlichen auf den neuen Ansatz mit tiefen neuronal Netzen zurückzuführen ist, wird dennoch deutlich, dass Lernsysteme im Kontext von Sportanwendungen (und auch generell) von einer größeren Datenvielfalt profitieren können.

Die Performanz der Modelle des DeepSwimPose Systems mit optimierten Parametern für jede Schwimmlage lässt sich wie folgt zusammenfassen (Abb. 2, unten): 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 +/- 2 Halbbildern relativ zur menschlichen Annotation detektiert wurde. Im Rahmen dieses menschlichen Fehlers detektiert unser System insgesamt 89 %. aller Posen korrekt (Freistil: 91 %., Rücken: 87 %., Brust: 84 %., Schmetterling: 93 %.). Dies entspricht einer Steigerung von +12 %. gegenüber dem System aus dem Vorgängerprojekt, wobei 74 %. der detektierten Posen eine Abweichung von +/- 1 Bild von der Grundwahrheit haben.

Auch qualitativ (siehe Abb. 2, oben) zeigt sich die Verbesserung der Detektionsleistung.



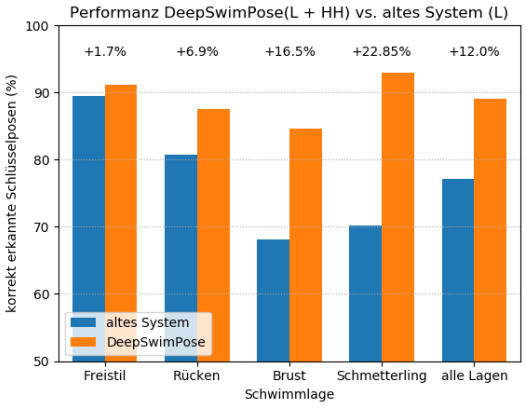


Abb. 2: Oben: Zwei Beispiele geschätzter Posen von Kraulschwimmern im Schwimmkanal in Leipzig und Hamburg. Unten: Performanz des entwickelten Systems (orange) verglichen mit dem alten System aus [BISp 2013] (blau). Gemessen wurde die Anzahl der korrekt klassifizierten Schlüsselposen unter Berücksichtigung einer erlaubten Abweichung von +/- 2 Bildern.

Deutliche Gewinne konnten vor allem in den symmetrischen Schwimmlagen Schmetterling und Brust erzielt werden. Die Schlüsselposen-

definitionen in diesen beiden Lagen sind oft anhand subtilerer Posenmerkmale definiert (Winkel zwischen Ober- und Unterschenkel und Ober- und Unterarm, Kontaktpunkte von Extremitäten unter Wasser) und waren im alten System aufgrund ausgeprägter intrazyklischer Phasenlängenunterschiede mit einem generalisierten Modell oft schwerer zu detektieren. Beide Lagen profitieren deutlich von der direkten Posenschätzung im neuen System. Performanzsteigerungen in der Rückenlage zeigen sich vor allem bei Armstellungen unter Wasser. Diese sind meist geprägt von starker Gliedmaßenverkürzung relativ zur Kameraebene, wodurch die Detektion des Armwinkels deutlich erschwert wird. Relative Verbesserungen im bisher schon sehr guten Messerwert der Lage Kraul fallen insgesamt etwas geringer aus. Dies ist der visuellen Einfachheit der Schwimmlage geschuldet; alle vier Schlüsselposen sind auch im alten System schon gut zu detektieren. Zusätzlich zu den ermittelten kinematischen Parametern hat das entwickelte System gegenüber dem alten System zudem den Vorteil, dass die zur Berechnung der kinematischen Parameter verwendeten Posenschätzungen selbst exportiert werden und diese zukünftig als Datenbasis für weitere Sportwissenschaftliche Forschung dienen können.

4 Literatur

BISp 2013 BISp-Projekt AZ 070602/13-14 (2013). *„Vollautomatische zeitkontinuierliche Bestimmung intrazyklischer Phasengeschwindigkeiten von Schwimmern im Schwimmkanal einschließlich Zugfrequenz und Zuglänge“*, Januar 2013 - Dezember 2014.

Zecha, D. & Lienhart, R. (2014). *Bestimmung intrazyklischer Phasengeschwindigkeiten von Schwimmern 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 Conference on Applications in Computer Vision* (WACV), Waikoloa Beach, HI, 6-9 Januar 2015.

Zecha, D., Eggert, C. & Lienhart, R. (2017). *Pose Estimation for Deriving Kinematic Parameters of Competitive Swimmers. Computer Vision Applications in Sports*, part of IS&T Electronic Imaging 2017, Burlingame, California, January 2017.

Chen, X. & Yuille, A. (2014). *Articulated Pose Estimation by a Graphical Model with Image Dependent Pairwise Relations. Advances in Neural Information Processing Systems* (NIPS), 2014.

Wei, S.-E., Ramakrishna, V., Kanade, T. & Sheikh, Y. (2016). *Convolutional Pose Machines*. CVPR 2016.

Wei Liu et al. (2017). *SSD: Single Shot MultiBox Detector*, arxiv preprint 1512.02325, http://arxiv.org/abs/1512.02325, 07 Jun 2017.

Entwicklung und Validierung eines Tests zur Erfassung der „Reactive Agility“ im Basketball (RAT)

(AZ 072013/16-17)

Thomas Jaitner (Projektleitung), Mathias Kolodziej, Kevin Nolte & Carina Thomas
Institut für Sport und Sportwissenschaft, TU Dortmund

1 Problem

Die Fähigkeit, Schlüsselreize einer Spielsituation wahrzunehmen, schnell darauf zu reagieren und eine adäquate (Spiel-)Handlung einzuleiten, wird als eine bedeutsame Voraussetzung für die Entwicklung sportlicher Höchstleistungen im Basketball angesehen (Bösing et al., 2014). Die Kopplung von Wahrnehmungsfähigkeiten und Reaktions- bzw. Handlungsschnelligkeit, in der internationalen Fachliteratur als „Reactive Agility“ bezeichnet, stellt ein herausragendes Kriterium dar, das bislang bei der Talentsuche und Talentdiagnostik im Basketball nicht hinreichend berücksichtigt wird.

Ein wesentlicher Grund hierfür ist das Fehlen eines geeigneten Diagnoseinventariums. Bewährte und validierte Testverfahren, wie zum Beispiel der T-Test (Pauole et al., 2000), bei dem die Laufrichtung vorgegeben ist, erfassen nur die Handlungsschnelligkeit („Agility“), vernachlässigen jedoch die Wahrnehmungs- und Entscheidungskomponente, die zur Erfassung der „Reactive Agility“ unabdingbar sind. Ein für den Einsatz im Nachwuchsleistungssport geeigneter Test zur Erfassung der „Reactive Agility“ muss demnach eine sportartspezifische Wahrnehmungs- und Entscheidungsaufgabe enthalten und daran anschließend eine adäquate sportmotorische Aufgabe. Erste Ansätze und Tests zur Erfassung der „Reactive Agility“ wurden in den letzten Jahren vorgestellt (z. B. Stop’n’Go Reactive-Agility-Test; Spasic et al., 2015), jedoch liegt bislang kein Testverfahren vor, dass basketballspezifische Anforderungen berücksichtigt. Zielstellung des Forschungsprojekts war daher die Entwicklung und Validierung eines basketballspezifischen, sensorbasierten Feldtests.

2 Untersuchungsmethodik

In der ersten Projektphase wurden zwei basketballspezifische Tests entwickelt. Der erste Test (Push-Step-Test) simuliert eine typische 1:1-Abwehrsituation (Abbildung 1), in der auf einen optisches Reiz mit Entscheidungsoption (rechts/links) eine Distanz von 2,5m mit Sidestep-Bewegung überwunden werden muss.

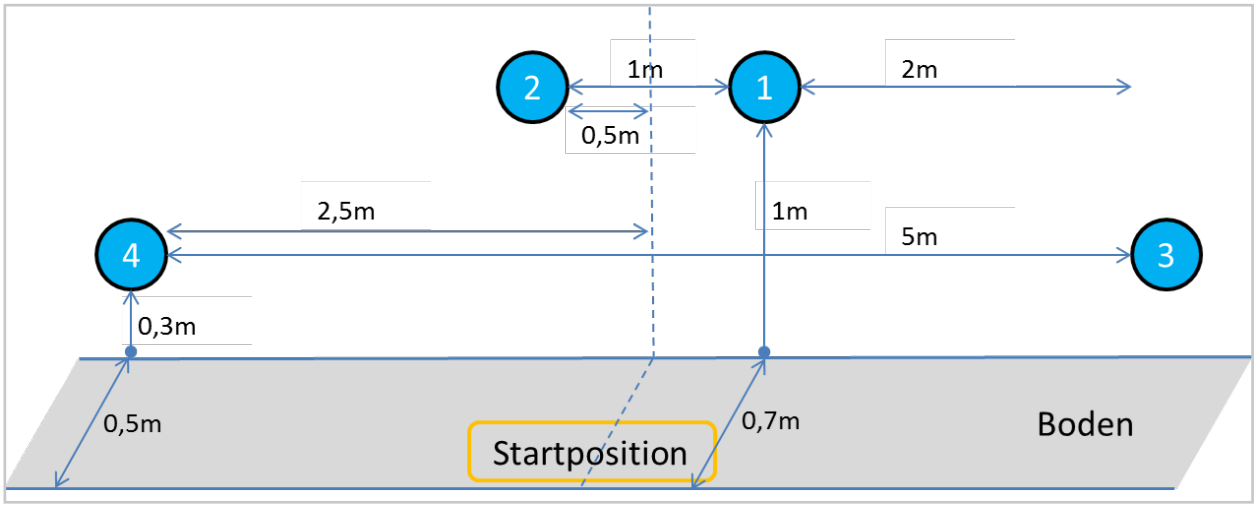


Abb. 1: Schematischer Aufbau des Push-Step-Test

Der zweite Test (Close-Out-Test) orientiert sich an komplexeren Verteidigungssituationen und umfasst mehrere Handlungs- und Entscheidungsalternativen (Abwehr gegen Ball oder Dribbling zum Korb, Passverhinderung, jeweils in zwei Richtungen). Bei beiden Tests wurde das FitLight®-System eingesetzt, da es sowohl Möglichkeiten zur Generierung optischer Signale als auch eine automatische Zeitmessung mittels Infrarotsensoren oder Kontaktauslösung ermöglicht.

In der zweiten Projektphase erfolgte eine Evaluation der beiden Tests an leistungsorientierten Nachwuchsbasketballerinnen und -basketballern. Dazu wurden an insgesamt 5 Erhebungszeitpunkten Daten von insgesamt 171 Sportlerinnen und Sportler der Altersklassen U16 bis U18 männlich und weiblich im Rahmen von Sichtungslehrgängen bzw. Kadermaßnahmen des DBB erhoben. An allen Messterminen wurden sowohl der Push-Step-Test als auch der Close-Out-Test eingesetzt. Zusätzlich standen für die Auswertung Daten der leistungsdiagnostischen Testbatterie des DBB für den Nachwuchsleistungssport zur Verfügung, die im Rahmen der Maßnahmen ebenfalls erhoben wurden. Die Testbatterie umfasst einen Sprinttest mit Teilzeiten bei 5m, 10m und 20m, einen Squatjump, einen Standweitsprung, einen Brustpasstest auf maximale Weite sowie bei den Sportlerinnen den L-Sprinttest.

Bei der statistischen Analyse wurden zunächst Korrelationen zwischen den Messwerten der Reactive-Agility-Tests und den übrigen Tests der DBB-Testbatterie berechnet. Zudem wurden die Werte der beiden Reactive-Agility-Tests unter Berücksichtigung von Alter, Geschlecht und Expertise varianzanalytisch untersucht. Nominierungskriterien bzw. Expertenurteile wurden als Kriterium für die unterschiedlichen Expertiseniveaus herangezogen.

3 Ergebnisse und Diskussion

Exemplarisch werden hier die Ergebnisse für die männlichen U18- und U16-Spieler dargestellt. Die Korrelationsanalysen offenbaren für diese Stichprobe nur geringe Zusammenhänge zwischen den Reactive-Agility-Tests und den übrigen Leistungstests des DBB (Tab. 1). Unter Berücksichtigung der zum Teil erheblich höheren Korrelationen innerhalb der DBB-Testbatterie (z. B. 20m Sprint/Squat Jump r = -0,705) deutet dies darauf hin, dass die entwickelten Tests eine eigenständige Leistungskomponente erfassen.

Vergleicht man nominierte und nicht-nominierte Spieler, liegt der Median der nominierten Spieler beim Push-Step-Test unterhalb des Median der nicht-nominierten (Abb. 2). Bei den U18-Spielern unterscheiden sich die beiden Gruppen nur leicht hinsichtlich der Streuungsmaße. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen Kaderathleten und nicht-nominierten Spielern lassen sich jedoch bei keiner der beiden Altersgruppen feststellen. In beiden Altersgruppen fallen in Bezug auf die Seitigkeit deskriptiv leichte Unterschiede zugunsten der linksseitigen Bewegungen auf, jedoch sind diese Unterschiede ebenfalls nicht signifikant.

Für den Close-Out-Test wurden vergleichbare Ergebnisse in Bezug auf die Gesamtzeit der Tests (über alle Bedingungen) erzielt. Hier liegt der Median der nominierten Spieler für beide Altersgruppen unter dem Vergleichswert der nicht-nominierten (Abb. 2). Signifikante Unter-

Tab. 1: Korrelationen zwischen den Reactive-Agility-Tests und den Tests der DBB-Testbatterie für die U18m

	Push-Step-Test links & rechts gemittelt	Push-Step-Test gesamt	Close-Out-Test gesamt
20 m Sprint	0,425	0,222	0,243
10 m Sprint	0,303	0,090	0,220
5 m Sprint	0,252	0,070	0,256
Squat Jump	-0,372	0,195	0,287
Standweitsprung	-0,371	-0,287	-0,222
Brustpass	-0,252	0,158	0,031

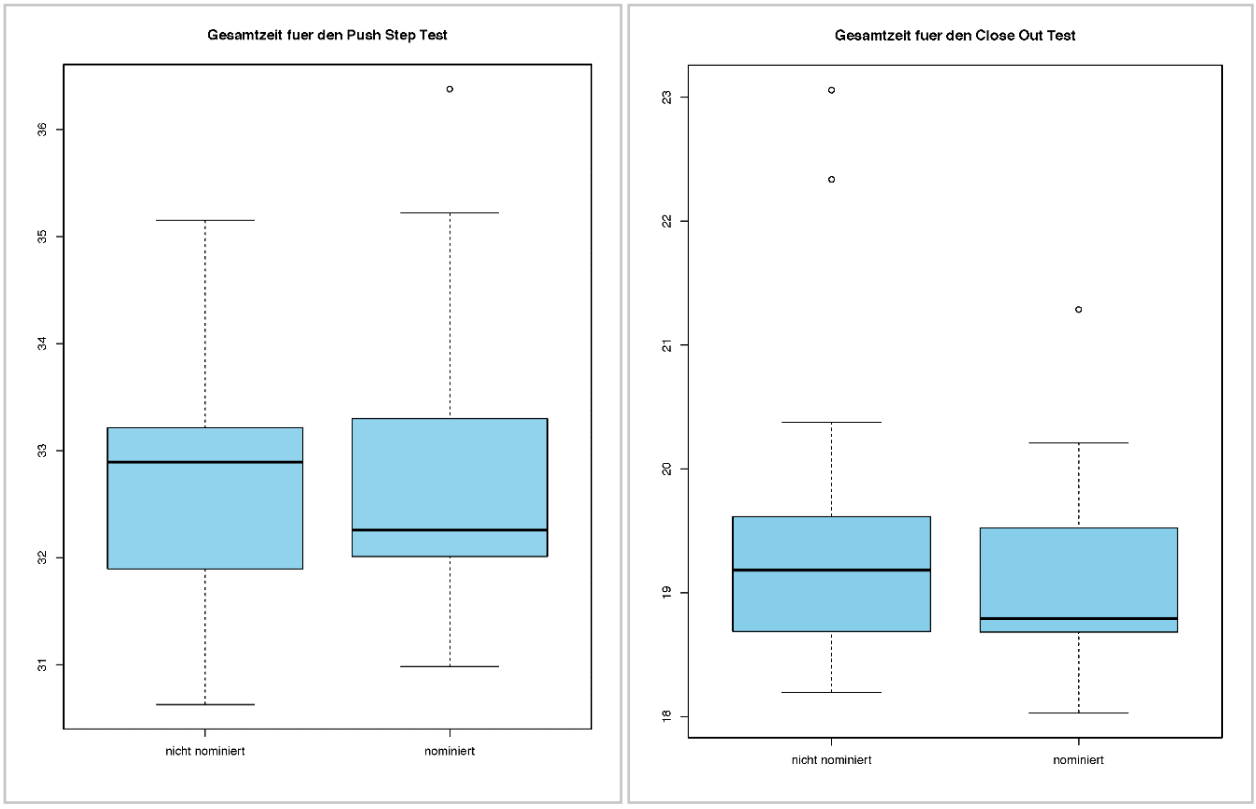


Abb. 2: Ergebnisse des Push-Step-Tests (Gesamtzeit) für die nominierten und nicht-nominierten U16-Spieler (links); Ergebnisse des Close-Out-Tests (Gesamtzeit über alle Testbedingungen) für nominierte und nicht-nominierte U18-Spieler (rechts).

schiede lassen sich ebenfalls nicht aufzeigen.

In der Gesamtbetrachtung legen die Ergebnisse der ersten Evaluationsstudie nahe, dass es sich bei der Reactive Agility um eine Leistungskomponente handelt, die mit den bisherigen Tests des DBB nicht abgeprüft wird. Die Testergebnisse unterscheiden sich jedoch nicht überzufällig zwischen denjenigen Nachwuchsathleten, die aufgrund der Sichtungskriterien in den Kader aufgenommen werden, und denjenigen, die zur Sichtung eingeladen wurden, jedoch nicht den Kaderstatus erreichten. Dies lässt sich möglicherweise darauf zurückführen, dass es sich bei der vorliegenden Stichprobe um eine leistungshomogene Probandengruppe handelt und die Unterschiede in den Merkmalsausprägungen daher zu gering sind, um signifikante Unterschiede herauszustellen, bzw. diese durch positionsspezifische Leistungsausprägungen maskiert werden. In weiteren Studien soll daher untersucht werden, ob und wie sich die Testleistungen bei leistungsheterogenen Stichproben unterscheiden.

Für die praktische Anwendung empfiehlt es sich, die Testergebnisse im Kontext der übrigen Testwerte und Sichtungskriterien für eine Beurteilung der Athleten zu betrachten.

4 Transfer in die Praxis

Das Forschungsprojekt wurde von Anfang an in enger Kooperation mit dem DBB durchgeführt. Durch die Abstimmungsgespräche während der Testkonstruktion sollte dabei insbesondere sichergestellt werden, dass der entwickelte Test den Anforderungen der Praxis entspricht und somit einen Beitrag zur Weiterentwicklung der Leistungsdiagnostik des DBB im Nachwuchsbereich leisten kann. Testmanuale und FitLight®-System sowie die bisherigen Projektdaten wurde dem DBB zur Verfügung gestellt.

5 Literatur

Bösing, L., Bauer, C., Remmert, H., Basketball-Bund, D., & Lau, A. (2014). *Handbuch Basketball*: Meyer + Meyer Fachverlag.

Pauole, K., Madole, K., Garhammer, J., Lacourse, M., & Rozenek, R. (2000): Reliability and validity of the T-test as a measure of agility, leg power, and leg speed in college-aged men and women. *The journal of strength & conditioning research, 14* (4), 373-378.

Spasic, M., Krolo, A., Zenic, N., Delextrat, A., Sekulic D. (2015). Reactive Agility Performance in Handball; Development and Evaluation of a Sport-Specific Measurement Protocol. *Journal of sports science & medicine, 14* (3), 501-506.

Optimierung und Evaluation eines akzentuierten Intervalltrainings an der Geschwindigkeitsbarriere von DBS-Kaderathleten im Skilanglauf

(AZ 072015/16-17)

Veit Wank (Projektleitung)[1], Corinna Coenning[1], Benedikt Ferstl[1], Hendrik Heger[1],Walter Rapp[2] & Ralf Rombach[2]

[1]Universität Tübingen, Institut für Sportwissenschaft
[2]Olympiastützpunkt Freiburg

1 Problemstellung

Im Skilanglauf hat es in den vergangenen Jahren infolge der Materialentwicklung aber auch wegen der verbesserten athletischen Voraussetzungen der Spitzenläufer bzw. -läuferinnen einige offensichtliche Veränderungen in der Bewegungstechnik gegeben, die sich auch in Veränderungen bezüglich der Gestaltung des Trainings widerspiegeln. Ein wesentliches Merkmal dieser Entwicklung ist die Zunahme des Antriebs aus dem Stockschub auch in den Nicht-Sitzschlitten-Disziplinen (z. B. bei Sehbehinderten). Seit den späten 1990er Jahren wurde der Doppelstockschub auch in den klassischen Disziplinen im nordischen Skisport zu einem dominierenden Antriebselement. Aufgrund der hohen Laufgeschwindigkeiten wird er heute im flachen Gelände und bei Sprintwettbewerben gegenüber dem Diagonalschritt oft vorgezogen. Ähnliche Trends sind im Skating durch die zunehmende Anwendung der 1:1-Technik selbst an Anstiegen zu beobachten. Diese Entwicklung geht auch damit einher, dass es im Verlaufe eines Wettbewerbs zu großen Unterschieden in der Belastungsintensität kommt, weil die Läufer und Läuferinnen mehr als früher im Voraus einer Abfahrt bewusst an die Intensitätsgrenzen gehen.

Die Leistungsfaktoren im Skilanglauf sind in hohem Maße von der Fähigkeit geprägt, kurzfristig höchste Geschwindigkeiten laufen zu können und die gebotenen temporären Möglichkeiten der „schnellen Regeneration“ nach Abschnitten höchster Intensität möglichst gut für die Wiederherstellung eines belastbaren Grundzustandes zu nutzen. Dafür müssen entsprechende Voraussetzungen im Training geschaffen werden. Dementsprechend haben sich die Trainingsmethoden im Skilanglauf, wie auch in etlichen anderen Kraftausdauersportarten, dahingehend geändert, dass die Trainingsinhalte mehr intensive Abschnitte von kurzer bis moderater Dauer enthalten. Auch wenn es zu dieser Methode nur wenige aussagekräftige wissenschaftliche Befunde gibt (z. B. Seiler & Tønnessen, 2009), so werden ihr doch nach empirischen Erfahrungen einige Prozente der Leistungssteigerung in Form von höheren Durchschnittsgeschwindigkeiten auf den Standardstrecken zugeschrieben. Das kann sowohl für den Spitzensport im nichtbehinderten Bereich als auch für Paralympics-Athleten belegt werden.

Die klassische extensive und intensive Intervallmethode ist durch relativ gleichmäßige Geschwindigkeiten geprägt, bei denen man die Belastungsintensität abgesehen von sehr profilierten Strecken gut über die Herzfrequenz (HF) und indirekt über die Laktatanhäufung steuern und einhalten kann. Dieses Verfahren, das strenggenommen steady-state Bedingungen voraussetzt, ist stoffwechselphysiologisch gut nachvollziehbar und plausibel. Es kann aber im Bereich sehr unregelmäßiger Belastungen nicht verlässlich als Kontroll- und Steuerinstrument für die Belastungsintensität eingesetzt werden, weil es keine hinreichend homogenen Belastungen gibt und weil durch die Intensitätswechsel History-Effekte und Delays essentieller physiologischer Prozesse miteinander vermischt werden, so dass man über die HF und den Blutlak-

tatwert keine zuverlässige Aussage zur aktuellen Belastungssituation generieren kann (Evertsen et al., 2001).

Üblicherweise werden, wie oben beschrieben, die Trainingsintensitäten entweder in Relation zur HF an der individuellen anaeroben Schwelle festgemacht (z. B. Röcker et al., 1998) oder bezüglich der maximalen HF (HF-max) skaliert. Nach den Grundsätzen der im nordischen Skisport verbreiteten norwegischen Trainingsphilosophie von Seiler und Tønnessen (2009) werden 5 Intensitätsstufen untergliedert, die jeweils einen %.-Intervallbereich relativ zur HF-max abdecken.

Das hier vorgestellte Projekt war speziell auf akzentuiertes Intervalltraining mit temporären Belastungen an der Geschwindigkeitsbarriere fokussiert, wobei die Geschwindigkeit bewusst nicht im Bereich der maximal möglichen Laufgeschwindigkeit, sondern an den unter Wettkampfbedingungen mit Vorbelastung gelaufenen Geschwindigkeiten orientiert wurde. Das Konzept sollte sich deutlich von der Wiederholungsmethode, wie sie beispielsweise im Sprinttraining angewendet wird, unterscheiden, so dass Lauftechnik und Laufdynamik eine hohe Ähnlichkeit mit denen unter Wettkampfbedingungen hatten. Die Studie sollte auch dazu dienen, Hinweise und Erfahrungswerte zu bekommen, welche Geschwindigkeitsbereiche für diese Methodik geeignet sind und herauszufinden, ob sich gegebenenfalls mit weniger ausbelastenden Intervallen aufgrund der gegebenen Intervallpausen bei insgesamt weniger Erschöpfung pro Trainingseinheit (TE) gute Voraussetzungen für die Durchführung von mehreren Einheiten dieser Art im Vergleich zu Methoden mit höheren Gesamtumfängen ergeben.

2 Material und Methoden

Um die Wirksamkeit der extensiven und intensiven Intervallmethode (an der Geschwindigkeitsbarriere) beurteilen zu können, wurden zwei Testgruppen gebildet, die nach unterschiedlichen Methoden trainiert haben (intensive und extensive Intervallmethode).

Die Untersuchung fand im Prä-Post-Test-Design ohne Kontrollgruppe statt. Teilnehmende waren 13 Athleten, von denen drei nationale Paralympics-Kader des DBS waren. Die übrigen wurden aus dem Nachwuchsbereich von Langläufern und Nordisch-Kombinierten aus dem Landeskader Baden-Württemberg rekrutiert. Unter den getesteten Läufern waren 2 Frauen. Das Durchschnittsalter aller Athleten betrug 19 Jahre. Alle untersuchten Läufer waren Leistungssportler, die 5-7 Trainingseinheiten pro Woche trainierten. Im Verlaufe der Intervention fiel ein Teilnehmer krankheitsbedingt aus, so dass letztendlich die Ergebnisse von 12 Athleten in der Auswertung betrachtet werden konnten. Die Trainingsintervention ging über einen Zeitraum von 7 Wochen mit 10 speziellen TE. In jeder TE wurde nach der vorn beschriebenen Maßgabe bei einer individuell festgelegten Durchschnittsgeschwindigkeit ein Streckenprofil, das aus 4 Abschnitten (= 4 Stufen mit unterschiedlicher Steigung: 1 %., 6 %., 3 %. und 1 %.) bestand, durchlaufen. Die Gruppe „extensive Intervallmethode" absolvierte das Streckenprofil je TE 4x ohne Pause. Zwischen jedem Lauf erfolgte eine längere Erholungsphase, bis der Puls unter 120 Schläge pro Minute war. Beim intensiven Intervalltraining durchliefen die Läufer ebenfalls 4x das beschriebene Profil. Allerdings hatten sie nach jeder Stufe (Steigung) eine Pause, bei der die HF unter 80 %. des Maximalwertes kommen sollte. Auf diese Weise konnten im Vergleich zur extensiven Intervallmethode deutlich höhere durchschnittliche Laufgeschwindigkeiten erzielt werden. Die Interventions-TE fanden auf dem Laufband am OSP Freiburg statt. Vor dem Interventionsprogramm fand ein Eingangstest (Prätest) und danach ein Ausgangstest (Post-Test) statt. Beide Tests bestanden aus einem durchgehenden Testlauf über alle 4 Stufen. Dabei gab es bei Prä- und Posttest einen identischen Ablauf (gleiche Durchschnittsgeschwindigkeit). Die Analysen erfolgten ebenfalls mit identischen Messverfahren.

In Vorversuchen wurde für jeden Probanden eine individuelle Laufgeschwindigkeit bestimmt, mit der die Athleten das Testlaufprogramm sicher absolvieren konnten. Die Geschwindigkeit war nah am Grenzbereich der Leistungsfähigkeit der Athleten. Ihr Wert diente zugleich als Baseline für die anschließende Trainingssteuerung bei der Intervention.

Bei den Tests wurde ein Lauf mit mehreren Stufen absolviert, die sich wie oben beschrie-

ben durch die Band-Steigungen unterschieden, wobei die Laufgeschwindigkeit mit zunehmender Steigung reduziert wurde. Die Laufzeit betrug für die Gesamtstrecke für alle Athleten unabhängig vom Leistungsniveau 3 min. Als Leistungsparameter wurde die durchschnittliche Laufgeschwindigkeit über alle Steigungsstufen herangezogen. Je höher das Leistungsniveau, desto länger war die zurückgelegte Strecke, wobei die relativen Anteile der Steigungsstrecken an der Gesamtstrecke stets identisch blieben. Die Durchschnittsgeschwindigkeiten bei den Testläufen (Prä- und Post-Test) waren identisch. Zur Erfassung der Leistungsentwicklung wurden Parameter der Spiroergometrie (VO_2, VCO_2 und HF, System K5 der Fa. Cosmed) sowie die Kinematik der Laufbewegung inklusive Stockkraft-Dynamometrie herangezogen (Wank et al., 2015).

Nach einer Einlaufphase, die dem Profil der Teststrecke entsprach aber nur mit 70-80 %. der Testlaufgeschwindigkeit durchlaufen wurde, begann der Testlauf. Von den vier zuvor erwähnten Steigungsstufen wurde jeweils die 2. und die 4. Stufe bei 6 %. (S1) und bei 1 %. Steigung (S2) über ein Intervall von jeweils 30 Sekunden messtechnisch erfasst und ausgewertet. Dabei erfolgte die kinematische Analyse mittels 3D-Video-Messung mit 3 Highspeed-Kameras bei jeweils 100 fps, wobei die Bewegung von der linken und rechten Körperseite und von hinten aufgezeichnet wurde. Um die Stocklage bei der Videoanalyse automatisch tracken zu können, wurden die Sensorstöcke mit reflektierenden Markern versehen. Von den beiden analysierten Steigungsstufen wurden jeweils 30 s lange Bildsequenzen vermessen.

Die axialen Stockkräfte wurden mittels Sensorstöcken (Stockkraft-Dynamometrie) über die gesamte Test-Laufzeit mit einer Auflösung von 1600 Hz per Datenlogger am Stock erfasst (Wank et al., 2014 und 2015).

Für die spätere Synchronisation der Stockkräfte mit den Videosequenzen wurden die Bildimpulse (TTL) zur Steuerung der Highspeed-Kameras auf einem dritten Datenlogger, der parallel zu den beiden Stockkraftsensoren mitlief, aufgezeichnet.

Zur Beurteilung der Laufkinematik in Zusammenhang mit den wirkenden Stockkräften wurden die anhand der Messdaten berechneten Bodenreaktionskraftkomponenten in die Videobildansichten der Highspeed-Kameras projiziert (Abb.1). Dabei ist gut zu erkennen, dass technisch ausgereifte Läufer auch bei seitlicher Ausstellung der Schubrichtung, wie sie in der Skating-Technik nicht zu vermeiden ist, die Stockkräfte mit einem hohen Anteil in Fahrtrichtung wirken lassen und nur wenig Kraft den seitlichen Schub unterstützt. Das ist vor allem in der Ansicht von hinten gut zu sehen, in der die Querkraftkomponenten des Stockeinsatzes abgebildet sind (grüne Vektoren).

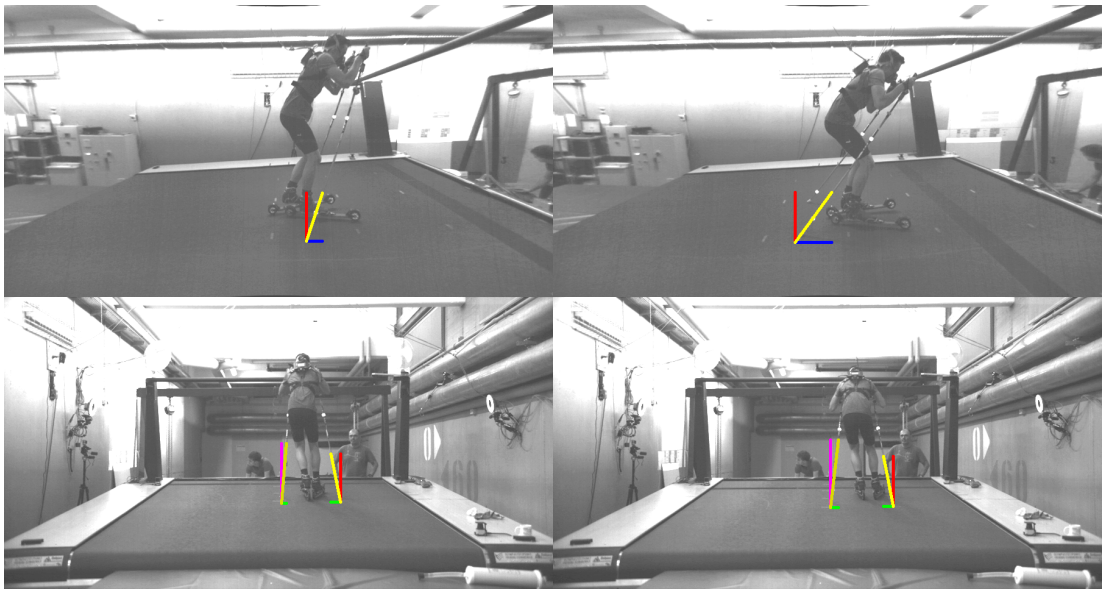


Abb.1: Bewegungsablauf mit Stockkraftvektoren aus zwei Perspektiven beim Skating 1:1 bei 6 %. Bandsteigung

Mittels Spiroergometrie wurden aus der Atemgasanalyse die Parameter VO_2 und VCO_2 für jeden Atemzug registriert und zusammen mit der Herzfrequenz telemetrisch an eine Erfassungseinheit übertragen (Abb. 2).

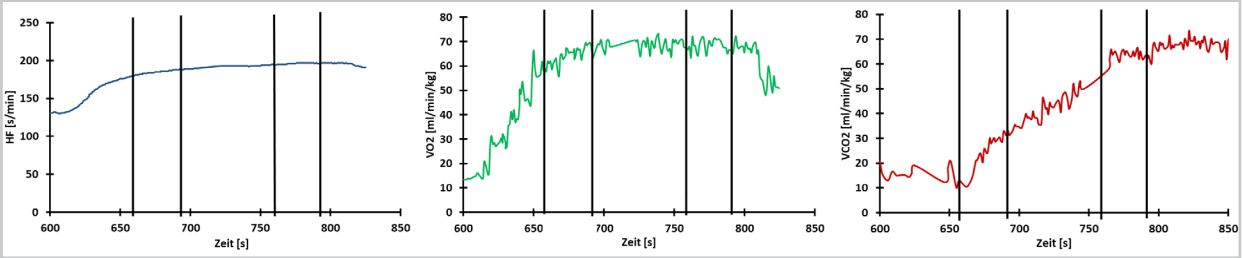


Abb.2: Zeitverläufe der wichtigsten Spiro-Ergometrie-Parameter: Herzfrequenz, Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxid-Abgabevolumen pro Minute bezogen auf 1 kg Körpergewicht. Die Zeitmarken markieren die Abschnitte (S1 und S2) der während des Tests analysierten Stufen.

Wie oben beschrieben, begannen die Probanden den Prä- und den Post-Test mit einer Erwärmungsrunde, die mit einer Geschwindigkeit durchlaufen wurde, die 2-3 km/h geringer war als die eigentliche Testlaufgeschwindigkeit. Nach dem Einlaufen erfolgte eine kurze Pause. Der Testlauf wurde bei einem Puls um 120 Schlägen pro Minute gestartet.

Zwischen Prä- und Posttest wurde ein Interventionstrainingsprogramm über einen Zeitraum von 7 Wochen durchgeführt. Dazu wurden die Testteilnehmer nach dem Zufallsprinzip in zwei Gruppen eingeteilt, die nach unterschiedlichen Methoden spezielle Einheiten auf dem Laufband absolviert haben. Neben diesem Interventionsprogramm trainierten die Athleten in ihrem Heimverein bzw. an Stützpunkten das übliche Trainingsprogramm von 5-7 TE/Woche weiter, so dass die Intervention, die in beiden Gruppen mit 10 speziellen Trainingseinheiten stattfand, zusätzlich bzw. anstelle einer normalen Trainingseinheit erfolgte.

Wie eingangs beschrieben, sollten im Rahmen des Projektes die Auswirkungen des Trainings im höheren wettkampfnahen Geschwindigkeitsbereich (intensive Intervallmethode) im Vergleich zum Streckentraining (extensive Intervallmethode) untersucht werden. Entsprechend trainierten beide Gruppen nach unterschiedlichen Methoden, die nachfolgend genauer beschrieben werden. Um die Effekte bei beiden Gruppen vergleichbar zu machen, war der Gesamtumfang (Zeit der spezifischen Belastung der Intervention) für beide Gruppen identisch. Durch die Pausen zwischen den Stufen konnte die Gruppe, die nach dem intensiven Intervallprinzip trainiert hat, höhere Durchschnittsgeschwindigkeiten laufen als die Gruppe, die die Gesamtstrecke jeweils am Stück durchgelaufen ist (extensive Intervallmethode, siehe Abb.3).

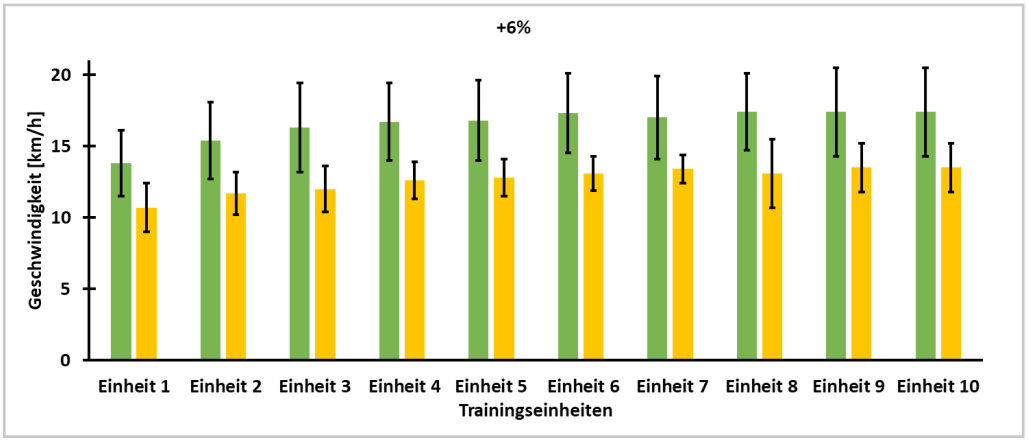


Abb.3: Entwicklung der Laufgeschwindigkeit im Streckenabschnitt S1 bei 6 %. Steigung im Verlauf des Interventionsprogramms bei der Gruppe intensive Intervallmethode (grün) und extensive Intervallmethode (gelb). Es sind Mittelwerte und Standardabweichungen von jeweils 6 Athleten dargestellt.

3 Ergebnisse und Diskussion

Entsprechend vielen Befunden in der trainingswissenschaftlichen Literatur, die in den letzten Jahren fast einhellig nahezu unabhängig von der Sportart für kürzere aber intensivere Trainingsbelastungen sprechen (z. B. Hottenrott & Seidel, 2017) und die in vielen Bereichen einen Trend in Richtung HIT (High Intensity Training) ausgelöst haben, wurde auch hier zu Beginn der Studie in einer Arbeitshypothese davon ausgegangen, dass die intensive Intervallmethode der extensiven in ihrer Wirkung über den relativ kurzen Interventionszeitraum von 7 Wochen überlegen ist. Etwas überraschend konnte dies jedoch anhand der Ergebnisse nicht bestätigt werden. Insgesamt gab es keine signifikanten Unterschiede in den wichtigsten Leistungsparametern und Stockschubmerkmalen zwischen dem Prä- und dem Post-Test in den Gruppen extensive und intensive Intervallmethode. Beide Gruppen verbesserten sich signifikant ($p < 0.05$ zum Teil sogar < 0.01), wobei man bemerken muss, dass die Stichproben in ihrer Gesamtheit ($N = 12$) einen t-Test (Bonferoni-korrigiert) zulassen und dieser dort zur Prüfung der Unterschiede herangezogen wurde. Dagegen musste zur Unterschiedsprüfung bei den Trainingsgruppen (extensive und intensive Intervallmethode, $N = 6$) ein nichtparametrischer Test (Wilcoxon) genutzt werden.

Anhand von zusätzlichen Vergleichen konnte gezeigt werden, dass für wesentliche Stockschubparameter (wie Stützzeiten, Zykluszeiten, Vortriebsimpuls und Vortriebseffizienz) zwischen den Stufen bei den Laufbedingungen 1 %. Steigung (S2) und 6 %. Steigung (S1) deutliche Unterschiede signifikant nachweisbar waren, was zum einen anhand der gegebenen Bedingungen plausibel erscheint und zum anderen einen Beleg dafür liefert, dass die Messauflösung und die genutzten Verfahren zur Erfassung von Schubparametern geeignet sind (Abb. 5).

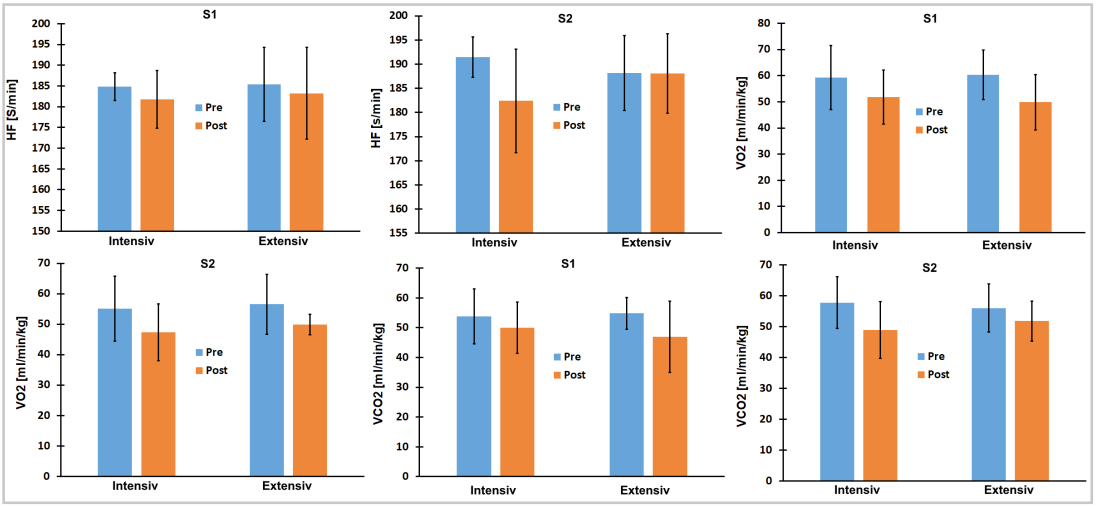


*Abb.4: Mittelwerte mit Standardabweichungen der wichtigsten Parameter der Spiroergometrie-Messungen getrennt für Prä- und Posttest sowie für die Stufen 1 (6 %. Steigung, S1) und 2 (1 %. Steigung, S2, N = 6, * p≤0.05).*

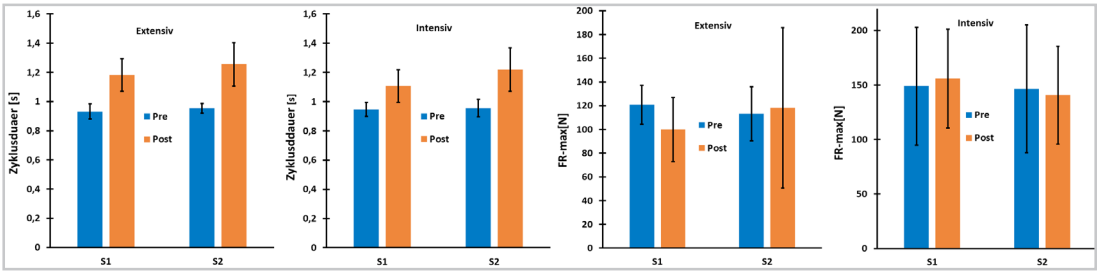


*Abb.5: Mittelwerte mit Standardabweichungen ausgewählter Stockschubparameter: Zyklusdauer (Stütz – und Schwungphase), maximale axiale Stockkraft pro Zyklus. Die Daten sind getrennt für Prä- und Posttest sowie für die Stufen 1 (6 %. Steigung, S1) und 2 (1 %. Steigung, S2) dargestellt (N = 6, * p ≤ 0.05).*

In Bezug auf das wissenschaftliche Ergebnis der durchgeführten Studie müssen mehrere Dinge kritisch betrachtet werden.

Die Stichprobe ist relativ klein: Für die Gruppenbewertung konnten keine parametrischen Tests herangezogen werden, weil das Normalverteilungskriterium nicht erfüllt war. Es scheint jedoch nicht so, dass das Ergebnis ein Artefakt der nicht ausreichenden Stichprobengröße ist. Wir haben mit Trainingsstudien nun einige Erfahrungen gesammelt. Auch die Diskussion mit anderen Arbeitsgruppen, die auf diesem Sektor tätig sind, hat gezeigt, dass die realen Möglichkeiten, mit größeren Stichproben bei laufendem Trainingsbetrieb im Leistungssport Interventionsstudien zu machen, stark limitiert sind und man mit Gruppengrößen leben muss, die für statistische Betrachtungen problematisch sind. Das ist offenbar auch der Grund dafür, dass es international kaum Studien gibt, die sowohl eine restriktive Trainingsbetreuung erfordern als auch den Standards für eine nachfolgende statistische Auswertung mit parametrischen Tests entsprechen. Das Problem liegt zum einen in der Rekrutierung von Athleten mit entsprechendem Leistungsniveau, die bereit sind, während der Vorbereitungsperiode ein Trainingsexperiment zu machen, und zum anderen im Aufwand für Organisation und Betreuung der Trainingsintervention. Dieser war vor allem bei dieser Studie sehr hoch, da alle Athleten auf einem Laufband bei Einzelbetreuung trainiert haben und während des laufenden OSP-Leistungsdiagnosebetriebs ihre Trainingseinheiten unter Aufsicht und Betreuung durch mindestens einen Leistungsdiagnostiker die Interventionstrainingseinheiten absolvieren mussten. Die Zentralisierung der Maßnahme war dadurch bedingt, dass Tests und Intervention an ein geeignetes Laufband gekoppelt waren. Ob dezentrale Organisationsformen insgesamt bessere Bedingungen für derartige Studien bieten würden, ist zu bezweifeln, weil vor allem die Kontrolle über die Qualität der Intervention nicht in gewünschtem Maße möglich ist.

Auch wenn das Endergebnis überraschend ist, hat die Studie einige wertvolle Erkenntnisse geliefert. Das wichtigste Ergebnis ist, dass die subjektive Einschätzung der Probanden und die Beobachtungen im Training eindeutig gezeigt haben, dass das Durchlaufen der Gesamtstrecke eine wesentlich höhere Beanspruchung der Athleten bedeutet als das etappenweise Absolvieren der Teilstrecken mit Pausen dazwischen, obwohl die durchschnittliche Laufgeschwindigkeit bei der intensiven Intervallmethode deutlich höher war. Die Athleten, die das gesamte Streckenprofil durchgelaufen sind, konnten nach der Stufe 1 (6 %.-Steigung) im Wesentlichen keine Korrekturen der Lauftechnik mehr vornehmen; auf Korrekturhinweise erfolgten infolge der sich aufstockenden Ermüdung nur noch geringe Reaktionen. Beim intensiven Intervalltraining hingegen konnten die in den Pausen zwischen den Stufen gegebenen Hinweise wesentlich besser verarbeitet werden, so dass die Athleten auch nach Stufe 1 im Hinblick auf die Qualität der Technikausführung von den häufigeren Intervallpausen profitiert haben.

Der entscheidende Benefit der intensiven Intervallmethode war die in unserer Studie beobachtete geringere Ermüdungsaufstockung. Durch dieses Verfahren lassen sich Einheiten, bei denen im Wettkampftempo gelaufen wird, mit höherer Frequenz einsetzen, so dass man mit dieser Methode Konzepte mit einem höheren Anteil von wettkampfspezifischen Geschwindigkeiten bei der Gesamttrainingsplanung realisieren kann. So gesehen war es überraschend, dass die Athleten, die nach der intensiven Intervallmethode trainiert haben, trotz offenbar geringerer Gesamtbelastung und dem subjektiven Empfinden, sich in den Interventionseinheiten weniger ausbelastet zu haben als die Läufer, die nach dem extensiven Intervallprinzip trainiert haben, am Ende vergleichbare Steigerungsraten von Prä- zu Posttest erreicht haben.

Natürlich konnte in den beiden Gruppen die Trainingsbelastung neben den Interventionseinheiten nicht in dem Maße kontrolliert werden, wie die Intervention selbst. Da die Athleten mitunter denselben Trainingsgruppen angehörten, kann man aber davon ausgehen, dass dadurch keine gravierenden Effekte entstanden sind. Auf der Suche nach den Gründen, warum die intensivere Methode bei den Athleten zu einer subjektiv geringeren Belastungswahrnehmung geführt hat, liegt nahe, dass die Intensitäten möglicherweise etwas höher hätten sein können. Das lässt sich im Nachhinein nur schwer prüfen.

Ein wichtiges Fazit aus dieser Untersuchung ist jedoch, dass sich durch einen geeigneten Wechsel von Belastung und Erholung im wettkampfnahen Geschwindigkeitsbereich gute Entwicklungseffekte erzielen lassen, auch ohne bei den Trainingseinheiten kritische Ermüdungsreaktionen beim Athleten zu generieren.

4 Literatur

Evertsen, F., Medbo, J. I. & Bonen, A. (2001). Effect of training intensity on muscle lactate transporters and lactate threshold of cross-country skiers. *Acta physiologica scandinavica, 173*, 195-205.

Helgerud, J., Hoydal, K., Wang, E., Karlsen, T., Berg, P., Bjerkaas, M., Simonsen, T., Helgesen, C., Hjorth, N., Bach, R. & Hoff, J. (2007). Aerobic high-intensity intervals improve VO2max more than moderate training. *Medicine and science in sports and exercise, 39*, 665-671.

Hottenrott, K. & Seidel, I., (2017). *Handbuch Trainingswissenschaft-Trainingslehre*. Schorndorf: Hofmann.

Mikkola, J. et al. (2013). Changes in performance and poling kinetics during cross-country sprint skiing competition using the double poling technique. *Sports biomechanics, 12* (4), 355-364.

Röcker, K., Schotte, O., Niess, A. M., Horstmann, T. & Dickhuth, H-H. (1998). Predicting competition performance in long-distance running by means of a treadmill test. *Medicine and science in sports and exercise, 30*, 1552-1557.

Seiler, S. & Tønnessen, E. (2009). Intervals, Thresholds, and Long Slow Distance: the Role of Intensity and Duration in Endurance Training. *Sportscience, 13*, 32-53.

Wank, V., Rapp, W., Blab ,F., Heger, H. & Schwarz, O. (2014). Die Optimierung der Lauftechnik im Sitzschlitten-Skilanglauf auf der Basis von Schubkraftmessungen. In: T. Milani, C. Maiwald & D. Orowohl (Hrsg.): *Neue Ansätze in der Bewegungsforschung*. Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft. Bd. 235, Hamburg: Czwalina, 119-124.

Wank, V., Heger, H., Keppler, V. & Rapp, W. (2015). Weiterentwicklung leistungsdiagnostischer Methoden im Skilanglauf der Behindertensportler zur Optimierung von Lauftechnik und Material sowie zur Steuerung des Trainings. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2013/14* (S. 53-58). Köln: Sportverlag Strauß.

Bessere Erholung durch VENEX Regenerationsbekleidung – Untersuchungen zur Wirksamkeit im Hochleistungsschwimmen

(AZ 072016/16-17)

Daniel Hahn (Projektleitung), Tobias Weingarten & Fridolin Zinke
Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Sportwissenschaft
Lehr- und Forschungsbereich Bewegungswissenschaft

1 Einleitung

Um das Ziel der Ausgewogenheit zwischen Training, Wettkampf und Regeneration zu gewährleisten, werden von Athletinnen und Athleten unterschiedlichste Regenerationsmaßnahmen genutzt. Durch Maßnahmen, wie beispielsweise Kaltwasserimmersion, Massagen oder Kompressionskleidung, wird über den Mechanismus der erhöhten Blutzirkulation versucht, die Regeneration zu optimieren. Weder die beispielhaft genannten, noch ähnliche Maßnahmen wie aktive Erholung, Wechselbäder, Dehnen und weitere sind wissenschaftlich uneingeschränkt belegt (Barnett, 2006). Daher hat die Firma Venex Life Science eine neuartige Form der Regenerationskleidung entwickelt. In dieser Kleidung ist eine mit Nano-Diamant (ND) und Nano-Platinum (NP) harmonisierte Faser eingewebt, welche laut Hersteller zwei verschiedene Wirkungsmechanismen vorweist: Zum einen bestehe eine temperaturerhöhende Funktion bedingt durch die weit-infrarote Strahlung der ND und NP Partikel (Fujimura, Taichi & Shigeru, 2008) und zum anderen soll durch das Tragen die Sekretion des Nerve-growth-factors (NGF) gesteigert werden (Ghoneum et al., 2017). Der erhöhte NGF soll im Hypothalamus als stimulierender Faktor für den Parasympathikus wirken (Ghoneum et al., 2017). Über diese Signalwege wird somit eine insgesamt verbesserte Regeneration des Organismus erwartet. Durch die Untersuchungen im Rahmen dieses Forschungsprojekts sollten mittelfristige Effekte der Regenerationskleidung betrachtet werden. Daraus formulierte sich die Hypothese, dass das Tragen von VENEX während der Nachtruhe zu verbesserten Leistungsparametern und zu einem besseren subjektiven Erholungszustand führt.

2 Methode

Für die Messungen wurde die Wettkampfmaßnahme in Atlanta (Arena Pro Swim Series Atlanta, 04.-07. Mai 2017), USA sowie die damit verbundene Trainingsmaßnahme (08.-14. Mai 2017) in Auburn, USA, ausgewählt.

2.1 Stichprobe

An den Maßnahmen nahmen 3 Athletinnen (Alter: 22,3 ± 0,6 Jahre; Größe: 172,3 ± 8,0 cm; Gewicht: 65,0 ± 2,6 kg) und 9 Athleten (Alter: 20,9 ± 2,3 Jahre; Größe: 187,1 ± 5,2 cm; Gewicht: 83,7 ± 5,7 kg) (A/B/C-Kader) des deutschen Schwimmverbandes teil.

2.2 Versuchsablauf

Der Zeitraum der Wettkampfmaßnahme wurde zur Erhebung einer Baseline-Messung genutzt. Nach der Baseline-Messung wurde die Gesamtgruppe anhand der Anzahl der Wettkampfstarts und deren Intensität in eine Gruppe „Venex“ (V) und „Kontrolle“ (K) aufgeteilt. Die Messzeitpunkte während der Baseline-Messung wurden durch die Vorläufe am Vormittag und die Finalläufe am Nachmittag bestimmt. Alle Parameter wurden an beiden Messzeitpunkten in der Schwimmhalle unmittelbar vor dem Einschwimmen der Athleten erhoben. Am 08., 11. und 14. Mai wurde reisebedingt nur eine Messung durchgeführt. Vom 09.-13. Mai wurden die Untersuchungsparameter zweimal täglich erhoben. Die kapillaren Blutentnahmen fan-

den während des gesamten Messzeitraumes am Abend eines jeden Tages statt. Um eine möglichst stabile Baseline für jeden Parameter zu erlangen, wurden die Ergebnisse aller Parameter über den Wettkampfzeitraum gemittelt. Die Trainingsmaßnahme wurde zur Auswertung in drei Blöcke aufgeteilt (vgl. Abb. 1). Block 1 bildete der Reisetag am 08. Mai. Der erste Trainingsblock (Block 2) fasst die Tage 09.-11. Mai zusammen, die Tage vom 12.-14. Mai werden als Block 3 definiert. In Abb. 1 ist eine Übersicht über alle Messzeitpunkte sowie Trainingseinheiten dargestellt. Beginnend mit der Nacht vom 07. auf den 08. Mai hat die Gruppe V die Regenerationskleidung getragen. Diese bestand sowohl aus einem kurzen T-Shirt als auch einer langen Hose, die über Nacht getragen werden sollten. Der Kontrollgruppe wurde keine spezifisch ausgewählte Kleidung ausgegeben, sodass diese während der Nacht ihre persönlich präferierte Kleidung trug.

2.3 Untersuchungsparameter

2.3.1 Griff- und Sprungkraft

Die Griffkraft dient als Indikator für die allgemeine Kraftfähigkeit und wurde mit einem hydraulischen digitalen Hand-Dynamometer erfasst (JamarPlus+Digital Hand-Dynamometer, Performance Health, USA). Während eines Squat-Jumps wurde über die Flugzeit die Sprunghöhe zur Beurteilung der Sprungkraft bzw. Schnellkraft der Beine ermittelt. Als Sprungform wurde der Squat-Jump gewählt, da dieser dem Startsprung beim Schwimmen sehr nahekommt und somit davon ausgegangen werden kann, dass mögliche Lerneffekte während der Maßnahmen minimiert wurden.

2.3.2 Mechanische Muskeleigenschaften

Mittels MyotonPRO (Myoton Ltd; London) wurden über die Messung von Schwingungsfrequenz und -amplitude der im Schwimmsport besonders beanspruchten Muskeln (m. triceps brachii und m. latissimus dorsi) Aussagen über Muskeltonus [Hz] und Muskelsteifheit [N/m] getroffen.

2.3.3 Herzfrequenzvariabilität

Die Herzfrequenzvariabilität (HRV) wurde erfasst (Polar V800/RS800-CX), um eine Aussage über die Aktivität des autonomen Nervensystems zu treffen. Hierzu wurde die HRV eigenständig von den Athleten am Morgen über eine 5-minütige Ruhemessung (1000 Hz) in horizontaler Position erfasst. Aus der Messung wurde der RMSSD abgeleitet, um Rückschlüsse auf das autonome Nervensystem und somit die parasympathische Aktivität zu ziehen.

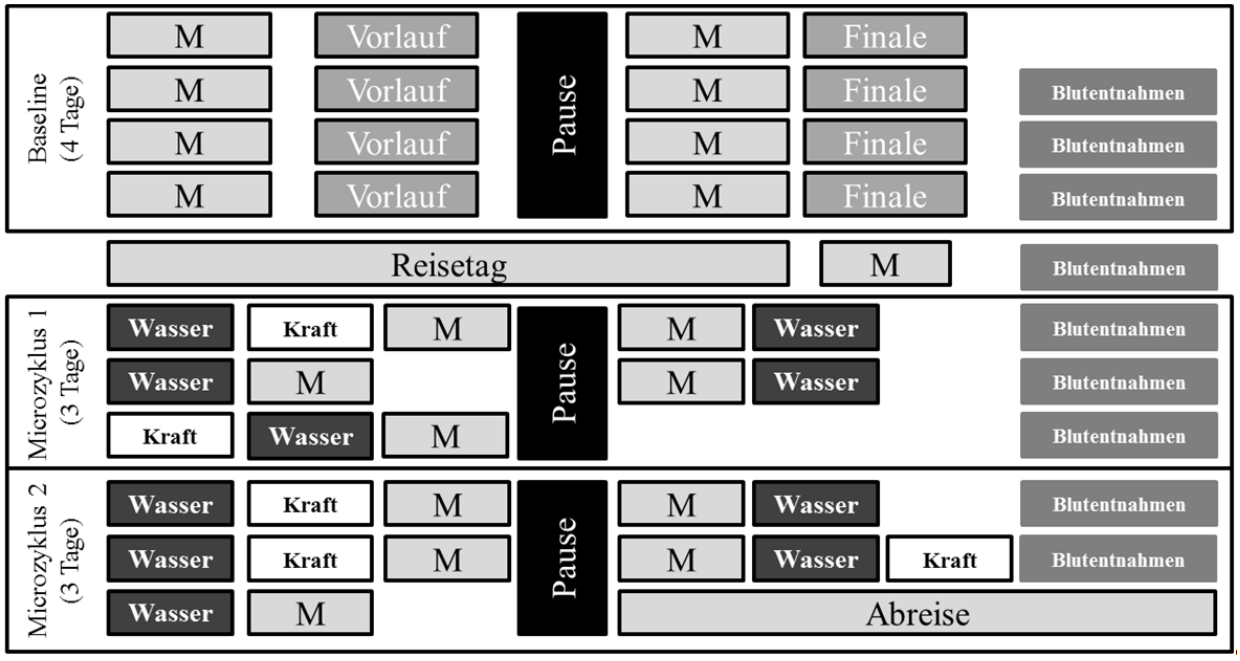


Abb. 1: Schematische Übersicht über die Wettkampf- und Trainingsmaßnahme USA. Es sind alle Messzeitpunkte (M), Wassertrainingseinheiten (Wasser) und Krafttrainingseinheiten (Kraft) sowie die Einteilung in Baseline, Reisetag und Trainingsblöcke dargestellt.

2.3.4 Biochemische Parameter

Zur Analyse der Kreatinkinase-Aktivität und der Harnstoffkonzentration wurde den Athleten und Athletinnen 200 µl Kapillarblut entnommen. Diese beiden Blutparameter dienen dazu, die Veränderung der Ermüdung auf biochemischer Ebene zu erfassen. Die Aktivität der Kreatinkinase lässt Rückschlüsse auf die Intensität des Trainings zu, wobei anhand des Harnstoffgehaltes der Trainingsumfang bewertet werden kann.

2.3.5 Subjektive Parameter

Die Kurzskala zur Erfassung von Erholung und Beanspruchung im Sport (KEB) (Kellmann, Kölling & Hitzschke, 2016) kam zum Einsatz, um das subjektive Empfinden der Athleten zu erfassen. Zusätzlich wurde das Beanspruchungsempfinden des letzten Trainings beziehungsweise Wettkampfes auf einer 11-stufigen Skala (0-10) erfragt.

2.4 Statistik

Zur Analyse möglicher Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen Venex (V) und Kontrolle (K) wurde für alle Parameter eine zweifaktorielle ANOVA mit Messwiederholung auf einem Faktor (Faktor 1: Bekleidung, messwiederholter Faktor 2: Messzeitpunkt) durchgeführt. Mehrfachvergleiche wurden nach Bonferroni korrigiert. Das Signifikanzniveau wurde auf $\alpha = 0{,}05$ festgelegt. Für die Auswertung und Berechnung wurde das Softwarepaket SPSS verwendet.

3 Ergebnisse

Beide Gruppen unterschieden sich nicht signifikant in der Anzahl der Starts oder der Wettkampfintensität ($p > 0{,}638$). Ebenso gab es hinsichtlich des Umfangs der Trainingskilometer sowie für die Intensität während des Wettkampfes oder der Trainingsblöcke ($p > 0{,}686$) keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

Die Kraftparameter Griffkraft und Sprunghöhe zeigten weder über den Verlauf ($p > 0{,}190$) noch zwischen den Gruppen ($p > 0{,}707$) einen signifikanten Unterschied auf. Die Muskeleigenschaften Steifheit und Tonus zeigten keine signifikanten Unterschiede im Zeitverlauf ($p > 0{,}688$). Auch zwischen den Gruppen gab es keinen signifikanten Unterschied der Steifheit ($p = 0{,}290$). Dasselbe gilt für den Tonus beider gemessenen Muskeln ($p > 0{,}335$).

Der RMSSD als Parameter der HRV zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ($p = 0{,}056$) oder über den Zeitverlauf ($p = 0{,}710$) aber einen signifikanten Interaktionseffekt ($p = 0{,}028$). Die Kreatinkinase-Aktivität und der Harnstoffgehalt im Blut zeigten einen signifikanten Unterschied über den Faktor Zeit ($p \leq 0{,}001$). Beide Parameter waren während den Trainingsblöcken 2 und 3 im Vergleich zur Baseline-Messung signifikant erhöht ($p < 0{,}039$). Der Faktor Bekleidung zeigte jedoch keinen signifikanten Unterschied ($p > 0{,}455$) (Abb. 2). Für kein

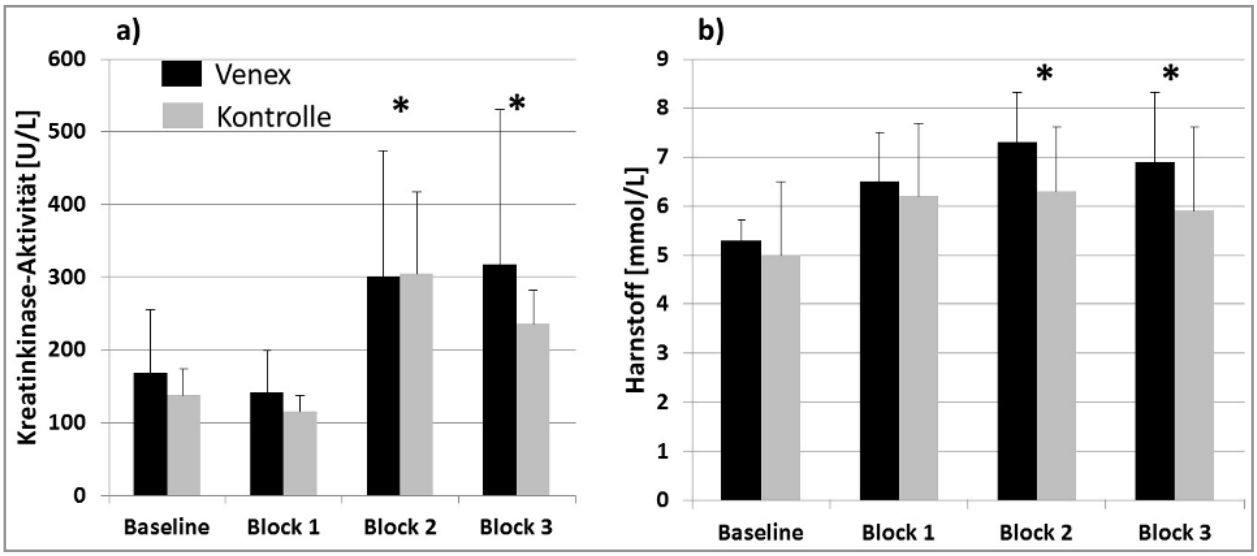


*Abb. 2: Mittelwerte und Standardabweichung für a) die Kreatinkinase-Aktivität und b) des Harnstoffgehaltes im Blut während der Wettkampf- und Trainingsmaßnahme in den USA. *... signifikanter Unterschied zu Baseline ($p < 0{,}05$)*

Item der KEB konnten Unterschiede zwischen den Gruppen oder Veränderungen über den Zeitverlauf festgestellt werden ($p > 0{,}266$).

4 Diskussion

Die Hypothese der verbesserten Leistungsparameter und des besseren subjektiven Erholungszustandes muss aufgrund der erhobenen Ergebnisse verworfen werden. Die Kraftparameter Griffkraft und Squat Jump zeigten während der Maßnahme keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Da verschiedene Kraftparameter die sportliche Leistung im Schwimmsport stark beeinflussen, kann basierend auf den Ergebnissen spekuliert werden, dass vermutlich auch die Schwimmleistung nicht unmittelbar von dem Einsatz der Regenerationskleidung beeinflusst wurde.

Aufgrund der propagierten Wirkungsmechanismen der Kleidung (Sekretion des Nerve Growth Faktors als stimulierender Faktor für den Parasympathikus) wurde eine Veränderung der parasympathischen Aktivität angenommen. Darüber hinaus ließe sich eine erhöhte parasympathische Aktivität in der Steifheit und dem Tonus der Muskulatur abbilden. Es konnten jedoch keine Unterschiede zwischen den Gruppen bezüglich des RMSSD oder der mechanischen Muskeleigenschaften festgestellt werden. Im Gegensatz dazu wurde jedoch bereits belegt, dass verschiedene Massageanwendungen sowohl die parasympathische Aktivität erhöhen als auch den Muskeltonus verringern können (Weerapong, Hume & Kolt, 2005). Durch die Massage wird die erhöhte parasympathische Aktivität durch den reduzierten Muskeltonus hervorgerufen.

Obwohl Venex Life Science postuliert, dass die harmonisierte Faser durch die weit-infrarote Strahlung und durch eine erhöhte Sekretion des Nerv Growth Faktors die Blutzirkulation erhöht und somit eine verbesserte Elimination von CK und Harnstoff erwartet wurde, zeigten die erhobenen Daten dies nicht. Hierbei sollte beachtet werden, dass die biochemischen Parameter erheblich von einer Baseline-Messung ohne Belastung abhängig sind. Aufgrund der Messungen im Feld mit Spitzenathleten konnte diese Form der Baseline nicht bestimmt werden. Gleiches gilt für die Messungen der HRV. Auch im Rahmen der psychometrischen Erhebung des Erholungszustandes zeigten die Items der KEB zwischen den Gruppen keine Unterschiede, die individuellen Rückmeldungen des empfundenen Wärmegefühls sprechen jedoch wiederum für eine potentielle Wirksamkeit der Regenerationskleidung.

Methodische Schwachpunkte sind mit bekannten Problematiken bei Feldmessungen mit Spitzenathleten zu erklären. Vor allem unterschiedliche Belastungen während der Wettkampfmaßnahmen (Anzahl der Starts am Tag) aber auch während des Trainings gestalten den Vergleich zwischen Athleten(gruppen) schwierig. Dies wurde so gut wie möglich durch die Mittelung der Tage aufgefangen. Die Bedingungen der Baseline-Messung sind aufgrund der Belastung während des Wettkampfes ebenfalls nicht optimal, allerdings stellt die gewählte Form der Baseline-Messung eine bessere Variante im Vergleich zu einer Messung ohne Baseline dar. Bezüglich der Testbatterie und den einzelnen Parametern ist festzuhalten, dass die angewandten Tests sowohl zeitlich vor und nach Wettkämpfen und Trainingseinheiten problemlos durchgeführt werden konnten. Alle angewandten Tests sind sowohl in der Ausführung als auch Auswertung sehr ökonomisch. Weitere Messungen auf physiologischer Ebene (z. B. Blutfluss, Körperkerntemperatur, Hauttemperatur) könnten möglicherweise jedoch darüber aufklären, ob die postulierten Effekte durch das Tragen der Kleidung eintreten.

Abschließend lässt sich festhalten, dass eine individuelle Beratung bezüglich der Kleidung vorgenommen werden muss. Eine Baseline-Messung zu Zeitpunkten ohne jegliche Trainingsbelastung könnte die Daten und dessen Bewertung noch zielführender gestalten. Es kann momentan nicht davon ausgegangen werden, dass sich die postulierten Effekte bei jedem Athleten bemerkbar machen.

5 Literatur

Barnett, A. (2006). Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help? *Sports medicine (Auckland, N.Z.), 36* (9), 781-796.

Fujimura, T., Taichi, N. & Shigeru, S. (2008), WO 2009/041302.

Ghoneum, M., Katano, H., Agrawal, S., Ganguly, S. & Agrawal, A. (2017). Effect of Nanodiamond and Nanoplatinum Liquid, DPV576, on Human Primary Keratinocytes. *Journal of biomedical nanotechnology, 13* (1), 110-116. doi: 10.1166/jbn.2017.2340.

Kellmann, M., Kölling, S. & Hitzschke, B. (2016). *Das Akutmaß und die Kurzskala zur Erfassung von Erholung und Beanspruchung im Sport. Manual*. Schriftenreihe des Bundesinstituts für Sportwissenschaft, 2016/07. Hellenthal: Sportverlag Strauß.

Weerapong, P., Hume, P. A. & Kolt, G. S. (2005). The mechanisms of massage and effects on performance, muscle recovery and injury prevention. *Sports medicine (Auckland, N.Z.), 35* (3), 235-256.

Förderung der Sozialkompetenz von Trainerinnen und Trainern im Spitzensport – Leitfadenentwicklung und Multiplikatorenschulung

(AZ 072018/16-17)

Carmen Borggrefe[1] (Projektleitung) & Klaus Cachay[2]

[1]Universität Stuttgart, Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft
[2]Universität Bielefeld, Abteilung Sportwissenschaft

1 Problem

Die zentrale Aufgabe von Trainerinnen und Trainern im Spitzensport besteht darin, ihre Athletinnen und Athleten unter Beachtung sportspezifischer Regeln und Wahrung ethischer Grundsätze zu Höchstleistungen zu bringen. Im hochkomplexen Feld des Spitzensports mit seinen zahlreichen Umweltansprüchen geht es für einen Trainer also immer darum, im Training wie im Wettkampf so Einfluss auf die Athleten und deren Verhalten zu nehmen, dass diese möglichst als Sieger aus Wettkämpfen hervorgehen. Doch wie kann dies gelingen? Wie können Trainer die Leistungen ihrer Athleten bestmöglich fördern?

Zweifellos ist an dieser Stelle zunächst die fachliche Kompetenz hervorzuheben: Trainer sollten Experten sein für die jeweilige Sportart, die sie vertreten. Sie sollten sich auskennen mit den Grundlagen und Prinzipien eines sportartspezifischen Technik-, Taktik- und Konditionstrainings. Sie sollten über ein umfangreiches Wissen im Bereich der Biomechanik, der Leistungsdiagnostik, der Trainingssteuerung, des mentalen Trainings usw. verfügen, und sie sollten dieses Wissen im Sinne der Leistungsentwicklung ihrer Athleten auch anwenden können. Erfolgreiches Trainerhandeln setzt demnach also exzellentes fachliches Wissen und Können voraus. Allerdings nützt eine solche Fachkompetenz Trainern letztlich nur dann, wenn es ihnen gelingt, ihr Wissen auch zu vermitteln. Dazu müssen sie einen Zugang zu den Athleten finden, damit ihre Ziele, Methoden, taktischen Anweisungen und Motivationsversuche überhaupt bei den Athleten ankommen, wofür Trainern prinzipiell nur ein Mittel zur Verfügung steht: *Kommunikation*. Gefragt sind demnach also neben der Fachkompetenz immer auch kommunikative Kompetenzen, die gemeinhin unter dem Begriff der Sozialkompetenz zusammengefasst werden.

Sozialkompetenz im Sinne der Bewältigung kommunikativer Anforderungen stellt somit eine wesentliche Bedingung erfolgreichen Trainerhandelns im Spitzensport dar. In umfangreichen qualitativen Studien zur Trainer-Athlet-Kommunikation im Spitzensport – zuletzt im WVL-Projekt „Sozialkompetenz“ – haben wir zentrale kommunikative Anforderungen an Trainer identifiziert sowie Strategien ihrer Bewältigung herausgearbeitet (vgl. Borggrefe & Cachay, 2015, 2016a-d; Borggrefe, Cachay & Bahlke, 2016a/b; Borggrefe, Cachay, Bahlke & Dölling, 2017). Das Service-Forschungsprojekt „Sozialkompetenz“ schließt an diese Forschungen an, indem es wissenschaftliche Analysen in innovativer Weise mit einem direkten Transfer der gewonnenen Erkenntnisse in die Sportpraxis verknüpft. Konkret verfolgt das geplante Projekt damit zwei übergeordnete Ziele:

Erstens geht es auf *wissenschaftlich-analytischer Ebene* darum, auf der Basis des bereits vorliegenden theoretischen Bezugsrahmens und mithilfe des bewährten qualitativen Forschungsdesigns vertiefende Einblicke in die Praxis der Trainer-Athlet-Kommunikation zu erhalten. Zweitens wird die wissenschaftliche Analyse auf der *Anwendungsebene* direkt für den nachhaltigen Transfer der Ergebnisse in die Sportpraxis genutzt, indem in Kooperation mit ausgewählten Verbänden die Schulung von Multiplikatoren und die Entwicklung von Leitfäden zur

Vermittlung von Sozialkompetenz in der Traineraus- und -fortbildung am konkreten Datenmaterial erfolgt.

2 Methode

Auf *theoretischer Ebene* wurde ein Modell der Trainer-Athlet-Kommunikation entwickelt, mit dessen Hilfe sechs übergeordnete Anforderungen an das kommunikative Handeln von Trainern abgeleitet wurden: Verständigungssicherung, Verhaltenssteuerung, Konfliktregulierung, thematische Strukturierung, Grenzziehung und Partizipation (vgl. ausführlich Borggrefe & Cachay, 2015). Auf *empirischer Ebene* wurden im Lichte dieser Theorie Fallstudien in den Sportarten Handball, Leichtathletik und Turnen durchgeführt. An der Studie nahmen insgesamt sechs Trainer und eine Trainerin sowie 29 Athletinnen und Athleten aus den jeweils betreuten Wettkampfeinheiten teil. Alle teilnehmenden Trainerinnen und Trainern bekleideten die Funktion eines Bundestrainers bzw. Trainers an einem Bundesstützpunkt.

Die Studie weist ein qualitatives Forschungsdesign auf, das zum einen Video- und Audioaufzeichnungen unterschiedlicher Trainer-Athlet-Kommunikationen, zum anderen qualitative Interviews mit Trainern und Athleten impliziert. Erstere entstammen authentischen Interaktionssituationen – Trainingskommunikationen, Kommunikationen während des Wettkampfs, Vor- und Nachbesprechungen, Auszeiten und Halbzeitbesprechungen –, wobei pro Trainer Datenmaterial im Umfang von ca. 30 bis 35 Stunden erhoben wurde. Aus dem umfangreichen Videomaterial wurden anschließend solche Sequenzen ausgewählt, die die unterschiedlichen kommunikativen Anforderungen an Trainer idealtypisch widerspiegeln, und in Interviews mit dem jeweiligen Trainer und mit Athleten der betreffenden Wettkampfeinheit eingespielt. Insgesamt wurden auf diese Weise 36 Interviews über die sich in den Video- und Audiosequenzen dokumentierenden Trainerstrategien mit einer Länge von zwei bis drei Stunden geführt.

Die Auswertung der Video-/Audio- und Interviewdaten erfolgte jeweils in einem gestuften Prozess: *Erstens* wurde das gesamte innerhalb einer Wettkampfeinheit erhobene Video- und Audiomaterial gesichtet und theoriegeleitet ausgewertet. Dazu musste das Material zunächst synchronisiert werden, d. h., es erfolgte eine Zusammenführung unterschiedlicher Kameraperspektiven („split screen“) und der jeweils brauchbaren Tonspuren (Trainermikrofon, Kameramikrofone, zusätzliche Richtmikrofone). Die theoriegeleitete Auswertung implizierte das Herausschneiden theoretisch relevanter Sequenzen, die unterschiedlichen kommunikativen Anforderungen zugeordnet wurden. Um eine einheitliche und theoriekonforme Auswertung zu gewährleisten und mögliche Differenzen zwischen unterschiedlichen „Auswertern“ zu vermeiden, erfolgte die komplette Sichtung und Auswertung des Video- und Audiomaterials jeweils gemeinsam durch die gesamte Forschergruppe. *Zweitens* wurden aus dem Gesamtmaterial der theoretisch geordneten und geschnittenen Sequenzen dann solche ausgewählt, die kommunikative Anforderungen an Trainer möglichst idealtypisch widerspiegeln. Diese wurden anschließend in die Leitfadeninterviews mit dem Trainer und den Athleten einer Wettkampfeinheit eingespielt. Theoretisch relevante Aspekte, die nicht anhand von Video- und Audiodaten abgebildet werden konnten, wurden in den Interviews ohne Bezugnahme auf solche Daten thematisiert. *Drittens* wurden die Trainer- und Athleteninterviews dann wiederum theoriegeleitet entlang kommunikativer Anforderungen ausgewertet, was schließlich *viertens* eine strukturierte Zusammenführung der Video- und Audiosequenzen mit den dazugehörigen Interviewdeutungen der Trainer und Athleten ermöglichte.

3 Geleisteter Transfer

In enger Kooperation mit dem Deutschen Handballbund, dem Deutschen Leichtathletik Verband und dem Deutschen Turner-Bund wurde der Transfer der wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Traineraus- und -fortbildung gesichert. Dies umfasste im Einzelnen folgende Maßnahmen:

(1) *Schulung der Multiplikatoren: Einführung in die theoretischen Grundlagen*

Im Rahmen eines ganztägigen Multiplikatoren-Workshops ging es darum, die Multiplikatoren mit den theoretischen Überlegungen zu kommunikativen Anforderung innerhalb der Trainer-Athlet-Kommunikation vertraut zu machen. Die Bedeutung dieser Anforderungen wurde an konkreten empirischen Beispielen aus Vorgängerstudien erörtert, die gemeinsam mit den Multiplikatoren theoriegeleitet beobachtet und reflektiert wurden.

(2) *Vorbereitung der individuellen Trainerberatungen gemeinsam mit den Multiplikatoren*

Im Rahmen der Vorbereitung der individuellen Trainerberatungen wurden die Multiplikatoren in den Analyse- und Auswertungsprozess mit einbezogen. Dazu wurde ihnen in einem ersten Schritt das komplette Videomaterial in Form der synchronisierten und geschnittenen Gesamtdateien, der ausgewählten Leitfadenszenen sowie der Interviewtranskripte zur Verfügung gestellt. Vor dem Hintergrund der im Workshop vermittelten theoretischen Grundlagen sollten die Multiplikatoren das Material selbstständig sichten und analysieren. In gemeinsamen Sitzungen mit den Projektleitern fand dann jeweils die Vorbereitung der individuellen Beratungsgespräche mit den Trainern statt. Hierzu wurden als Grundlage Power-Point-Präsentationen erstellt, die jeweils eine kurze theoretische Einführung, sieben bis elf ausgewählte Videosequenzen sowie die sequenzbezogenen Interviewaussagen der Trainer und die anonymisierten Aussagen der Athleten umfassten.

(3) *Durchführung der individuellen Trainerberatungen gemeinsam mit den Multiplikatoren*

Auf der Grundlage der erstellten Power-Point-Präsentationen wurden gemeinsam mit den jeweils zuständigen Multiplikatoren individuelle Beratungsgespräche mit den sieben teilnehmenden Trainerinnen und Trainern geführt, die eine durchschnittliche Dauer von dreieinhalb Stunden aufwiesen. Dabei erhielten die Trainer zunächst eine kurze Einführung in die theoretischen Grundlagen durch die Projektleiter. Anschließend wurden die Leitfadenszenen gemeinsam angeschaut und unter Hinzunahme der Interviewdeutungen von Trainer und Athleten analysiert. Um die Trainer aktiv in die Beratung einzubeziehen und Reflexionsprozesse bei ihnen anzuregen, bekamen sie die Aufgabe, zunächst die Aussagen ihrer Athleten zu interpretieren und aufzuzeigen, welche Konsequenzen sie möglicherweise hieraus für ihr kommunikatives Verhalten ziehen. In methodischer Hinsicht wurden zu diesem Zweck vor allem so genannte zirkuläre Fragen eingesetzt, die dazu beitragen sollten, den Trainern einen distanzierten Blick auf die beobachtete Trainer-Athlet-Kommunikation zu ermöglichen, um so Gewohnheiten und Beziehungsmuster der psychischen Systeme (Königswieser & Hillebrand, 2013, S. 93) sowie die Eigenlogik des sozialen Systems aufzudecken. Zirkuläre Fragen sind entsprechend so zu formulieren, dass sie die Trainer zur Reflexion darüber anregen, welche Bedeutung das beobachtete Trainerverhalten für den betreffenden Athleten, für die Mannschaft oder die Zuschauer haben kann. Zirkuläre Fragen zielen demnach nicht darauf, die Innensicht respektive die Empfindungen der beobachtenden Person zu verdeutlichen, sondern es geht darum, die kommunikative Bedeutung und Funktion des gezeigten Verhaltens sichtbar zu machen (Reich, 2010, S. 236; von Schlippe & Schweitzer, 2012, S. 251). Diese Herangehensweise scheint besonders sinnvoll, „da das Verhalten von Menschen nicht von dem bestimmt wird, was andere Leute tatsächlich denken, sondern von dem, was sie denken, was die anderen denken“ (Simon & Rech-Simon, 2012, S. 21). Für die Veränderung des Trainerverhaltens ist es daher bedeutsam, dass Trainer lernen zu beobachten und zu reflektieren, wie Athleten bestimmte Situationen deuten. Die Einschätzungen der Trainer wurden jeweils von den Projektleitern und den Multiplikatoren diskursiv aufgegriffen und ergänzt. Es wurden abschließend jeweils athleten- und situationsspezifische Lösungsstrategien im Sinne funktionaler Äquivalente aufgezeigt

und festgehalten.

Grundsätzlich ging es im Rahmen der Beratung also nicht darum, den Trainern „einfache“ Handlungsanweisungen im Sinne „richtiger“ oder „falscher“ Kommunikationsstrategien an die Hand zu geben, denn dies ist aufgrund der Komplexität kommunikativer Prozesse, die stets durch die Teilnehmenden und die relevanten Kontextfaktoren der Situation beeinflusst werden, gar nicht möglich. Vielmehr war es das Ziel der Beratung, den Trainern diese Komplexität mit Hilfe der Szenen zu spiegeln, sie dafür zu sensibilisieren und sie in die Lage zu versetzen, die Funktionen und Folgen ihres kommunikativen Handelns zu analysieren, mögliche Alternativen zu reflektieren und darüber ggf. ihren kommunikativen Handlungsspielraum zu erweitern und im besten Fall zu optimieren.

Zum Abschluss der Beratungsgespräche wurden die Stärken, Probleme und Entwicklungsmöglichkeiten im Hinblick auf das Kommunikationsverhalten der Trainer durch die Projektleiter noch einmal zusammengefasst. Außerdem erhielten die Trainer die PowerPoint-Präsentation mit den Beispielszenen und den anonymisierten Zitaten auf DVD, um sich im Nachhinein auch noch einmal selbstständig mit der Thematik beschäftigen zu können.

(4) Durchführung von verbandsinternen Trainerworkshops

In zwei Verbänden führten die Projektleiter jeweils vierstündige Trainerworkshops zum Thema „Sozialkompetenz“ durch, in einem Verband im Rahmen der A-Trainer-Ausbildung, im anderen im Rahmen einer Nachwuchstrainer-Fortbildung. Beide Veranstaltungen wurden allerdings nicht – wie ursprünglich geplant – gemeinsam mit den Multiplikatoren durchgeführt, sondern allein durch die Projektleiter. Eine Einbindung der Multiplikatoren in die Planung und Durchführung der Workshops scheiterte daran, dass die Multiplikatoren nach eigener Auskunft zum einen nicht über die zeitlichen Ressourcen, zum anderen aber auch nicht über das nötige vertiefte soziologisch-kommunikationstheoretische Wissen verfügen, um sich in die Workshops einzubringen oder diese gar selbständig – unter Supervision der Projektleiter – durchzuführen. An diesen beiden Punkten scheiterte überdies auch die ursprünglich vorgesehene Erstellung verbandsspezifischer Leitfäden.

4 Fazit

Reflektiert man nunmehr abschließend das durchgeführte Projekt, dann ist festzustellen, dass dieses sowohl von den Multiplikatoren als auch von den meisten Trainern sehr positiv beurteilt wird. Als Beispiele sind drei Zitate aus den Feedbackbögen aufgeführt:

> *„Mir haben die Szenen persönlich meine Schwachstellen aufgezeigt und waren für mich in hohem Maße wichtig, um mir die Anforderungen noch einmal klar zu machen.“*
> *„Ich habe es als echte Chance gesehen, selbst besser zu werden. Wann hat man mal die Chance, so ein Coaching zu erfahren?“*
> *„Ich fand das Projekt als eine große Bereicherung meiner Arbeit und halte es für extrem sinnvoll und wichtig. Vielen Dank für die angenehme Zusammenarbeit.“*

Das heißt, das Projekt ist von den Akteuren der Praxis hervorragend angenommen worden, es fokussiert offensichtlich ein bedeutsames Problem der Trainerausbildung. Fragt man sich allerdings, ob es gelungen ist, das Thema „Sozialkompetenz“ nachhaltig in den Verbänden zu verankern, so sind in Bezug auf dieses Ziel Abstriche zu machen. Zweifellos ist es durch die Einbeziehung der Multiplikatoren gelungen, die Relevanz des Themas in den Verbänden zu erhöhen, indem eine größere Zahl von Personen positiv über das Projekt kommuniziert, doch damit ist das Thema noch nicht genügend strukturell verankert. Will man dies erreichen, sind folgende Punkte zu beachten:

4.1 Auswahl der Trainerinnen und Trainer

Bei der Auswahl der Trainerinnen und Trainer ist darauf zu achten, dass diese nicht zur Teilnahme „überredet" werden, sondern dass diese freiwillig und aus Überzeugung an dem Projekt teilnehmen. Denn nur wenn diese Überzeugung gegeben ist und damit eine entsprechende Offenheit und die Bereitschaft zu Lernen vorliegen, kann eine Schulung erfolgreich sein. Dies war bei der Mehrzahl der teilnehmenden Trainer gegeben. Die Zusammenarbeit mit diesen war hervorragend, sie waren im Beratungsgespräch offen für Hinweise und Kritik und beteiligten sich konstruktiv. Bei zwei Trainern war diese Offenheit nicht in gleichem Maße gegeben.

Wenn die Verbände Gewinn aus dem Projekt schöpfen wollen, dann ist der Auswahl der Trainer hohe Aufmerksamkeit zu schenken, denn nicht jeder Trainer hat die Statur, mit eigenen Schwächen umzugehen, diese gespiegelt zu bekommen und dann auch noch diese Daten für Fortbildungen frei zu geben.

4.2 Stellung der Multiplikatoren im Verband

Die Zusammenarbeit mit allen Multiplikatoren war ausgezeichnet, bei allen bestand ein großes Interesse, das Projekt erfolgreich zu gestalten. Im Hinblick auf die nachhaltige Implementierung des Themas stellt sich aber die Frage, ob die Multiplikatoren über eine entsprechende Stellung im Verband verfügen, die es ihnen ermöglicht, das Thema mit entsprechendem Nachdruck zu verfolgen.

So ist beispielsweise im Hinblick auf die Rolle des „Wissenschaftskoordinators", die von mehreren Multiplikatoren bekleidet wurde, zu reflektieren, dass diese im Verband eben „nur" für Wissenschaft zuständig sind und nicht für die Hauptfunktion des Spitzensports: Training und Wettkampf. Dieses Defizit kann zum einen kompensiert werden, indem der Wissenschaftskoordinator erfolgreicher Athlet und/oder Trainer war und somit entsprechende Achtung seitens der Trainer erfährt. Eine zweite Kompensationsmöglichkeit liegt in einem engen Kontakt zur Verbandsführung, um notwendige Entscheidungen herbeiführen bzw. beschleunigen zu können.

4.3 Freigabe des Materials

Eine wichtige Voraussetzung für die Nachhaltigkeit des Projekts ist die Freigabe der Szenen für Fortbildungen, und dies nicht nur für die Projektgruppe, sondern für alle am Projekt beteiligten Verbände. Mit diesem Datenpool verfügten die Verbände über Material, das es ihnen ermöglichte, Einblicke in den Umgang mit kommunikativen Anforderungen nicht nur in der eigenen Sportart, sondern auch in anderen Sportarten zu bekommen, wodurch der jeweilige Horizont erheblich erweitert werden dürfte.

Zwei der drei teilnehmenden Verbände haben diese Voraussetzung bereits erfüllt, indem sie die Zustimmung der beteiligten Trainerinnen und Trainer zur Freigabe ihrer Szenen eingeholt haben, beim dritten Verband liegt diese Zustimmung (noch) nicht vor.

5 Literatur

Borggrefe, C. & Cachay, K. (2015). *Kommunikation als Herausforderung. Eine theoretisch-empirische Studie zur Trainer-Athlet-Kommunikation im Spitzensport*. Schorndorf: Hofmann.

Borggrefe, C. & Cachay, K. (2016a). „Der Bundestrainer kann mir nicht weiterhelfen!" Strukturelle Probleme der Bundestrainerrolle. *Leistungssport, 46* (6).

Borggrefe, C., Cachay, K. & Bahlke, S. (2016a). „Ich möchte jetzt nicht diskutieren, Jungs!" Zur Bedeutung von Partizipation in der Trainer-Athlet-Kommunikation. *Leistungssport, 46* (5), 41-47.

Borggrefe, C. & Cachay, K. (2016b). „Wenn ich auf dem Spielfeld stehe, zerreiß ich mich!" Moral in der Trainer-Athlet-Kommunikation. *Leistungssport, 46* (4), 45-50.

Borggrefe, C. & Cachay, K. (2016c). „Die Ansagen sind total falsch!" Konflikte in der Trainer-Athlet-Kommunikation. *Leistungssport, 46* (3), 35-41.

Borggrefe, C. & Cachay, K. (2016d). Macht und Vertrauen. Steuerungsstrategien von Trainern im Spitzensport. *Leistungssport, 46* (2), 41-47.

Borggrefe, C., Cachay, K. & Bahlke, S. (2016b). „Soweit alles klar jetzt?" Zum Problem gelingender Verständigung in der Trainer-Athlet-Kommunikation. *Leistungssport, 46* (1), 45-50.

Borggrefe, C., Cachay, K., Bahlke, S. & Dölling, R. (2017). „Frauen sind einfach schwieriger!" – Zur Problematik geschlechtsbezogener Kommunikation im Spitzensport. *Leistungssport, 47* (3).

Königswieser, R. & Hillebrand M. (2013). *Einführung in die systemische Organisationsberatung* (7. Auflage). Heidelberg: Carl-Auer-Verlag.

Reich, K. (2010). *Systemisch-konstruktivistische Pädagogik. Einführung in die Grundlagen einer interaktionistisch-konstruktivistischen Pädagogik* (6. Auflage). Weinheim und Basel: Beltz Verlag.

Simon, Fritz B. & Rech-Simon, C. (2012). *Zirkuläres Fragen: systemische Therapie in Fallbeispielen: ein Lernbuch* (9. Auflage). Heidelberg: Carl-Auer-Verlag.

von Schlippe, A. & Schweitzer, J. (2012). *Lehrbuch der systemischen Therapie und Beratung I. Das Grundlagenwissen*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Optimierung des paralympischen Sportgeräts Monoski durch kombinierten Einsatz von Inertialsensorik und Dämpfermessetchnik

(AZ 072021/16-17 und AZ 071613/17-18)

Maren Goll[1], Patrick Vogl[2], Felix Fechner[2], Kilian Rauner[2], Laura Trautner[3], Emil Wörgötter[3], Volker Junior[3], Veit Senner[2] & Peter Spitzenpfeil[1] (Projektleitung)

[1]Technische Universität München, Fakultät für Sports- und Gesundheitswissenschaften, Angewandte Sportwissenschaft
[2]Technische Universität München, Fakultät für Maschinenwesen, Professur für Sportgeräte und Materialien
[3]phoenix GmbH & Co. KG, München

1 Problemstellung

„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 Ausgangspunkt der Überlegungen für das Serviceprojekt, da auch für den Monoskisport die Herausforderung bezüglich optimaler materieller Bedingungen und der Abstimmung von Material auf Mensch besteht. Es handelt sich hierbei um ein relativ junges Forschungsfeld, denn international publiziert finden sich nur zwei Arbeiten, die das Thema Monoski thematisieren (Langelier et al., 2013; Cavacece et al., 2005).

1.1 Das Sportgerät

In der Klasse der sitzenden Aktiven stellt der sog. Monoski die Verbindung zwischen Mensch und Ski dar. Er setzt sich aus Sitzschale, tragender Rahmengeometrie und Stoßdämpfer (Feder-/Dämpfersystem) zusammen. Die gesamte Konstruktion ist wiederum durch eine handelsübliche Skibindung mit dem Ski verbunden. (vgl. Abb. 1 und 2).

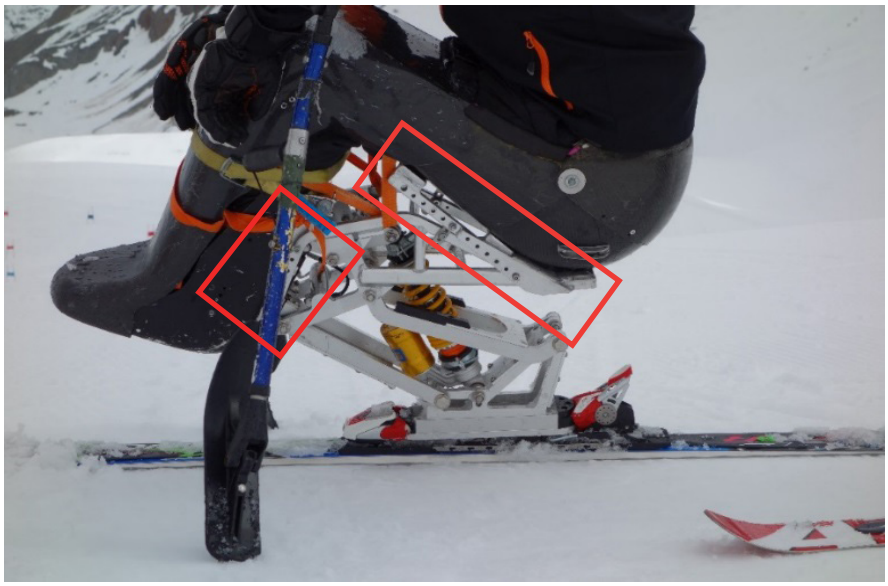


Abb. 1: Monoski mit variabler Rahmengeometrie: Neigungswinkel Fußrasten und Sitzwinkel (roter Kasten)

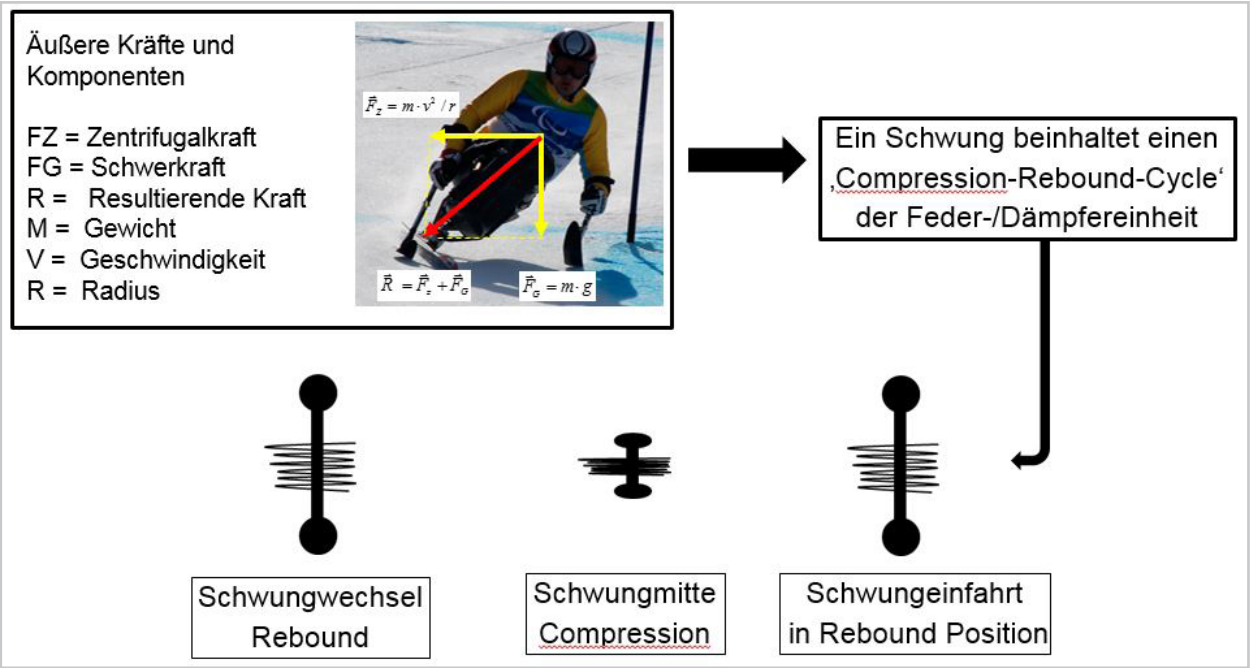


Abb. 2: Feder-/Dämpfersystem übernimmt die Arbeit der Beine und ist abhängig von äußeren Kräften

1.2 Funktionale Besonderheiten

Das Vollziehen der Druckregulation durch aktive Belastung (Hoch-Tief-Bewegung) in der Kurvenfahrt und das Ausgleichen von Unebenheiten ist für die Aktiven im Monoski aufgrund der fehlenden Kniefunktion selbst nicht möglich. Diese Funktion übernimmt der Stoßdämpfer des Monoskis. Während die Beine ein aktives System sind, arbeitet der Monoski jedoch als passives System, bzw. nur unter Einwirkung äußerer Kräfte. Die Stoßdämpfer-Einstellung in Kombination mit der Federhärte wird als Setup bezeichnet und nimmt Einfluss auf Parameter wie z. B. die Linienwahl oder Erhaltung des Bodenkontakts; ungünstige Einstellungen können hier das Sturzrisiko erhöhen oder sich in Tempoverlust ausdrücken. Insofern sind die gewählten Stoßdämpfereinstellungen ein wesentlicher Faktor für Erfolg im Wettkampf. Als zusätzliche variable Parameter kommen die unterschiedlichen Positionen der Streben des Rahmens, die Montageposition des Stoßdämpfers, die alpine Disziplin, die Strecke und die Schneebeschaffenheit hinzu.

Bisher richten sich alle Einstellungen, die am Sportgerät getätigt werden können, rein nach dem subjektiven Empfinden der Aktiven.

1.3 Funktionsweise des Dämpfers

Geschwindigkeit, Aufkantwinkel und Bauweise des Skis (Taillierung) definieren den Kurvenradius, in dessen Phasen von Kurveneinleitung und -steuerung bis Kurvenwechsel äußere Kräfte unterschiedlich stark wirken. Unter deren Einfluss wird das Feder-Dämpfersystem komprimiert (Compression) bzw. bei Abnahme der äußeren Kräfte wieder ausgefahren (Rebound), (vgl. Abb.3). Der Widerstand, bzw. die Geschwindigkeit der Ein- und Ausfederbewegung, lässt sich an den Stoßdämpfern regulieren. Abhängig von der Einstellung dieses Setups, ändert sich das Ansprechverhalten der Dämpfung und beeinflusst damit maßgeblich das Timing des Kurvenverlaufs. Damit stellt die Stoßdämpfung weniger eine Komfort-Komponente, sondern vielmehr ein leistungsbestimmendes Element im technisch-taktischen Bereich dar.

Dies wird deutlich, wenn man die Charakteristika der alpinen Disziplinen mit dem Verhalten des Stoßdämpfers (vertikale Oszillation) vergleicht. Hier sind vor allem zwei Aspekte zu nennen: zum einen die Schwingungsamplitude (Ausnutzen des Stoßdämpferwegs) und zum anderen die Schwingungsfrequenz (Zeit zwischen zwei Schwungwechseln), wie in Abb. 4 dargestellt.

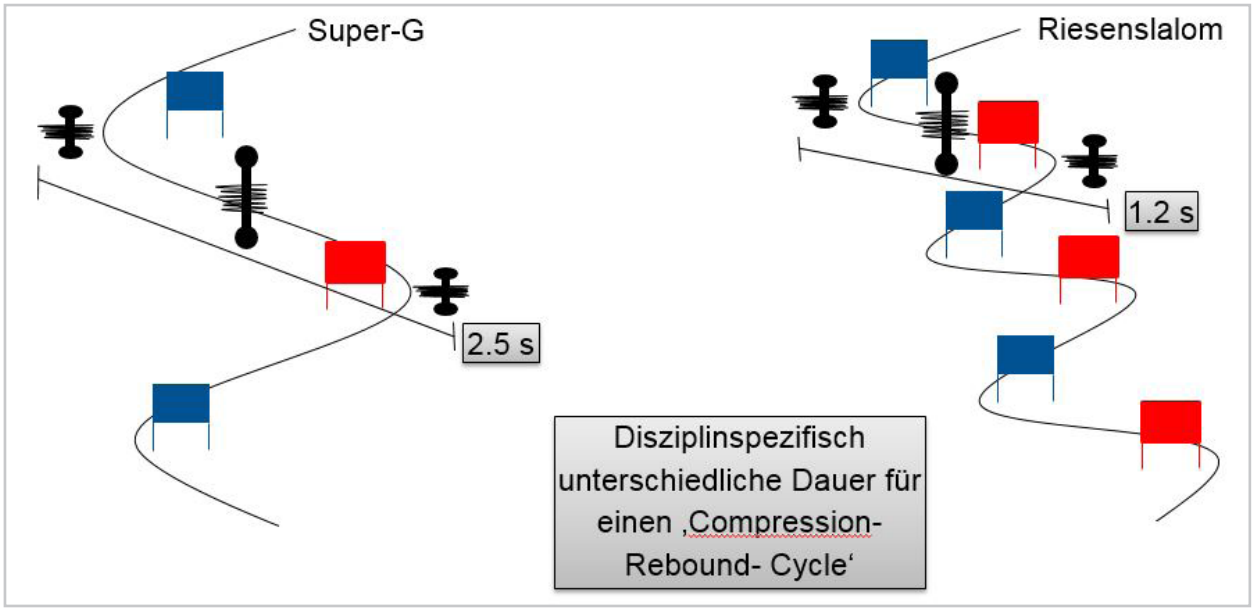


Abb. 3: Unterschiede in vertikaler Oszillation in Abhängigkeit der alpinen Wettkampfdisziplin für Super-G und Riesenslalom (konstruiertes Beispiel)



Abb. 4: Scan aller Bauteile, Erstellung der CAD Dateien und Zusammenführung der Baugruppe in das Gesamtmodell

Bei optimal gewählter Einstellung des Feder-Dämpfersystems ist die vertikale Oszillation perfekt auf die Disziplinspezifik abgestimmt, so dass von den Aktiven der kürzeste Weg gefahren werden kann.

Generell lassen sich, vereinfacht auf eine Schwingungsphase des Stoßdämpfers, folgende Unterschiede der Disziplinen festhalten: Die langsameren, technischen Disziplinen (SL, GS) weisen schnellere Kantenwechsel mit niedrigeren Maximalkräften auf. Dies führt zu einer kürzeren Schwingungsperiode bei ähnlichen Amplituden des Stoßdämpfers, verglichen mit den Speed-Disziplinen (SG, DH). Als logische Schlussfolgerung erscheinen somit unterschiedliche Stoßdämpfereinstellungen in den verschiedenen alpinen Disziplinen sinnvoll.

Der Ansatz für Optimierungsprozesse lag deshalb zunächst auf einer Modellbildung, die Fragen aus folgenden Bereichen adressierte:

- Stoßdämpfer (Feder-/Dämpferfunktion), bzw. Interaktion zwischen den Komponenten (Ausnutzen des Stoßdämpfer-Spektrums, Anteile High- and Lowspeed Dämpfung)
- Rahmengeometrie und Auswirkungen von Veränderungen der selbigen
- Optimierung der Einstellungen für die Disziplinen Slalom, Riesenslalom, Super-G und Abfahrt und Ausrichtung an der disziplinspezifischen vertikalen Schwingungsdauer.
- Optimierung der Stoßdämpfereinstellung für unterschiedliche Schneebeschaffenheiten (weich, eisig, hart, griffig).

2 Methodik

Die Grundlage der Optimierung bildete die Verwendung der Methode der Mehrkörpersysteme. Diese ermöglicht die Abbildung eines technischen Systems in einem mathematisch beschreibbaren Modell, wodurch das dynamische Verhalten des Monoskis untersucht werden kann. Bei der Modellbildung wird so die Realität in ein vereinfachtes Modell überführt. Ein gutes Modell ist dabei ein Kompromiss zwischen Vereinfachung und Komplexität. Eine höhere Komplexität führt hier nicht zwangsweise zu besseren Ergebnissen, sondern eventuell nur zu einer Erhöhung der Parameteranzahl und Vorhersagegenauigkeit. Eine zu starke Vereinfachung führt wiederum zur Vernachlässigung wesentlicher Eigenschaften, was die Aussagekraft des Modells schwächt. Deshalb ist es nötig, die Modellbildung nicht als vorgeordneten Prozess zu betrachten, sondern Modellbildung, Simulation und Validierung als iterativen Prozess zu verstehen (Rill und Schaeffer, 2014).

Vor diesem Hintergrund wurden für die systematische Optimierung vier Arbeitsschritte definiert:

- **Schritt 1**
  - Erstellung eines Monoski-CAD-Modells durch den Kooperationspartner Phoenix GmbH & Co. KG
    - Scan der Monoski-Komponenten
    - Zusammenführung zu einer Baugruppe
- **Schritt 2**
  - Überführung in Simulationsprogramm (Simpack, FRA)
    - Simulation des Schwingungsverhalten durch Krafteinleitung
    - Analyse der Skispezifik bzw. Disziplinspezifik (Amplitude der Schwingung entsprechend der jeweiligen Charakteristik der alpinen Disziplin)
- **Schritt 3**
  - Anfertigung aller potentiellen Kennlinien des verwendeten Stoßdämpfers
    - Implementierung in Modell
    - Optimierung des Setups durch systematische Variation
- **Schritt 4**
  - Feldtests und Validierung des Modells
  - Evaluation des Simulations-Optimums auf Basis real gemessener Situationen.

3 Ergebnisse

In den Arbeitsschritten 1 und 2 erfolgte die Modellbildung mit der Software Simpack (Dassault Systèmes, Paris, FRA), einer Mehrkörpersimulationssoftware für die dynamische Analyse von mechanischen oder mechatronischen Systemen. In diese Software wurden Bauteile des Monoskis, gewonnen aus der Überführung des physischen Modells, in CAD Dateien (Abb.5) eingespeist, wodurch ein Modell entstand, das in seinem dynamischen Schwingungsverhalten durch äußere Kräfte angeregt werden kann (Abb.6).



Abb. 5: Simpack-Darstellung nach Überführung der CAD Dateien. Krafteinleitung über gelbes Stoßdämpfermodell

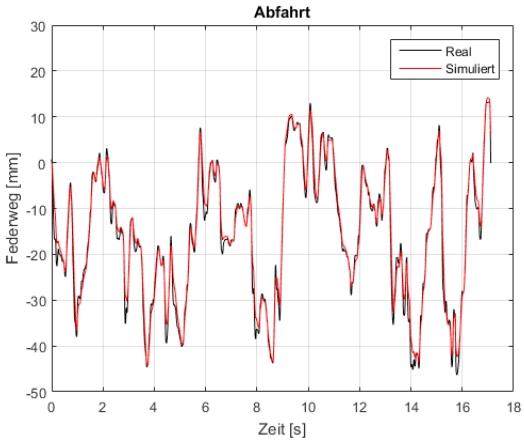


Abb. 6: Vergleich von realer Fahrt und Simulation am Beispiel der Disziplin Abfahrt

Für die Einbindung des Stoßdämpfers wurde dieser in Arbeitsschritt 3 vermessen (Audi AG, Ingolstadt, Deutschland), wodurch die realen Feder- und Dämpfungskonstanten in das Modell integriert werden konnten.

In Arbeitsschritt 4 erfolgte schließlich die Modellvalidierung anhand des Vergleichs real gemessener Daten mit dem konstruierten Modell.

3.1 Modellvalidierung

Für die realen Messungen wurde als Datenlogger die Bodymotion Unit von 2D verwendet (2D Datarecording, Karlsruhe, Deutschland). Der Datenlogger wurde dabei in der Sitzschale der Athleten positioniert. Er speicherte einerseits interne GPS-Daten, wie zum Beispiel die Geschwindigkeit und Höhe, und andererseits auch Daten aus externen Eingängen ab. Über den externen Eingang wurde ein Schiebepotentiometer angeschlossen, welches, parallel zur Feder angebracht, die Änderung des Federweges im Datenlogger abspeicherte.

Die erhobenen realen Daten wurden in das Model überführt und auf Übereinstimmung mit der Simulation überprüft.

Die Validierung des Modells anhand real gemessener Kraftverläufe im Vergleich mit simulierten Kraftverläufen wies für alle Disziplinen eine sehr gute Übereinstimmung auf (Abb.7). Ebenso konnten unterschiedliche Federhärten, Dämpfereinstellungen, Dämpfermontagepunkte und Rahmen Geometrien dargestellt werden.

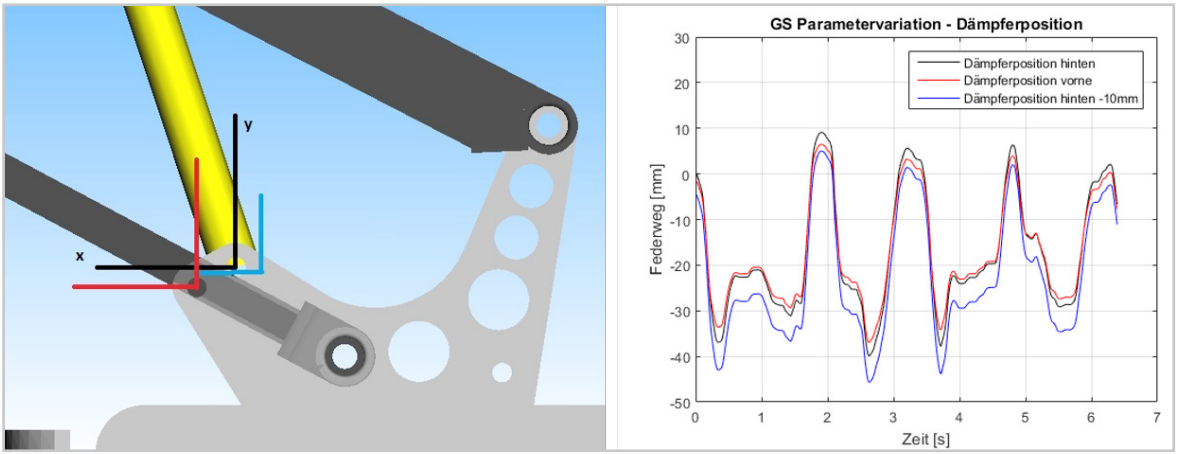


Abb. 7: Parametervariation der Montagepunkte des Dämpfers

Parametervariation Montagepunkt des Dämpfers: Das schwarze Koordinatensystem ist die hintere Montageposition, das rote die vordere und das blaue die imaginäre Montageposition.

Der geringere Winkel zur Vertikalen in der vorderen Position führt zu einer verringerten Amplitude. Ein größerer Winkel erhöht die Amplitude.

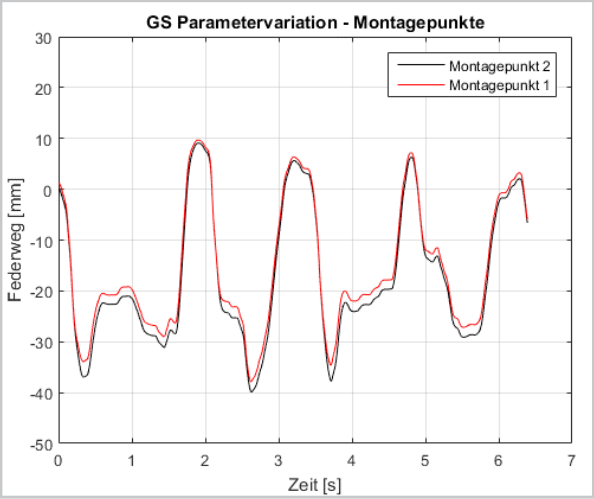


Abb. 8: Parametervariation des Montagepunkte der Rahmengeometrie

3.2 Optimierung des Schwingungsverhaltens

Die verwendeten Dämpfer verfügen über Einstellungsoptionen des Einfeder- und Ausfederwegs. Zudem besitzt der Dämpfer in Einfederrichtung zwei Verstellmechanismen seiner Arbeitsweise, die die Dämpfungsgeschwindigkeit betreffen. Zum einen ist das der High-speed Bereich, der schnell hintereinander einwirkende Schläge dämpft und zum anderen den Low-Speed Bereich, der langsamere Einwirkungen abfängt, wobei die Einstellungen sich gegenseitig beeinflussen können.

Den Anfang der Optimierung des Dämpfersettings stellte die Vermessung jeder einzelnen der drei Einstellungsoptionen in ihrer gesamten Bandbreite dar, ohne die beiden verbleibenden zu ändern. Mit dieser Methode wurde der Einfluss der jeweiligen Einstelloption auf die Optimierungskriterien aufgezeigt.

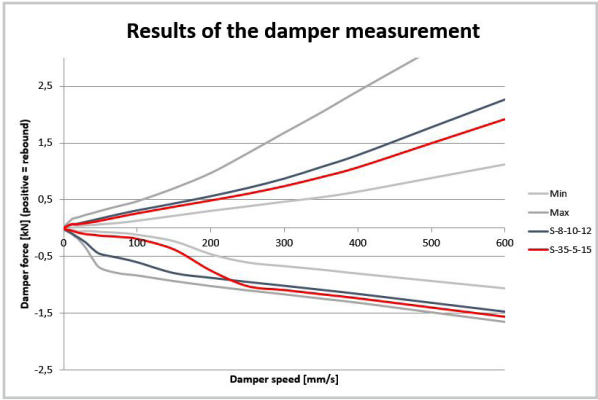


Abb. 10: Darstellung des Einflusses in den Dämpfungsgeschwindigkeitsbereichen

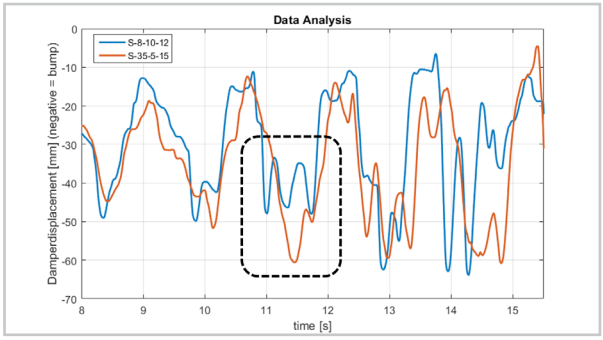


Abb. 11: Optimierung in realer Situation verdeutlicht an zwei Dämpfereinstellungen. Einstellung der Linie orange: weniger Schwingung, verbesserte Laufruhe.

Nachdem so die Variablen der Dämpfereinstellungen definiert waren, erfolgte die Simulation der kinematischen Optionen in den verschiedenen Sitzposition-Einstellungen.

Die Optimierung wurde dann für die vier alpinen Disziplinen durchgeführt, im Feld mit den Aktiven evaluiert (Protokoll: Laufzeit, subjektive

DOWNHILL best options						
SETTING	F_SCP_AVG	F_SCP_FIL_SDEV	X_CG_AVG	Z_CG_AVG	S_DAM_AVG	S_DAM_SDEV
S_10_10_8_hard_BPR_SP-1	-1217,0	167,86	-32,5	483,2	288,6	18,2
S_20_5_15_soft_BPR_SP-1.5	-1217,5	134,35	-38,0	484,6	289,7	18,8
S_25_20_15_soft_BPR_SP-1.5	-1217,7	151,49	-37,6	483,5	288,8	19,4

Abb. 9: Dämpfereinstellungsoptionen am Beispiel eines Athleten in der Disziplin Abfahrt

Tab. 1: Monoski Setup Matrix am Beispiel eines Aktiven

	Slalom	**Riesenslalom**	**Super-G**	**Downhill**
Torabstände	6-13 m	25-30 m	>40	Geländeabhängig
Charakteristik	Technisch, Agilität	Technisch Agilität, Laufruhe	Geschwindigkeit, Kontrolle	Geschwindigkeit, Kontrolle
Dämpfereinstellung	S 35-5-15	S 30-10-10	S 25-20-15	S 20-5-15
Sitzposition	SP +1/SP+1.55	SP +1	SP -1	SP -1/-1.5
Geometrie	KIN B/A	KIN B/A	KIN B	KIN B
Bedingungen weich	LS &HS -2		LS & HS -4	
Bedingungen eisig	LS & HS +2		LS & HS +4	

und objektive Einschätzung) und zum Abschluss zu einer Setup Matrix des jeweiligen Aktiven zusammengeführt.

4 Diskussion/Transfer Praxis

Nach Abschluss des Projektes bildet das bestehende Modell momentan zwei Typen an Monoskigeräten ab. Für Athletinnen bzw. Athleten, die zukünftig andere Monoski-Modelle wählen, muss wiederum eine eigenständige Modellerstellung erfolgen, was aber anhand der entwickelten Methodik grundsätzlich realisierbar ist.

Insgesamt sind alle Ergebnisse des simulierten Modells, trotz der teilweise vereinfachten Annahmen, zufriedenstellend, und das Modell bildet eine gute Basis für die vorgenommenen Optimierungen des Feder- und Dämpfersystems.

Besonders wichtig ist die enge Zusammenarbeit mit den Aktiven für die Evaluation im Schnee. Ein trainingsbegleitendes Protokoll über die gewählten Einstellungen erwies sich als sehr geeignet, das Modell und die individuelle Matrix stetig zu verfeinern. Dadurch können die Aktiven die Einstellungen den Bedingungen anpassen, die sie vorfinden. Insgesamt lieferte das Projekt im Hinblick auf die paralympischen Spiele von Pyeongchang 2018 wertvolle Hilfestellung, insbesondere, da sich die Wetter- und Schneebedingungen als sehr wechselhaft präsentierten. Für Nachwuchsathleten bzw. -athletinnen können die gewonnen Kenntnisse nun herangezogen werden, um von Beginn an unterstützend zu wirken, die individuelle optimale Einstellung für die sich präsentierende Situation zu wählen.

5 Literaturverzeichnis

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: official journal of the Canadian Academy of Sport Medicine, 22* (1), 46-50.

Cavacece, M., Smarrini, F., Valentini, P. P. & Vita, L. (2005). Kinematic and dynamic analysis of a sit-ski to improve vibrational comfort. *Sports engineering, 8*, 13-25.

Langelier, E., Martel, S., Millot, A., Lessard, J.-L., Smeesters, C. & Rancourt, D. (2013). A sit-ski design aimed at controlling centre of mass and inertia. *Journal of sports sciences, 31* (10), 1064-1073.

Rill, G. & Schaeffer, T. (2014). *Grundlagen und Methodik der Mehrkörpersimulation. Vertieft in Matlab-Beispielen, Übungen und Anwendungen*. 2., überarb. u. erw. Aufl. Wiesbaden: Springer Vieweg.

„Impftrain“ – Impfungen im leistungssportlichen Training

(AZ 072026/16-17)

Tim Meyer[1] (Projektleitung), Martina Sester[2], Barbara Gärtner[3], Tanja Stenger[1], David Schub[2], Tina Schmidt[2], Alexandra Ledo[2] & Clemens Ziller[1]

[1] Universität des Saarlandes, Sport- und Präventivmedizin
[2]Universität des Saarlandes, Abteilung für Transplantations- und Infektionsimmunologie
[3]Universität des Saarlandes, Institut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene

1 Problem

Ein rationales und wissenschaftlich begründetes Impfmanagement bei Leistungssportlerinnen und Leistungssportlern stößt neben der auch in der Allgemeinbevölkerung gelegentlich zu findenden pauschalen Impfskepsis auf drei weitere Schwierigkeiten (Gärtner & Meyer, 2014; Gärtner & Meyer, 2014a):

- Anekdotische Berichte und einzelne wissenschaftliche Befunde weisen darauf hin, dass intensive sportliche Aktivität in Training und Wettkampf die Immunreaktion einschränken könnte.
- Nicht selten wird vermutet, dass Impfnebenwirkungen bei Leistungssportlern und Leistungssportlerinnen bei zeitlicher Nähe zu Belastungen schwerer verlaufen.
- Der enge Trainings- und Wettkampfplan erschwert das Finden eines adäquaten Impfzeitpunktes. Da das Verhältnis von positiven Effekten (Nutzen) einer Impfung zu möglichen Nachteilen (Nebenwirkungen) für Leistungssportler und Leistungssportlerinnen eher günstiger ausfällt als für die Normalbevölkerung, ist es jedoch besonders wünschenswert, dass ihnen alle indizierten Impfungen verabreicht werden (Gärtner & Meyer, 2014).

Ziel des Projektes war es daher, die humorale und zelluläre Immunantwort sowie das Nebenwirkungsprofil nach einer Grippeimpfung bei Leistungssportlern und Leistungssportlerinnen zu charakterisieren und etwaige Unterschiede zu nicht sportlichen Kontrollpersonen herauszuarbeiten. Ein besonderes Augenmerk galt einem Einfluss der zeitlichen Platzierung eines vorangehenden Trainings oder Wettkampfs, da hier potenziell die Möglichkeit zur Optimierung von Impferfolg und -verträglichkeit besteht. Die Influenzaimpfung erschien für diesen Zweck besonders geeignet, weil sie einen Prototyp für Impfungen darstellt. Im Vergleich zu anderen Impfungen muss diese einmal jährlich appliziert werden, und es besteht ein enges Zeitfenster von der Verfügbarkeit des Impfstoffs (i. d. R. September) bis zum letztmöglichen sinnvollen Impfzeitpunkt vor Beginn der Influenzawelle (i. d. R. ab November). Die Influenza-Impfung ist bei allen Leistungssportlern bzw. -sportlerinnen indiziert, da Influenza häufig ist, jeden befallen und akut zu einem relevanten Ausfall führen kann. Zudem sind langfristige Komplikationen als Folge einer Influenza (z. B. Myokarditis) möglich. Daher sollte die Influenza-Impfung zu den am häufigsten regelmäßig bei Sportlern und sportlerinnen verabreichten Impfungen zählen (Gärtner & Meyer, 2014). Aufgrund der notwendigen wiederkehrenden saisonalen Applikation ist es im Kontext des Leistungssports allerdings besonders schwer, für die Influenza-Impfung einen geeigneten Zeitpunkt (z. B. Trainingspause) zu finden.

2 Probanden und Methoden

Probanden: Geeignete Leistungssportler und Leistungssportlerinnen (u. a. mindestens fünf Stunden leistungsorientiertes Training pro Woche, Wettkämpfe auf mindestens nationaler Ebene, Mindestalter 16 Jahre, keine relevanten Vorerkrankungen) überwiegend vom Olympiastützpunkt in Saarbrücken wurden stratifiziert nach Geschlecht und randomisiert auf zwei Subgruppen verteilt.

Kontrollgruppe: Gematcht nach Alter und Geschlecht der Sportlerinnen und Sportler wurden Kontrollpersonen (N = 25) in die Studie eingeschlossen. Diese wurden vorwiegend unter Auszubildenden aus medizinischen Berufen und Medizinstudierenden ausgewählt.

Ablauf: Die erste Gruppe der Sportlerinnen und Sportler (N = 24) wurde innerhalb von zwei Stunden nach einer intensiven Trainingseinheit geimpft, die zweite Gruppe (N = 21) nach einer mindestens 26-stündigen Trainingspause. Zur Erfassung der Immunantwort erfolgten am Tag der Impfung, nach einer Woche, nach zwei Wochen und nach sechs Monaten venöse Blutentnahmen. Am Impftag wurden standardisierte Fragebögen zur Erfassung von Nebenwirkungen und Trainingszeiten verteilt.

Impfungen: Die Impfungen fanden entweder im Institut für Sportmedizin Saarbrücken, direkt am Trainingsort oder am Universitätsklinikum in Homburg statt. Der Impfvorgang wurde zuvor standardisiert. Als Impfstoff wurde der tetravalente Influenzaimpfstoff ("Influsplit Tetra 2016/2017", GlaxoSmithKline GmbH & Co. KG, Charge: AFLBA 152AB) verwendet. Alle Impfungen fanden von Ende September bis Mitte Dezember 2016 statt.

Messung der zellulären Immunantwort: Für die Stimulation spezifischer T-Zellen in vitro wurde der Standard-Vierfachimpfstoff der Saison 2016/2017 direkt im Vollblut verwendet. Basierend auf der spezifisch induzierten Aktivierung und Zytokinproduktion, wurde der prozentuale Anteil der Influenza-spezifischen T-Zellen durchflusszytometrisch quantifiziert. Zur Erfassung ihrer Aktivierung wurde CD69 analysiert, als Zytokin primär IFN-γ herangezogen. Als Positivkontrolle diente eine Stimulation mit Staphylococcus-aureus-Enterotoxin-B (SEB). Darüber hinaus wurden qualitative Änderungen in der Funktionalität und im Phänotyp spezifischer T-Zellen sowie B-Zell-Subpopulationen in Abhängigkeit vom Zeitpunkt nach der Impfung erfasst. Dies erfolgte durch Analyse des Zytokinprofils (IFN-γ, IL-2, TNF-α, IL-21), der Differenzierungsmarker CD127 und CD27 und des Anergiemarkers CD152 (CTLA-4).

Messung der Antikörpertiter: Die humorale Immunantwort wurde durch die Analyse neutralisierender Antikörper mittels eines Neutralisationstests spezifisch für die im Impfstoff enthaltenen Stämme bestimmt. IgG-, IgM- und IgA-Antikörpertiter gegen die Impfantigene wurden parallel mittels Standard-ELISA gemessen.

Dokumentation von Impfnebenwirkungen: Zur Erfassung von Impfnebenwirkungen wurde ein standardisierter Fragebogen über eine Woche nach der Impfung verwendet. Es wurden an jedem Tag Lokalnebenwirkungen (z. B. Schmerzen an der Einstichstelle) und Allgemeinsymptome (z. B. Fieber: tägliche Temperaturmessung) erfasst. Darüber hinaus wurden alle weiteren Symptome, die in dem Zeitraum bis zu 6 Wochen nach Impfung auftraten, durch gezieltes Nachfragen bei den Teilnehmenden erfasst.

Tab. 1: Kollektiv der Sportlerinnen und Sportler sowie Kontollpersonen

Gruppe	N	Alter (MW ± SD	m	w	øTrainingsstunden/Woche (MW ± SD)
2 h	24	21,5 ± 4,5	19	4	14,7 h ± 4,9 h
26 h	21	25,2 ± 9,9	17	4	13,1 h ± 4,4 h
Kontrolle	25	22,8 ± 4,2	17	8	*

**Einschlusskriterium für die Kontrollpersonen war eine Anzahl an Trainingsstunden von durchschnittlich maximal 2/Woche in den letzten 12 Monaten.*

3 Ergebnisse

Insgesamt wurden 46 Leistungssportler und Leistungssportlerinnen geimpft. Ein Sportler brach die Teilnahme nach der ersten Woche aufgrund eines Wohnortwechsels ab und wurde ausgeschlossen, ein weiterer lehnte die Blutentnahme nach sechs Monaten aus persönlichen Gründen ab .

Nebenwirkungen: Insgesamt gaben 80 %. (N = 56) der Probanden irgendeine Form von unerwünschten Wirkungen oder Nebenwirkungen an. In der 2 h-Gruppe betraf dies 87 %. (N = 21), in der 26 h-Gruppe 71 %. (N = 15) und in der Kontrollgruppe 80 %. (N = 20) der Probanden. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen zeigte sich nicht (Vergleich Sportlergruppen: p =0,27; Vergleich Kontrollgruppe vs. 2 h-Gruppe: p =0,70; Vergleich Kon-trollgruppe vs. 26 h-Gruppe: p =0,73).

Die häufigste lokale Nebenwirkung war der Schmerz. Dieser wurde von 66 %. (N = 46) aller Probanden angegeben. Es gaben mehr Probanden in der 2 h-Gruppe (83 %.) als in der 26 h-Gruppe (62 %.) und in der Kontrollgruppe (52 %.) an, lokale Schmerzen an der Einstichstelle verspürt zu haben. Für diesen Aspekt zeigten sich signifikant höhere Werte in der 2 h-Gruppe als in der Kontrollgruppe (p =0,03). Ebenso zeigten sich signifikant mehr lokale Rötungen bei der 2 h-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe (p =0,02). Im Hinblick auf die 26 h-Gruppe ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. In Bezug auf die übrigen lokalen Nebenwirkungen (Schwellung, weitere Beschwerden) ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (p > 0,11).

Die häufigste allgemeine Nebenwirkung war der Muskelschmerz. Dieser wurde von 31 %. (N = 22) der Teilnehmer und Teilnehmerinnen angegeben. In der 2 h-Gruppe wurden Muskelschmerzen von neun Personen (38 %.; p =0,05 zur Kontrollgruppe mit drei Personen bzw. 12 %.), in der 26 h-Gruppe von zehn Personen (48 %.; p =0,01 zur Kontrollgruppe) angegeben. Es zeigte sich kein Unterschied zwischen den Sportlergruppen (p =0,55). Als zweithäufigste allgemeine unerwünschte Wirkung wurde von 33 %. (N = 23) der Teilnehmenden Müdigkeit angegeben. Unter diesen befanden sich acht Personen aus der 2 h-Gruppe (33 %.), zehn Personen aus der 26 h-Gruppe (43 %.) und fünf Personen (20 %.) aus der Kontrollgruppe. Beim Vergleich der Müdigkeit und den weiteren Allgemeinreaktionen (z. B. Fieber) nach der Impfung zeigten sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen (p > 0,20).

Messung der Immunantwort: Die prozentualen Anteile Influenza-reaktiver CD4+ T-Zellen aller Kontrollpersonen und Sportler sind in Abb. 1 (Seite 4) dargestellt. Es zeigte sich in allen Gruppen ein signifikanter Anstieg dieser Zellen eine und zwei Wochen nach Impfung (Abb. 1A), während der prozentuale Anteil SEB-reaktiver T-Zellen erwartungsgemäß unverändert blieb (Abb. 1B). Nach sechs Monaten ging der Anteil Influenza-reaktiver CD4+ T-Zellen wieder auf das Ausgangsniveau zurück. Interessanterweise war der prozentuale Anteil reaktiver CD4+ T-Zellen nach einer und zwei Wochen bei Sportlern und Sportlerinnen signifikant höher als bei Kontrollpersonen (Abb. 1C), während SEB-reaktive CD4+ T-Zellen keine Unterschiede zeigten (Abb. 1D).

Ähnlich wie die Influenza-reaktiven CD4+ T-Zellen zeigten auch neutralisierende Antikörper gegen die Influenza-Stämme H1N1, H3N2, Brisbane und Phuket im zeitlichen Verlauf vor und nach Impfung eine deutliche Induktion ein bis zwei Wochen nach Impfung. Sportler und Sportlerinnen wiesen dabei zwei Wochen nach Impfung signifikant höhere Titer gegen H1N1 auf als Kontrollpersonen, während sich die Antikörpertiter gegen die anderen Influenzastämme nicht unterschieden.

Einfluss einer Trainingspause vor der Impfung auf die Immunantwort: Die Untersuchungen zur zellulären und humoralen Immunität zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Sportlersubgruppen. Die phänotypischen und funktionellen Eigenschaften Erreger-spezifischer T-Zellen waren in den zwei untersuchten Sportlersubgruppen ähnlich.

Trainingseinschränkungen: Eine Einschränkung des Trainings am Tag der Impfung beschrieben zwei der geimpften Schwimmer sowie ein Ruderer (Schmerzen an der Einstichstelle am Oberarm während des Trainings). Dies entspricht 6,7 %. aller Sportler. Am Tag nach der

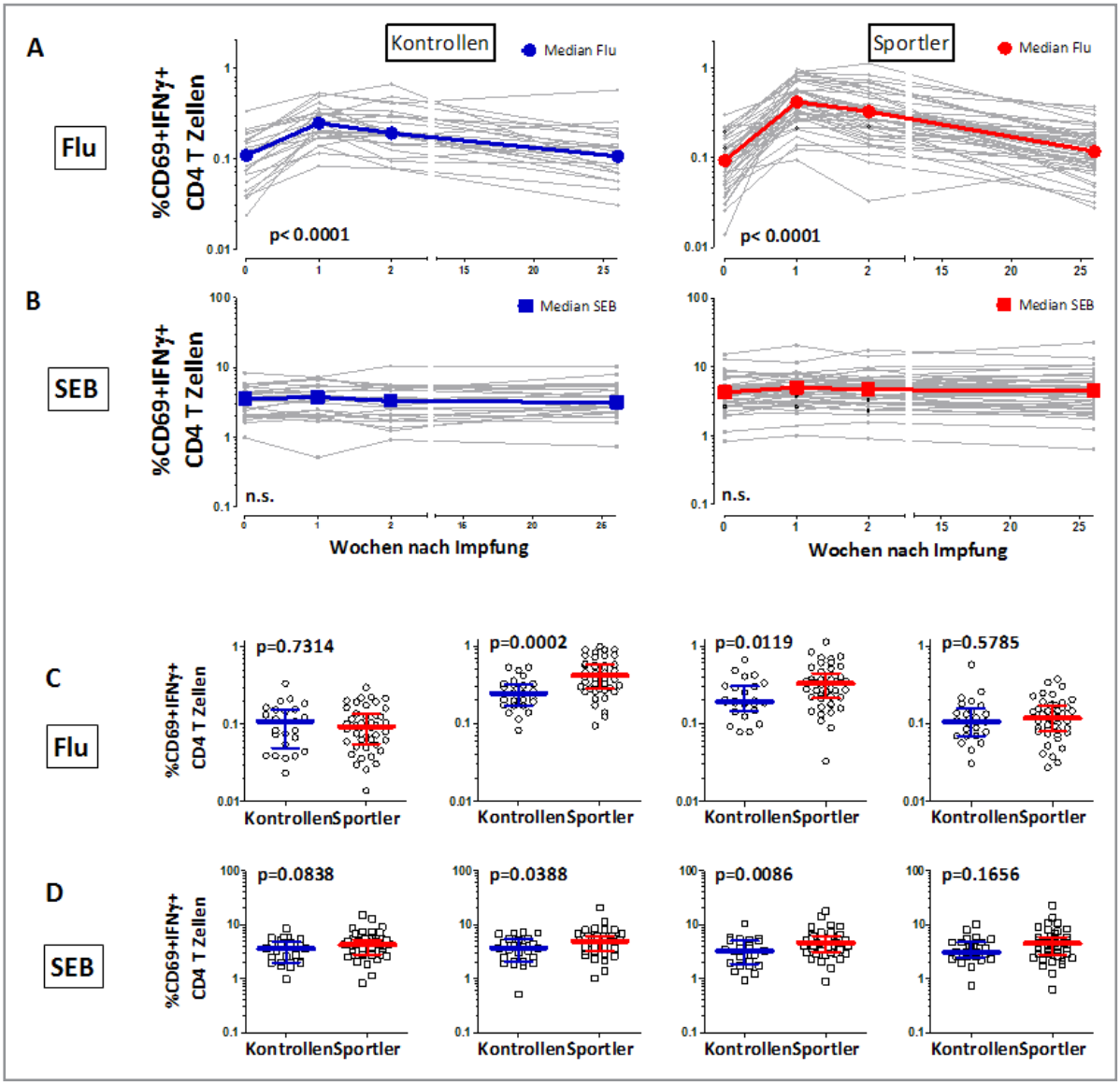


Abb. 1: Verlauf Influenza- und SEB-reaktiver CD4+ T-Zellen nach spezifischer Stimulation. Prozentualer Anteil (A) Influenza und (B) SEB-reaktiver CD4+ T-Zellen vor und im Verlauf nach Influenza-Impfung. Die Stimulation mit SEB diente als Positivkontrolle, die Stimulation mit PBS als Negativkontrolle. Spezifische T-Zellen sind über den Aktivierungsmarker CD69 und über Induktion von IFN-γ identifiziert. Die prozentualen Anteile der reaktiven T-Zellen gegen (C) Influenza-Impfstoff und (D) SEB sind für jeden Zeitpunkt vor und nach Impfung separat dargestellt.

Impfung gaben elf Sportler (24,4 %. aller Sportler) eine Einschränkung des Trainings an (überwiegend aufgrund von Schmerzen an der Einstichstelle leicht modifiziertes Training). Am zweiten Tag waren es noch fünf Sportler bzw. Sportlerinnen (11,1 %.). Länger als zwei Tage nach der Impfung wurden von vier Sportlern und Sportlerinnen Beschwerden angegeben, wovon drei Symptome allerdings nicht eindeutig der Impfung zugeordnet werden konnten (Müdigkeit und grippaler Infekt, Lymphknotenschwellung unter dem dominanten = ungeimpften Arm), ein Sportler hatte noch Schmerzen an der Einstichstelle. Zu einem Trainingsausfall kam es in keinem Fall. Zwischen den beiden Subgruppen gab es keine statistisch zu sichernden Unterschiede.

4 Diskussion

Nebenwirkungsraten: Es konnten keine signifikanten Unterschiede für die Nebenwirkungen zwischen den beiden Sportlergruppen gefunden werden. Die Rate an Nebenwirkungen unterschied sich nicht, egal ob die Impfung zeitlich

kurz nach einer intensiven Trainingseinheit verabreicht wurde oder nach einer Trainingspause von mindestens einem Tag. Lediglich nominell traten Nebenwirkungen nach einem Tag Pause etwas seltener auf. Auch in früheren Studien zeigte sich eine geringere Nebenwirkungsrate, wie Schmerzen an der Einstichstelle, wenn erst sechs Stunden nach Belastung geimpft wurde (Campbell et al., 2010).

Hingegen verspürten die Sportler/Sportlerinnen der 2 h-Gruppe signifikant häufiger Schmerz an der Einstichstelle und bemerkten häufiger eine lokale Rötung im Vergleich zur Kontrollgruppe. Im Vergleich zur 26 h-Gruppe fand sich kein Unterschied. Für diese Sportler zeigte sich jedoch beim Vergleich der Muskelschmerzen ein signifikanter Unterschied zur Kontrollgruppe. Ein Übersichtsartikel aus dem Jahr 2015 kommt zu der Einschätzung, dass Training vor einer Influenzaimpfung vermutlich keine höheren Komplikationsraten liefert (Grande et al., 2015) Es ist denkbar, dass gerade Leistungssportlerinnen und Leistungssportler im Vergleich zu Kontrollpersonen durch ihre vermehrte körperliche Tätigkeit Schmerzen in der Muskulatur generell eher wahrnehmen. Insbesondere in Sportarten, in denen der Musculus deltoideus stark beansprucht wird (z. B. Schwimmen) könnte sich die minimale Verletzung durch den Einstich stärker bemerkbar machen. Erschwert wurde die Auswertung der Nebenwirkungsrate sicherlich dadurch, dass die Probanden und Probandinnen ihre Beschwerden selbst dokumentierten. Dies führte vermutlich zu einigen Fehlinterpretationen von Symptomen. So dokumentierten beispielsweise zwei Athleten Schüttelfrost ohne die Angabe von Fieber. Eine engere Überwachung erschien jedoch aus Gründen der notwendigen Compliance nicht opportun.

Immunantwort: Erste beobachtende Impfstudien deuteten bereits an, dass die Titer nach Influenza-Impfung unabhängig davon waren, ob direkt nach körperlicher Belastung geimpft wurde oder später. In zwei Studien waren die Impftiter nach Belastung sogar tendenziell höher als nach einer Impfung in der Ruhephase (Edwards et al., 2012; Edwards et al., 2007; Long et al., 2012; Ewards et al., 2010). In einer weiteren Studie an Leistungssportlern unterschieden sich die Titer nach Hepatitis B-Impfung nicht von denen der Normalbevölkerung (Rosic et al., 2008). Dies deckt sich weitestgehend mit unseren Resultaten. Unsere Daten geben keine Hinweise auf eine eingeschränkte zelluläre oder humorale Immunität bei Leistungssportlern und Leistungssportlerinnen. Stattdessen zeigen sich eher Hinweise auf eine überdurchschnittliche Immunantwort. Zudem unterscheiden sich Sportler, die vor der Impfung eine Trainingskarenz von einem Tag eingehalten hatten, nicht signifikant von Sportlern, die bis kurz vor der Impfung trainiert hatten, so dass sich im Hinblick auf die Effektivität der Immuninduktion für den Zeitpunkt der Impfung in Relation zum Training keine Einschränkung ableiten lässt.

Beeinflussung des Trainings: Insgesamt gab es keine signifikanten Unterschiede für Einschränkungen im Trainingsverlauf nach der Impfung, wenn man die unterschiedlichen Impfzeitpunkte berücksichtigt. Aus pragmatischen Erwägungen spricht das nominell günstigere Nebenwirkungsprofil zwischen den Sportlergruppen für eine Impfung nach einem Tag Trainingspause. Wichtige Trainingseinheiten oder Wettkämpfe sollten möglichst nicht innerhalb von zwei Tagen nach einer Impfung stattfinden.

Sechs Sportler und ihr Trainer baten unmittelbar um eine erneute Influenzaimpfung im Folgejahr. Der Trainer war davon überzeugt, dass deutlich weniger krankheitsbedingte Trainingsausfälle durch die Impfung zu verzeichnen waren. Insbesondere für Kontaktsportarten ist die Influenzaimpfung als effektive und sichere Methode zur Infektprophylaxe geeignet und empfehlenswert.

5 Literatur

Campbell, J. P., Edwards, K. M., Ring, C., Drayson, M. T., Bosch, J. A., Inskip, A. et al. (2010). The effects of vaccine timing on the efficacy of an acute eccentric exercise intervention on the immune response to an influenza vaccine in young adults. *Brain, behavior and immunity, 24* (2), 236-342.

Edwards, K. M., Pung, M. A., Tomfohr, L. M., Ziegler, M. G., Campbell, J. P., Drayson, M. T. et al. (2012). Acute exercise enhancement of pneumococcal vaccination response: A randomised controlled trial of weaker and stronger immune response. *Vaccine 30* (45), 6389-6395.

Edwards, K. M., Campbell, J. P., Ring, C., Drayson, M. T., Bosch, J. A., Downes, C. et al. (2010). Exercise intensity does not influence the efficacy of eccentric exercise as a behavioural adjuvant to vaccination. *Brain, behavior and immunity, 24* (4), 623-630.

Edwards, K. M., Burns, V. E., Allen, L. M., McPhee, J. S., Bosch, J. A., Carroll, D. et al. (2007). Eccentric exercise as an adjuvant to influenza vaccination in humans. *Brain, behavior and immunity, 21* (2), 209-217.

Gärtner, B. C. & Meyer, T. (2014). Vaccination in Elite Athletes. *Sports medicine, 44*, 1361-1376.

Gärtner, B.C. & Meyer, T. (2014a). Infektionskrankheiten im Leistungssport: Präventionsmöglichkeiten durch Impfung. *Sport - Sport, 30* (4), 312-319.

Grande, A. J., Nunan, D., Reid, H., Thomas, E. E. & Foster, C. (2016). Exercise prior to influenza vaccination for limiting influenza incidence and its related complications in adults. *The Cochrane database of systematic reviews,* (8).

Long, J. E., Ring, C., Drayson, M., Bosch, J., Campbell, J. P., Bhabra, J. et al. (2012). Vaccination response following aerobic exercise: Can a brisk walk enhance antibody response to pneumococcal and influenza vaccinations? *Brain, behavior and immunity, 26* (4), 680-687.

Rosic, I., Malicevic, S., Medic, S. & Vlasich, C. (2008). Immune response by athletes to hepatitis B vaccination. *Vaccine, 26*, 3190-3191.

Kongresspräsentationen:

Ledo, A., Schub, D., Schmidt, T., Ziller, C., Stenger, T., Gärtner,B. C., Meyer, T. & Sester, M. *Elite athletes show more pronounced induction of influenza-specific T-cells after tetravalent influenza vaccination than controls*. 47th Annual Meeting German Society of Immunology, DGfI, Erlangen, 13.-16.9.2017

Schub, D., Ledo, A., Schmidt, T., Ziller, C., Stenger, T., Gärtner, B. C., Meyer, T. & Sester, M. *Elite athletes show more pronounced induction of influenza-specific T cells and antibodies after tetravalent influenza vaccination than controls*. 28th ECCMID conference, Madrid, 21.-24.4.2018.

Ziller, C., Stenger, T., Ledo, A., Schub, D., Schmidt, T., Gärtner, B. C., Sester, M. & Meyer, T. *Immunantwort und Nebenwirkungen nach Influenzaimpfung bei Leistungssportlern („Impftrain")*. Deutscher Olympischer Sportärztekongress 24.-26.5.2018.

Entwicklung eines Instruments zur retrospektiven Analyse biopsychosozialer Gesundheitsverläufe jugendlicher Leistungssportler (bioMAP)

(AZ 072037/16-17)

Ansgar Thiel[1](Projektleitung), Jochen Mayer[2], Hannes Gropper[1] & Valentin Keppler[1]

[1]Eberhard Karls Universität Tübingen, Institut für Sportwissenschaft
[2]Georg-August-Universität Göttingen, Institut für Sportwissenschaften

1 Problemstellung

Jugendliche Leistungssportler bzw. -sportlerinnen bewegen sich in einem Sozialbereich, in dem „der leistungsfähige Körper" (Bette & Schimank, 1995, S. 44) die zentrale Voraussetzung für Erfolg darstellt. Körperliche Leistungsfähigkeit ist wiederum eng mit Gesundheit assoziiert. Leistungsfähigkeit und Gesundheit der jungen Athletinnen und Athleten zu sichern, ist im Nachwuchsleistungssport mehr als nur altersangemessenes, individualisiertes Training und medizinische Betreuung. So befinden sich adoleszente Athletinnen und Athleten in einer „besonders intensive[n]" (Hurrelmann & Quenzel, 2012, S. 91) und vulnerablen Phase ihrer Entwicklung. Sie müssen nicht nur die spitzensportlichen Anforderungen, sondern auch alterstypische körperliche, psychische und soziale *Entwicklungsaufgaben* (Havighurst, 1953) bewältigen.

Individualität und Komplexität von Entwicklungsverläufen machen eine hochindividualisierte Trainingssteuerung notwendig. Für Trainerinnen und Trainer stellt dies eine große Herausforderung dar, nicht zuletzt, weil für die Steuerung der nicht-direkt sportbezogenen Aspekte der individuellen Entwicklung angemessene Steuerungsinstrumente fehlen. So basieren vorhandene Instrumente zur individualisierten Steuerung der Leistungsentwicklung bislang primär auf naturwissenschaftlich-medizinischen und technologischen Erkenntnissen und Algorithmen.

In Mannschaftssportarten ist die individualisierte Trainingssteuerung eine besondere Herausforderung. Trainerteams erleben ihre Athletinnen und Athleten nur temporär und haben aufgrund vielfältiger Aufgaben im Tagesgeschäft und zeitlicher Restriktionen kaum die Möglichkeit, über rein leistungsbezogene Aspekte hinaus auch deren umfeld-, gesundheits- und persönlichkeitsbezogene Entwicklung ausreichend im Blick zu haben. Wie die Ergebnisse des WVL-Projekts *Individuelles Gesundheitsmanagement im Nachwuchsleistungssport (GOAL)* (Thiel et al., 2011) zeigen, haben diese Faktoren (angefangen von der psychosozialen Stabilität bis hin zur Passung von individueller Lebenswelt zum Trainingsalltag) aber einen nicht unerheblichen Einfluss auf die sportliche Leistungsentwicklung der einzelnen Athletinnen und Athleten (Thiel et al., 2015).

Um die *technologische Leerstelle* der individualisierten Trainingssteuerung im psychosozialen Bereich zu füllen, bieten sich biografische Analysen an, da sie Aufschluss über die entwicklungsbezogenen Erfahrungen von Athletinnen und Athleten geben. Sie können erklären, wie karriere- und entwicklungsrelevante Lebensereignisse individuell wahrgenommen und verarbeitet werden und bieten Sportlerinnen und Sportlern die Möglichkeit, ihre subjektiven Empfindungen zum Ausdruck zu bringen.

Methodisch bedienen sich biografische Analysen, welche versuchen den Einfluss kritischer Lebensereignisse auf die individuelle Entwicklung zu erfassen, in der Regel der Technik des narrativen Interviews. Trotz der unbestreitbaren Vorteile des narrativen Interviews ist diese Analysetechnik für die spitzensportliche All-

tagspraxis allerdings nur beschränkt geeignet. Dies liegt zum einen daran, dass diese Datenerhebungsmethode sehr zeitintensiv ist (sowohl im Hinblick auf die Erhebung selbst als auch die Auswertung des Gesagten), zum anderen hängt ihr Erfolg wesentlich von den Kompetenzen der Interviewten ab, ihre eigenen Erfahrungen abzurufen, zu reflektieren und v. a. zu verbalisieren.

Angesichts der Nachteile narrativer Interviews haben wir eine neue Analysetechnik, das „biografische Mapping", entwickelt. Diese Methode ermöglicht die Rekonstruktion von Biografien und macht diese zugleich grafisch und mathematisch fassbar. Eine erste Vorläuferversion dieses Instruments, die sich noch auf eine einzelne Kurvendimension beschränkte, wurde im BISp-geförderten Projekt *Gesundheit im Spitzensport* (Mayer, 2010; Thiel, Mayer & Digel, 2010) entwickelt. Diese Vorläuferversion wurde im *GOAL*-Projekt (Schubring & Thiel, 2014a, 2014b; Thiel et al., 2011) zum mehrdimensionalen biografischen Mapping-Instrument ausgebaut. Die mehrdimensionale biografische Mapping-Technik wurde im *GOAL*-Projekt bereits erfolgreich zur prozessualen Rekonstruktion der Entwicklung von Wachstums- und Überlastungsstörungen bei jugendlichen Athletinnen und Athleten eingesetzt. Für das Monitoring der Gesundheit ist die Mapping-Methode deshalb so hilfreich, weil sie es den Athletinnen und Athleten aufgrund der grafischen Darstellungsform erleichtert, sensible Themen wie schmerzhafte Erfahrungen und stigmatisierende Bedingungen, die normalerweise in der spitzensporttypischen *Kultur des Risikos* (Nixon, 1992) eher verheimlicht oder bagatellisiert werden (Schubring & Thiel, 2014a), zu kommunizieren Die gleichzeitige Erfassung von kritischen Lebensereignissen und Entwicklungsverläufen ermöglicht es weiterhin, die zumeist *chaotischen Strukturen* individueller Entwicklung differenziert abzubilden. Zudem erlaubt das Mapping den systematischen Vergleich von Selbsteinschätzungen zur eigenen Entwicklung in einzelnen Entwicklungsbereichen (Sport, Gesundheit, Schule, Freunde etc.) mit den Fremdeinschätzungen der Trainerinnen und Trainer. Mit den Daten aus den Mappings sind damit sowohl intra- als auch interindividuelle Vergleiche von Entwicklungsverläufen möglich.

Die Zielsetzung des vorliegenden Service-Forschungsprojekts bestand in der Entwicklung eines Softwareprogramms für einen Tablet-Computer, das eine einfache Anwendung des biografischen Mappings in der Spitzensportpraxis sowie eine Digitalisierung der Daten ermöglicht. Trainerinnen und Trainer sollen ein Instrument erhalten, das ihnen die Rekonstruktion von leistungsrelevanten Entwicklungsprozessen erleichtert. Das Softwareprogramm sollte es ermöglichen, zum einen die von den Athletinnen und Athleten subjektiv als entwicklungsrelevant erachteten Lebensereignisse zeitlich präzise zu benennen, zum anderen Entwicklungsindikatoren anhand von Verlaufskurven in einem Koordinatensystem grafisch sichtbar zu machen.

Wir haben uns bei der Entwicklung der Software – in Orientierung am Forschungsgegenstand der GOAL-Studie – insbesondere auf gesundheitsbezogene Aspekte der individuellen Entwicklung der Athletinnen und Athleten fokussiert. Für Trainerinnen und Trainer bietet die im Folgenden vorgestellte Version der biografischen Mapping-Software insbesondere den Mehrwert, dass sie sich schnell und doch detailliert mit biografisch bedeutsamen Gesundheitsentwicklungen ihrer Athleten vertraut machen können, um so frühzeitig Interventionen in die Wege zu leiten (z. B. Trainingsanpassungen, Hinzuziehen von Gesundheitsexperten etc.). So können:

- systematische Über- und Fehlbelastungen frühzeitig erfasst,
- kritische Momente in Athletenbiografien identifiziert und
- Zusammenhänge zwischen sportlichen Leistungs- und biopsychosozialen Gesundheitsindikatoren ermittelt werden.

2 Methode

2.1 Ausgangspunkt

Bei der Entwicklung der Software zur Analyse biografischer Entwicklungsverläufe galt es, die folgenden, bislang händisch vollzogenen, Basisfunktionen zu realisieren:

1. Die offene Erfassung subjektiv als bedeutsam erachteter Ereignisse und Lebensphasen der Athletenbiografie (z. B. sportliche Erfolge, Verletzungsphasen, Kadernominierung, Vereinswechsel, Schulwechsel etc.) und deren Verortung auf einer individualisierten Zeitachse (x-Achse). Die auf der x-Achse eingetragenen Lebensereignisse und -phasen sollen während der gesamten Analyse sichtbar bleiben, um den Probanden für das spätere Kurvenzeichnen über die Zeitachse hinaus weitere Orientierungspunkte zu geben. Die Software muss es außerdem ermöglichen, dass im Verlauf der nachfolgenden Kurvenzeichnungen weitere subjektiv relevante Ereignisse und Phasen auf der x-Achse ergänzt werden können.
2. Die Rekonstruktion individueller Entwicklungsverläufe in Bezug auf unterschiedliche Dimensionen, wie z. B.:
   - des subjektiv erlebten Gesundheitszustands,
   - der sportlichen Leistungsfähigkeit,
   - der psychischen Beanspruchung durch Wettkämpfe,
   - der körperlichen Beanspruchung durch das Training etc.
3. Die Bewertung des Verlaufs dieser Entwicklungen auf der y-Achse, die den Ausprägungsgrad der jeweiligen Zielgröße erfassen soll. Auf einer Skala von 0-10 repräsentiert dabei ein größerer Wert z. B. einen sehr guten subjektiven Gesundheitszustand, ein niedriger Wert einen schlechten subjektiven Gesundheitszustand.
4. Das unabhängige Zeichnen der einzelnen Kurven und die Vermeidung einer Beeinflussung durch bereits gezeichnete Kurven. Das heißt, dass jede Kurve einzeln gezeichnet wird, ohne dass vorherige Kurven sichtbar sind.

Die aufwändig digitalisierte Grafik (Abb. 1) aus einem händisch durchgeführten biografischen Mapping des *GOAL*-Projekts verdeutlicht exemplarisch die Eintragung von relevanten Lebensereignissen und -phasen sowie die Visualisierung und Verfügbarmachung biografischer Entwicklungsverläufe in Bezug auf unterschiedliche Dimensionen.

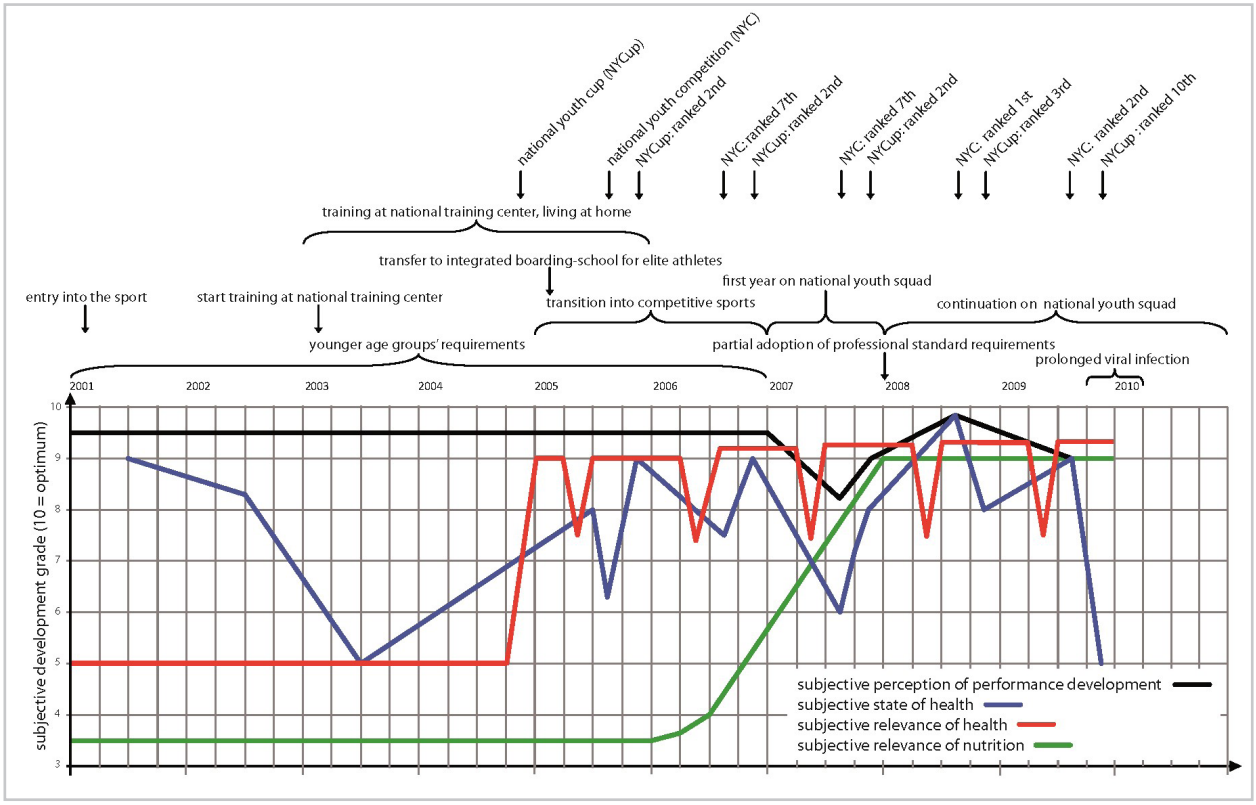


Abb. 1: Beispielgrafik zur Methode des biografischen Mapping (Thiel et al., 2015)

2.2 Kooperationspartner

Als übergeordneter Kooperationspartner für das Projekt fungierte der Deutsche Volleyballverband. Konkret wurde die Softwareentwicklung in enger Zusammenarbeit mit dem Bundesstützpunkt Nachwuchs Volleyball des VC Olympia Berlin durchgeführt. Als Volleyballverein mit angegliedertem Internat, dessen Ziel es ist, die besten Volleyball- und Beachvolleyballtalente Deutschlands in Berlin zu konzentrieren, konnte ein Partner aus dem Spitzensport gewonnen werden, der uns Expertinnen und Experten zur Entwicklung der Software bereitstellte. Diese Zusammenarbeit erlaubte es zudem, einen ausführlichen Feldtest der Betaversion der entwickelten Software mit Nachwuchstalenten durchzuführen und so deren Anwendbarkeit und Nutzen in der Praxis zu erproben.

2.3 Projektdurchführung

Die methodische Vorgehensweise des Service-Projekts lehnte sich an die zentralen Phasen und Meilensteine der Softwareentwicklung an (vgl. Grechening, Bernhart, Breiteneder & Kappel, 2010). Neben Entwicklungsworkshops, welche auf Gruppendiskussionen mit ausgewählten Experten und Expertinnen aus der spitzensportlichen Praxis basierten, wurden umfangreiche Alpha- und Betatests mit Trainern und Athletinnen und Athleten durchgeführt. Hierdurch konnte gewährleistet werden, dass nicht nur die inhaltlichen Anforderungen der spitzensportlichen Praxis an die Software, sondern auch Gesichtspunkte der Bedienerfreundlichkeit von Beginn an mit in die Entwicklung einflossen. Die Umsetzung des Projektvorhabens erfolgte vor diesem Hintergrund in drei Phasen (Abb. 2):

1. Analyse und Anforderungsdefinition
2. Konzeption und Entwicklung der Alpha- und Betaversion
3. Test, Dokumentation und Entwicklung des Release Candidate

3 Prozedur der Datenerhebung mit der bioMAP-Software

Die entwickelte *bioMAP*-Software ist für das Betriebssystem Windows konzipiert und lässt sich auf Tablet-Computern, Laptops und Desktop-PCs betreiben.

Im Vorfeld der Datenerfassung sind zunächst zentrale Studienparameter über eine der Software zugrundeliegende XML-Datei zu definieren. In Abhängigkeit der Problemstellung gilt es, den zu untersuchenden Zeitraum auf die gewünschte Länge zu skalieren (Woche, Monat, Jahr, mehrere Jahre). Ebenso ist vor der Erhebung festzulegen, welche Verlaufskurven gezeichnet werden sollen. Optional können bereits a priori Kategorien zur ad-hoc-Klassifizierung subjektiv

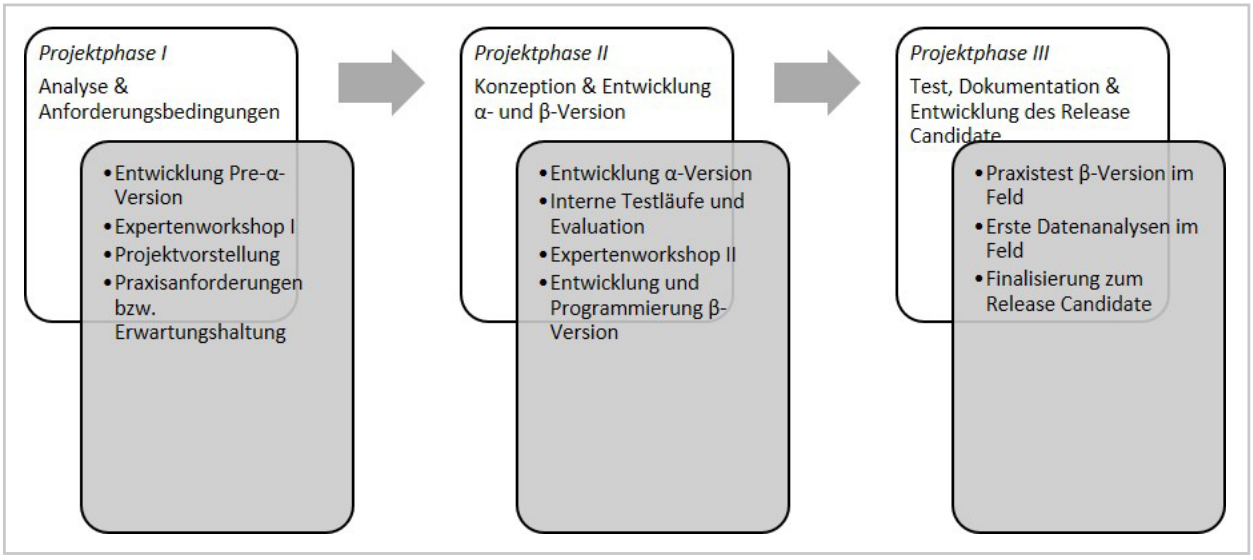


Abb. 2: Projektphasen der Softwareentwicklung

relevanter Lebensereignisse und -phasen festgelegt werden (z. B. sportliche, gesundheitliche, schulische/berufliche oder private Ereignisse/Phasen) (vgl. Abb. 3).

Die Vorgehensweise bei der Erhebung verläuft äquivalent zum bereits beschriebenen manuellen Vorgehen. Zunächst werden subjektiv relevante Lebensereignisse und -phasen des Interviewten auf der Zeitachse eingetragen. Anschließend werden die vordefinierten Kurven für jede Dimension gezeichnet, ohne dass die vorherigen Kurven sichtbar sind. Die dimensionalen Kurvenverläufe lassen sich entweder über einen Multi-Touchscreen mit einfachen Fingerbewegungen, Gesten oder dem Stylus eingegeben oder alternativ ohne Touchscreen mittels Tastatur, Maus und/oder Trackpad steuern.

Für den Anwendungstest der entwickelten Software in der spitzensportlichen Praxis haben wir uns nach Entwicklungsgesprächen und Expertenratings dafür entschieden, die folgenden (gesundheitsbezogenen) Kurvendimensionen zu erfassen:

- Subjektive Gesundheit
- Körperliche Beschwerden
- Sportliche Leistungsfähigkeit
- Wohlbefinden in der Mannschaft
- Motivation zum sportlichen Training
- Motivation zum schulischen Lernen

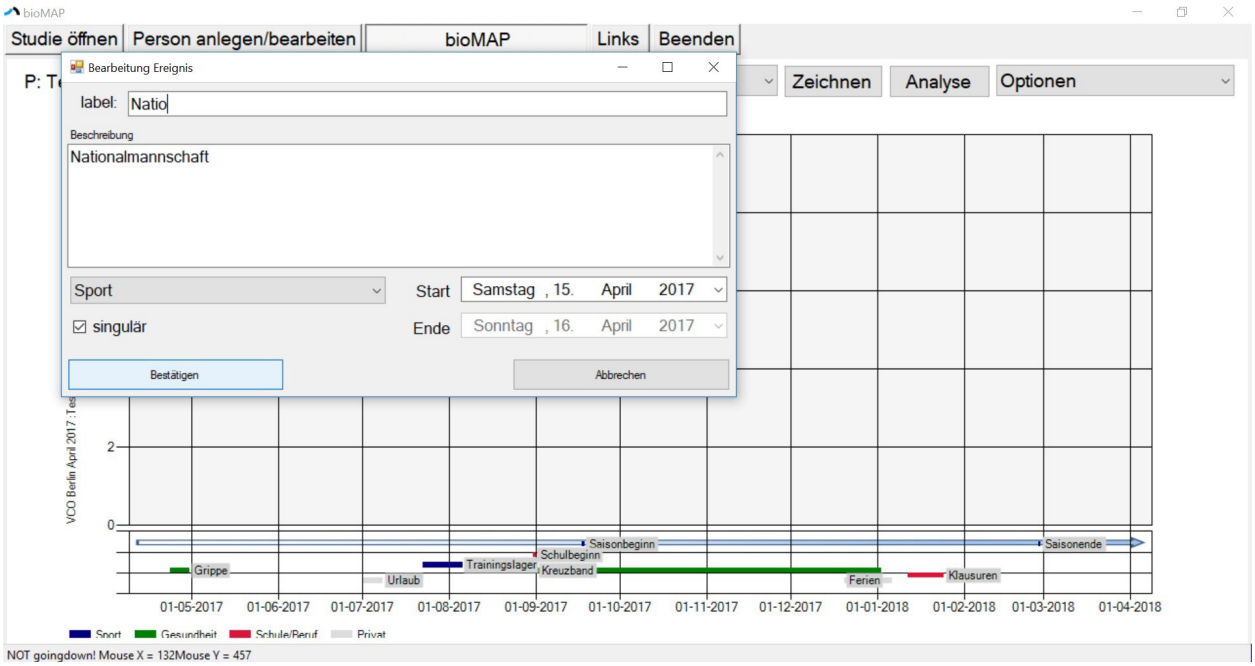


Abb. 3: Eingabemaske zur Erfassung und Beschreibung biografisch relevanter Ereignisse

Die individualisierte x-Achse dient dazu, dem Probanden eine Orientierung bei der Zeichnung der Kurvenverläufe zu geben. Der Befragte kann sich bei der Einnahme der biografische Perspektive somit sowohl an der Zeitskala als auch an den genannten signifikanten Lebensereignissen und -phasen orientieren. Um die Intensität der jeweiligen Erfahrungen beim Zeichnen der Kurvenverläufe widergeben zu können, orientieren sich die Probanden an der y-Achse, welche eine Intensitätsskala darstellt (vgl. Abb. 4, Seite 6).

- Sportliche Belastung
- Schulische Belastung
- Schwierigkeitsgrad der Alltagsorganisation
- Qualität sportgerechter Ernährung
- Wahrgenommener Rückhalt durch Familie
- Wahrgenommener Rückhalt durch Trainer.

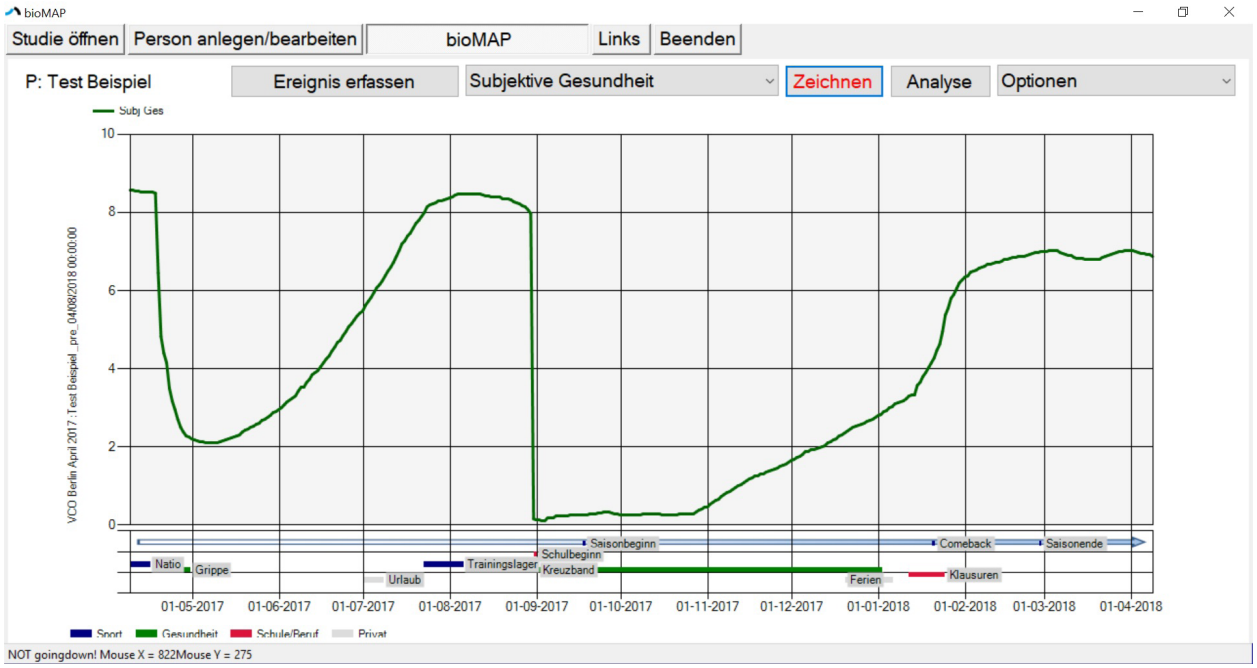


Abb. 4: Beispielhafter Kurvenverlauf für die Dimension „Subjektive Gesundheit“

In dem umfangreichen Feldtest der finalen *bioMap*-Software wurde eine Erhebung mit 24 Nachwuchsathletinnen und Athleten (12 weiblich, 12 männlich) im Alter von 16 bis 20 Jahren durchgeführt. Alle Athletinnen und Athleten trainierten zum Erhebungszeitpunkt am Bundesstützpunkt Volleyball in Berlin (C-, D- und C/D-Kader). Dieser Feldtest verlief problemlos und bestätigte die Praxistauglichkeit der Anwendung. Die Athletinnen und Athleten wiesen insbesondere auf die Benutzerfreundlichkeit der *bioMAP*-Software hin und bestätigten den hohen Aufforderungscharakter der grafisch-digitalen Rekonstruktion individueller biografischer Verläufe. So teilten fast alle Athletinnen und Athleten von sich aus mit, dass die Erhebung mittels der *bioMap*-Software großen Spaß gemacht habe. Die *bioMAP*-Software ist somit ein einfach zu handhabendes Instrument, das gleichsam großen Anklang bei den Athletinnen und Athleten findet.

Die Datenerfassung zeigte zudem, dass das Zeichnen der Kurven von den Probanden nahezu intuitiv erfolgt und als kognitiv anregende Tätigkeit erlebt wird. Das Zeichnen der Kurven und das Nachdenken über besonders relevante Ereignisse regen in hohem Maße (Selbst-)Reflexionsprozesse an und fördern eine aktive Auseinandersetzung mit dem eigenen Karriereverlauf. Die Erhebung verdeutlichte weiterhin, dass es den Probanden gerade bei sensiblen Themen viel leichter fällt, einen Kurvenverlauf zu zeichnen, als diese Prozesse ausführlich verbal zu beschreiben. Darüber hinaus eignen sich die Kurvenverläufe hervorragend als Ausgangspunkt für weiterführende narrative Interviews oder ausführliche Einzelgespräche zwischen Trainer und Athlet. Abb. 5 zeigt exemplarisch das Ergebnis einer *bioMAP*-Erhebung.

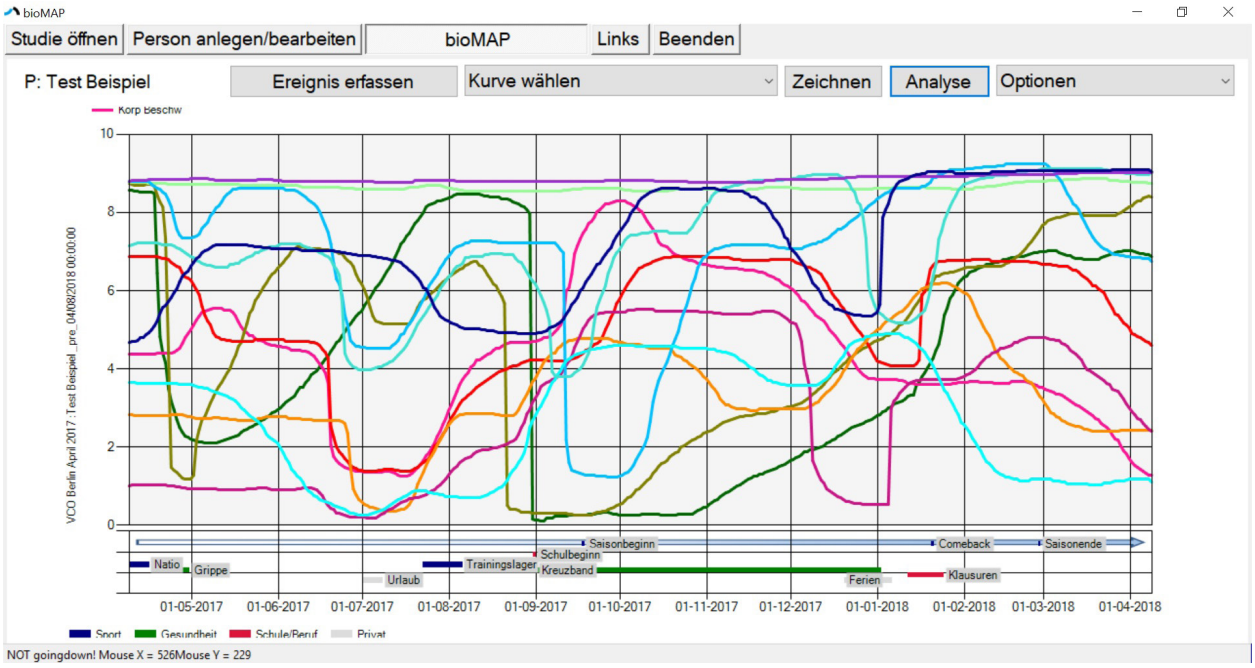


Abb. 5: Exemplarisches Ergebnis einer bioMAP-Erhebung

4 Fazit und Ausblick

Die *bioMAP*-Methode ist ein innovativer, softwareunterstützter Ansatz zur biografischen Rekonstruktion von Entwicklungsverläufen, der sich aufgrund seiner leichten Handhabbarkeit und der Möglichkeiten der Quantifizierung geradezu ideal für den Spitzensport eignet. Dies gilt nicht nur im Hinblick auf das Monitoring von Gesundheit, sondern auch für die Rekonstruktion von Trainingsverläufen, der Leistungsentwicklung oder der Einbindung ins Team etc.

Den Erfahrungen in unserem Serviceprojekt zufolge lassen sich für den Spitzensport u. a. die folgenden Anwendungsbereiche konkretisieren:

- Einsatz als Praxistool für Trainer und Trainerinnen zur Eingangsdiagnostik bei neuen Mitgliedern im Team, um über die Identifikation individueller Entwicklungsmöglichkeiten und bereits bestehender gesundheitlicher Probleme eine Informationsbasis für eine individualisierte Trainingssteuerung zu schaffen.
- Einsatz als Praxistool für Trainer und Trainerinnen zur systematischen Evaluation einer Saison, bspw. zum Saisonabschluss.
- Einsatz als Praxistool für Trainer und Trainerinnen zur akuten Problemanalyse, das jederzeit bei Bedarf genutzt werden kann.
- Einsatz als wissenschaftliches Erhebungstool für Studien zur Identifikation typischer Hochbelastungsphasen und gesundheitlich sensibler Phasen in Athletenbiografien (z. B. als wissenschaftliche Begleituntersuchung).

Als anamnestisches Tool, welches durch die Quantifizierung von Daten intra- und interindividuelle Vergleiche ermöglicht, kann die *bioMAP*-Software einen wesentlichen Beitrag zur Optimierung von Gesundheitsmanagement und Trainingssteuerung im Spitzensport leisten. Die grafisch gestützte Reflexion über einen je nach Fragestellung festgelegten Zeitraum (Karriere, Saison, Trainingslager) ermöglicht die Identifikation von komplexen Gesundheitsproblemen, Barrieren der Leistungsentwicklung oder systematischen Fehlbelastungen. Damit bietet die Software einen Mehrwert sowohl für Trainerinnen und Trainer (Erkenntnisgewinn) als auch für die befragten Athletinnen und Athleten (kritische Selbstreflexion).

Unsere Erfahrungen zeigen, dass die Anwendung der Software weniger Zeit benötigt als ein differenziertes anamnestisches Gespräch. In Abhängigkeit von der Anzahl der zu erfassenden Kurvendimensionen ist dennoch mit einem Zeitaufwand zwischen 20 und 60 Minuten zu rechnen. Bei der Anwendung ist daher genügend Zeit außerhalb des regulären Trainings einzuplanen. Dies wurde in den Expertengesprächen auch als eine mögliche Einsatzbarriere bezeichnet.

Im Projektverlauf hat sich herauskristallisiert, dass die *bioMAP* ein sehr großes Potential für die effektive Durchführung von Trainer-Athleten-Gesprächen birgt. Dies liegt zum einen am reflexionsanregenden Charakter des Vorgehens, das auch *tief liegende* und wenig bewusste Aspekte ans Tageslicht bringt. So lassen sich beispielsweise im Eingangsgespräch mit neuen Athletinnen und Athleten viele Informationen in kondensierter Form gewinnen, die ohne diese Technik nur sukzessive im Laufe der Zeit oder evtl. gar nicht zum Vorschein kommen würden. Die mit der *bioMAP* verbundene Systematisierung erleichtert es zum anderen aber auch weniger erfahrenen Trainerinnen und Trainern, die für eine individualisierte Gestaltung des Trainings- und Gesundheitsmanagements für Nachwuchsathleten notwendigen Informationen auf einfache Weise zu generieren.

Um die *bioMAP* zu validieren, wird es in weiteren Schritten notwendig sein, das im Feldtest erhobene Datenmaterial detaillierter auszuwerten und herauszufinden, wie die einzelnen gesundheitsbezogenen Verlaufskurven miteinander interagieren. Durch die integrierte Excel-Export-Funktion und den möglichen Datentransfer in gängige Statistikprogramme ist eine statistische Auswertung der Daten möglich. Hier ist zum Beispiel an die Durchführung interindividueller Vergleiche (z. B. Berechnung von Kurvenmittelwerten bei typischen Lebensereignissen in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht, Leistungsstärke, Interkorrelationen von Kurven) sowie an eine statistische Analyse intraindividueller Entwicklungen (z. B. Time Series Analysis, Sequence Pattern Analysis oder Latent Growth Curve Modeling) zu denken.

Um eine möglichst standardisierte, reliable und effiziente Anwendung in der Praxis des Spitzensports zu gewährleisten, sind zukünftig noch konkrete Analyserichtlinien zu entwickeln, die beispielsweise Trainerinnen und Trainern für die Auswertung an die Hand gegeben werden können. Für die Entwicklung solcher Richtlinien sind allerdings noch umfangreiche repräsentative biografische Analysen notwendig. Durch weitere Studien mit der *bioMAP*-Software gilt es daher, typische Verläufe und Konstellationen von gesundheitlich riskanten Entwicklungen zu identifizieren. Auf dieser Basis ließe sich perspektivisch auch eine *Alert-Funktion* in die *bioMAP*-Software integrieren, die bei drohender psychischer, physischer oder sozialer Überlastung, aber auch bei drohender Leistungsstagnation auf die Notwendigkeit von Gegensteuerungsmaßnahmen hinweist.

5 Literatur

Bette, K.-H. & Schimank, U. (1995). *Doping im Hochleistungssport: Anpassung durch Abweichung*. Frankfurt a.M: Suhrkamp.

Grechening, T., Bernhart, M., Breiteneder, R. & Kappel, K. (2010). *Softwaretechnik*. München: Pearson Studium.

Havighurst, R. (1953). *Human Development and Education*. New York: Longmans, Green.

Hurrelmann, K. & Quenzel, G. (2012). Lebensphase Jugend: Eine Einführung in die sozialwissenschaftliche Jugendforschung (11. Aufl.). Weinheim: Juventa.

Mayer, J. (2010). *Verletzungsmanagement im Spitzensport* (Band 203). Hamburg: Feldhaus, Czwalina.

Nixon, H. L. (1992). A social network analysis of influences on athletes to play with pain and injuries. *Journal of sport and social issues, 16* (2), 127-135.

Schubring, A. & Thiel, A. (2014a). Coping with growth in adolescent elite sport. *Sociology of sport journal, 31*, 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.

Thiel, A., Diehl, K., Giel, K., Schnell, A., Schubring, A., Mayer, J., et al. (2011). The German Young Olympic Athletes' Lifestyle and Health Management Study (GOAL Study): Design of a mixed-method study. *BMC Public health, 410* (11).

Thiel, A., Mayer, J. & Digel, H. (2010). *Gesundheit im Spitzensport: Eine sozialwissenschaftliche Analyse*. Schorndorf: Hofmann.

Thiel, A., Schubring, A., Schneider, S., Zipfel, S. & Mayer, J. (2015). Health in elite sports: A "bio-psycho-social" perspective. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 66* (9), 241-247.

Koordiniertes Blickverhalten beim Beachvolleyball zur Verbesserung der Entscheidungsfindung von Spitzensportlern/Spitzensportlerinnen

(AZ 072038/16-17)

Stefanie Hüttermann (Projektleitung), Benjamin Noël, Raphael Harbecke, Juliane Veit & Daniel Memmert

Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik

1 Problem

Der Zusammenschluss von Personen im Team kann in vielen Lebensbereichen vorteilhaft sein und zu einer Steigerung der Gesamtleistung führen. Seit geraumer Zeit werden in der Forschung verschiedene Kommunikationsstrategien zur Optimierung von Teamleistungen untersucht (z. B. Araújo & Davids, 2016). Schwerpunkt ist dabei allerdings zumeist die verbale Verständigung, während die Abstimmung in Teams auf kognitiver Ebene, welche unter anderem das Blickverhalten bzw. die Aufnahme von visuellen Informationen einschließt, bislang weitestgehend außen vorgelassen wurde (vgl. Neider et al., 2010). Die Abstimmung des Blickverhaltens könnte aber z. B. gerade im Sport ein entscheidender Faktor sein, um die Leistungen von Teams zu optimieren. Im Mittelpunkt dieses Service-Forschungsprojekts standen die Analyse des Antizipations- und Blickverhaltens von Beachvolleyballspielern und -spielerinnen aus dem obersten Leistungsbereich. In Side-Out-Situationen, das heißt während der Annahme, des Zuspiels und des Angriffs wurden die Blickbewegungen von Beachvolleyballteams mittels eines mobilen Eye-Tracking-Systems aufgezeichnet und analysiert.

Um im Beachvolleyball rechtzeitig auf Bewegungen und Aktionen des gegnerischen Teams reagieren zu können, ist es notwendig, durch die Antizipation von Handlungsabsichten und -abläufen anderer Spieler bzw. Spielerinnen einen Zeitvorsprung zu erlangen (Neumaier, 1983). In Vorstudien unberücksichtigt blieb bislang, dass die Informationen über die Bewegungen, Positionierungen und weitere Abläufe der gegnerischen Spielern auch zwischen den beiden Mitspielern kommuniziert werden können, d. h., nicht beide Spieler bzw. Spielerinnen müssen alle Informationen direkt und unbedingt gleichzeitig wahrnehmen. Gerade bei hohen Geschwindigkeiten des Balles ist es häufig nicht möglich, mit den Augen die Ballflugkurve permanent zu verfolgen und gleichzeitig noch entsprechend motorisch zu reagieren, so dass es notwendig ist, dass ein Spieler den Endpunkt des Ballfluges zum Beispiel antizipiert, während der Mitspieler Informationen hinsichtlich des Verhaltens der gegnerischen Mitspieler kommuniziert. Verschiedene Aufgabenstellungen bewirken unterschiedliche Anforderungen an das Blickverhalten (Informationen, um die eigene Handlung effektiv auszuführen), lassen aber auch Raum, um antizipatorische Informationen zu gewinnen (insbesondere, wenn der Mitspieler bzw. die Mitspielerin eine Ballaktion ausführen muss). Da innerhalb einer Annahmesituation im Beachvolleyball zuvor noch keine Augenbewegungen analysiert wurden, wurde im Rahmen des Service-Forschungsprojektes hier der Schwerpunkt gesetzt. Es wurde untersucht, welche koordinierten Blickstrategien von Spielern und Spielerinnen zwischen Zuspiel und Angriff mit erfolgreicherem Verhalten assoziiert werden. Dabei sollte ausfindig gemacht werden, welche Information welcher Spieler zu welchem gegeben Zeitpunkt direkt visuell wahrnehmen sollte, um möglichst optimal zu agieren/entscheiden. Im Gegensatz zu vorherigen Forschungsansätzen ging es nicht um die Analyse des individuellen Blickverhaltens, sondern explizit um koordiniertes Blickverhalten, d. h., welcher Spieler bzw. welche Spielerin sollte

sich zu welchem Zeitpunkt auf welche Informationsquellen konzentrieren, und in welchen Bereichen ist es erfolgsversprechender, wenn sich nur einer den Aktionen des gegnerischen Teams widmet, um dann diese zu kommunizieren bzw. Anweisungen zu geben. Dieses Untersuchungsdesign setzte den gleichzeitigen Einsatz von zwei mobilen Eye-Tracking-Systemen voraus.

2 Methodik

Insgesamt wurde das Blickverhalten von 18 Beachvolleyballspielerinnen und 20 Beachvolleyballspielern analysiert. Die Altersspanne lag zwischen 16 und 34 Jahren. Alle Athleten und Athletinnen trainierten zum Zeitpunkt der Datenerhebung im Landes- oder Bundeskader des Deutschen Volleyball-Verbands an den Beachvolleyball-Stützpunkten in Stuttgart, Berlin oder Hamburg. Aufgabe der teilnehmenden Personen war es, in einer Spielsituation eine bestimmte Aufgabe und Position einzunehmen, während ihr Blickverhalten mit einem mobilen Eye-Tracking-System aufgezeichnet wurde. Jeder Spieler nahm einmal die Position des Annahmespielers (gleichzeitig auch Angreifer) und einmal die des Zuspielers ein. Das Blickverhalten von beiden wurde jeweils zeitgleich gemessen, um ihr koordiniertes Blickverhalten zu analysieren. Hierbei sollte geklärt werden, ob bessere Teams/Aktionen mit einer effizienteren Arbeitsteilung beider Mitspieler bzw. Mitspielerinnen verbunden sind.

Die Bewegungen der Spielerinnen und Spieler wurden mit zwei Videokameras aufgenommen, wobei eine hinter dem Feld positioniert wurde und eine seitlich neben dem Spielfeld, um alle Bewegungen aus zwei verschiedenen Blickpositionen betrachten bzw. bewerten zu können (diese Untersuchungsmethodik wurde in Vorstudien validiert). Die gesamte Side-Out-Situation wurde hinsichtlich der Annahme, des Zuspiels und der Angriffsaktion standardisiert: Bei der Annahme wurde zwischen seitlichem und frontalem Baggern, beim Zuspiel zwischen unterem und oberem Zuspiel gewechselt. Der Angriffsschlag sollte jeweils in den freien Raum der gegnerischen Seite gespielt werden. Alle Aktionen wurden von zwei unabhängigen Gutachtern (Experten aus dem Beachvolleyball) begutachtet, um eine genauere Abstufung hinsichtlich der Qualität der Aktionen Annahme, Zuspiel und Angriff für die Datenauswertung zu gewährleisten.

Die Aufnahmen der beiden Videokameras und beider eingesetzter Eye-Tracking-Systeme wurden synchronisiert und zusammen pro Spielzug ausgewertet. Hierbei wurde erfasst, welcher Spieler in der Zeitspanne zwischen dem Zuspiel und dem darauf folgenden Angriffsschlag auf bestimmte äußere Stimuli achtete (Gegenspieler bzw. freier Raum, Mitspieler). Es konnte so auch identifiziert werden, inwieweit Spitzenteams „miteinander wahrnehmen“, um sich bei entscheidenden Ballaktionen vollumfänglich auf die bestmögliche Ausführung der Aktion zu konzentrieren.

3 Ergebnisse

Insgesamt wurden 1232 Side-Out-Situationen nach dem vorgegebenen Protokoll gespielt (wie oben beschrieben sollten die Angreifenden den Ball in der hinteren freien Ecke des gegnerischen Feldes platzieren). Davon mussten 3,2 %. der Situationen aufgrund von technischen Problemen mit den Eye-Tracking-Systemen für die Auswertung ausgeschlossen werden. Von allen für die Auswertung berücksichtigten Side-Outs wurden 74 %. erfolgreich gespielt. Nach unserer Definition war ein Spielzug erfolgreich, wenn der Ball vom Angreifenden in Richtung des freien Raums des gegnerischen Feldes geschlagen wurde. Insgesamt wurde – bedingt durch die gewählte Positionierung des gegnerischen Teams – der Ball in 57 %. der Situationen vom Angriffsspieler bzw. von der Angriffsspielerin „Linie“ geschlagen und in 43 %. diagonal. Unterstützt wurde die Angriffssituation durch den Zuspieler in 76 %. durch einen Call. Wenn ein Call durch den Zuspieler an den Angriffsspieler gegeben wurde, war dieser zu 78 %. korrekt. Mit der Unterstützung des Zuspielers durch einen korrekten Call wurde der Angriffsschlag zu 78 %. auch tatsächlich in den freien Raum gespielt. Die Analyse der Blickaktionen von Zuspieler und Angreifer ergab, dass in 15 %. aller Angriffssituationen keiner der beiden Spieler auf die gegnerische Feldseite geschaut hat, in 49 %. der Angrei-

fende seinen Blick vor seinem Angriffsschlag auf die gegnerische Spielfeldseite gerichtet hat, in 76 %. der Zuspieler auf die andere Feldseite geschaut hat und in 49 %. sowohl Angreifer als auch Zuspieler. Ein Angriffsschlag war in 74 %. der Side-Outs erfolgreich, wenn der Angreifende (unabhängig von einem Call) selbst auf die gegnerische Seite geschaut hat. Wird der zeitliche Verlauf der Blickaktionen betrachtet, lassen sich drei vorrangig (95 %.) aufgetretene Varianten darstellen, die unterschiedlich häufig aufgetreten sind (die anderen Varianten sind aufgrund der geringen Fälle zu vernachlässigen):

1) In 41 %. der Spielsituationen schauten Angreifer und Zuspieler zeitversetzt auf die gegnerische Spielfeldseite (zuerst derAngreifer, dann der Zuspieler).

2) In 32 %. der Spielsituationen erfolgte das Blickverhalten von Angreifer und Zuspieler auf die generische Spielfeldseite überlappend (zuerst der Angreifer, dann der Zuspieler).

3) In 22 %. der Spielsituationen schauten Zuspieler und Angreifer fast gleichzeitig auf die gegnerische Spielfeldseite (wobei der Zuspieler insgesamt länger rüber schaute).

Anzumerken ist, dass ausschließlich der Zeitraum ab dem Zuspiel bis zum Angriff betrachtet wurde. In allen beschriebenen Varianten schaut immer der Zuspieler als letztes auf die gegnerische Seite, so dass er dann noch durch einen entsprechenden Call bzgl. die Positionierung der gegnerischen Spieler bzw. Spielerinnen seinen Mitspieler bei der Wahl der Schlagrichtung (Linie vs. Diagonale) unterstützen konnte.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage musste zunächst definiert werden, was unter koordinierten Blickbewegungen verstanden wird. Es wurden zwei Ausprägungsstufen unterschieden (siehe Tab. 1):

- Koordination_top bedeutet, dass sowohl Zuspieler und Angreifer nach dem Zuspiel zum gegnerischen Feld geschaut haben als auch von dem Zuspieler gecallt wurde.
- Bei nicht-Koordination_top ist mindestens eine der drei Bedingungen (Zuspieler schaut, Angreifer schaut oder Call) nicht erfüllt.
- Unter Koordination_mid verstehen wir, dass der Zuspieler sowohl auf die andere Feldseite geschaut als auch dass er seinem Angreifer einen Call gegeben hat. Der Blick des Angreifenden wurde dabei nicht beachtet.
- Nicht_Koordination_mid bedeutet analog, dass der Zuspieler entweder nicht geschaut oder nicht gecallt (oder beides) hat.

Alle vier Gruppen wurden hinsichtlich der Erfolgsquote analysiert. Zusätzlich wurden beide Gruppen hinsichtlich der Qualität des Calls (korrekt oder inkorrekt) differenziert betrachtet:

Die Grundgesamtheit der Erfolgsquote in jeder Ausprägungsstufe umfasst jeweils erfolgreich und nicht erfolgreich gespielte Side-Out-Situationen. (Anmerkung: Da nach unseren Definitionen Koordination_top ein Spezialfall von Koordination_mid sowie nicht_Koordination_mid ein Spezialfall von nicht_Koordination_top ist, enthält Koordination_mid ebenfalls alle Koordination_top Situationen und nicht_Koordination_top alle nicht_Koordination_mid Situationen.)

Tab. 1: Erfolgreich gespielte Side-Out-Situationen als prozentualer Anteil sowie als absolute Anzahl jeweils pro Ausprägungsstufe und deren Verneinungen (Koordination_top, Koordination_mid, nicht_Koordination_top und nicht_Koordination_mid.)

	Erfolgsquote Gesamt (n)	Erfolgsquote Call korrekt (n)	Erfolgsquote Call inkorrekt (n)	Erfolgsquote kein Call (n)
Koordination_top	71,51 %. (320)	84,15 %. (258)	57,07 %. (62)	
Koordination_mid	70,91 %. (620)	84,34 %. (521)	55,98 %. (99)	
nicht_Koordination_top	72,62 %. (565)	77,33 %. (292)	55,77 %. (46)	78,37 %. (227)
nicht_Koordination_mid	73,72 %. (265)	71,10 %. (29)	58,67 %. (9)	78,37 %. (227)

Die absolute Anzahl an erfolgreich gespielten Situationen wird mit n und die Erfolgsquote in %. angegeben. (Zu Gunsten der Übersichtlichkeit werden in dieser Tabelle nur die erfolgreichen Spielsituationen aufgeführt. Der Anteil der nicht-erfolgreichen Spielsituationen ergibt sich durch die Differenz zu 100 %. der jeweiligen Angaben.)

In den Spalten 3, 4 und 5 wird die Erfolgsquote weiterführend nach korrektem, inkorrektem und keinem Call differenziert aufgeführt.

4 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass in circa Dreiviertel aller Spielsituationen (74 %.) der Ball von dem Angriffsspieler bzw. der -spielerin in die freie hintere Ecke des gegnerischen Spielfeldes geschlagen wurde. Da die Wahrscheinlichkeit, einer der beiden hinteren freien Ecken des gegnerischen Spielfeldes zu treffen, bei 50 %. lag, ist die Erfolgsquote in Anbetracht dessen, dass die Positionierung des gegnerischen Teams weitestgehend festgelegt war (zumindest, dass der Blockspieler immer vorne am Netz zum Blocken geblieben ist), als nicht allzu hoch zu bewerten. Wenn der Zuspieler dem Angriffsspieler einen Call über die freie Ecke im gegnerischen Feld gab, war dieser zu 78 %. richtig. Dass allerdings fast ¼ (22 %.) aller Calls trotz der durch den gegnerischen Blockspieler zum Teil festgelegten gegnerischen Positionierung falsch waren, verdeutlicht, dass es dennoch sinnvoll ist, dass auch der Angriffsspieler, wenn zeitlich und spielerisch umsetzbar, auf die andere Seite schaut. Insgesamt zeigen die Ergebnisse, dass die höchste Erfolgsquote der Teams erzielt wurde, wenn sich Angreifer und Zuspieler in ihrem Blickverhalten koordiniert haben, das heißt, wenn der Angreifer selbst auf die andere Seite geschaut hat, aber gleichzeitig auch einen Call von seinem Mitspieler bekam. In aufbauenden Studien sollte genau analysiert werden, zu welchem spezifischen Zeitpunkt die Blickausrichtung von Zuspieler und Angriffsspieler auf die andere Seite am sinnvollsten bzw. erfolgversprechendsten ist und wann der Angreifende den Call von seinem Zuspieler benötigt, um die Handlungsanweisung überhaupt noch umsetzen zu können. Aus den bisherigen Ergebnissen lässt sich aber bislang auf jeden Fall schon schließen, dass es wichtig ist, das Blickverhalten von Spielern und Spielerinnen gezielt zu trainieren und abzustimmen, um als Team die bestmögliche Leistung erbringen zu können. Es gibt jedoch Studien, die zeigen, dass das Blickverhalten und darauf aufbauende Entscheidungsfindungen von Beachvolleyballern verbessert bzw. trainiert werden können. So zeigten Klostermann, Vater, Kredel und Hossner (2015), dass Entscheidungs- und Blickbewegungsverhalten durch Interventionen optimiert werden können, sodass Beachvolleyballer mehr Informationen aus dem gegnerischen Angriff entnehmen können. Dadurch sollte sich langfristig die Erfolgsquote bei Angriffssituationen von Beachvolleyballspielern und –spielerinnen im Spitzensport verbessern.

Die Erkenntnisse des Service-Forschungsprojekts sind insbesondere für die Praxis von hoher Relevanz und zeigen, dass Übungen zum Blickverhalten von Beachvolleyballteams in deren Training integriert werden sollten. In Millisekunden werden von Spielern und Spielerinnen eine kognitive Verarbeitung und die Einschätzung von Spielsituationen gefordert. Verschiedene Studien der letzten Jahre haben sich zwar mit dem Blickverhalten von Sportlern und Sportlerinnen beschäftigt, bislang wurde aber noch nicht untersucht, ob das Blickverhalten und damit zusammenhängend die motorische Bewegung in verschiedenen Sportsituationen möglicherweise mit der Kommunikation und dem Blickverhalten des Teampartners bzw. der Teampartnerin interagieren. Das durchgeführte Projekt zeigt hier sehr spannende und anwendungsnahe Erkenntnisse für das Training im Hochleistungssport zur Optimierung des menschlichen, visuellen Systems in spezifischen Belastungssituationen. Sowohl für den Leistungssport als auch für die Wissenschaft sind der theoretische, methodische und praktische Nutzen der Erkenntnisse sehr hoch. Anhand der Ergebnisse lassen sich Trainingsprogramme entwickeln und Verhaltensempfehlungen für Spielerinnen und Spieler ableiten, um Spielsituationen zukünftig besser analysieren und optimal agieren zu können. Da es bisher keine Arbeiten gibt, die innerhalb eines Teams koordinierte Blickbewegungen beschreiben, kann dieses Wissen zu einem wichtigen Wettbewerbsvorteil im Spiel, aber auch in der Trainingsvorbereitung genutzt werden.

5 Literatur

Araújo, D., & Davids, K. (2016). Team synergies in sport: Theory and measures. *Frontiers in psychology, 7*, 1449.

Klostermann, A., Vater, C., Kredel, R., & Hossner, E.-J. (2015). Perceptual Training in Beach Volleyball Defence: Different Effects of Gaze-Path Cueing on Gaze and Decision-Making. *Frontiers in psychology, 6*, 1834.

Neider, M. B., Chen, X., Dickinson, A., Brennan, S. E., & Zelinsky, G. J. (2010). Coordinating spatial referencing using shared gaze. *Psychonomic bulletin & review*, 17, 718-724.

Neumaier, A. (1983). Beobachtungsstrategien und Antizipation bei der Abwehr von Volleyballangriffen. *Leistungssport, 4*, 5-10.

Effektivität einer wattgesteuerten Trainingsintervention mit polarisierten hochintensiven Belastungsintervallen auf sportartspezifische physiologische Parameter und die Wettkampfleistung bei Nachwuchsathleten in der olympischen Radsportdisziplin MTB XCO

(AZ 072041/16-17)

Patrick Schneeweiß[1], Inga Krauß[1], Bernd Ebler[2], Thomas Kaufmann[3], Ulrich Theobald[2] & Andreas Nieß (Projektleitung)[1]

[1]Universitätsklinikum Tübingen, Medizinische Klinik, Abteilung Sportmedizin
[2]ARGE Radsport Baden-Württemberg
[3]Bund Deutscher Radfahrer e. V.

1 Problemstellung

Die Mountainbike-Disziplin Cross Country Olympic (MTB XCO) ist durch ein vielseitiges physiologisches Anforderungsprofil gekennzeichnet: durch die wiederkehrenden Wechsel zwischen kurzen flachen Passagen, Anstiegen und Abfahrten im Streckenprofil ist die Belastung intervallartig. Die Wettkampfdauer wurde in den letzten Jahren reduziert, und die Profile der Kurse sind ungleichmäßiger, der technische Anspruch höher geworden (Theobald, 2015; UCI). Die intensiven intermittierenden Belastungen liegen weit oberhalb der Ausdauerleistungsgrenze und führen so zu einer schnellen Reduktion der Glykogenreserven sowie zu einem exponentiellen Anstieg der Laktatkonzentration (Stapelfeldt, 2001; Stapelfeldt et al., 2004), die den aeroben Fettstoffwechsel auch in Phasen geringer Belastung hemmt (van Loon et al., 2001), so dass die Beanspruchung im MTB XCO höher ist als bei kontinuierlicheren Belastungsformen, die beispielsweise im Straßenradsport dominieren (Stapelfeldt, 2001). Der hierfür bereits angepasste Mountainbike-Trainingsmittelkatalog des Bundes Deutscher Radfahrer (BDR) bedient sich der bereits etablierten Power-Based Training Levels (Allen & Coggan, 2010) und hat damit insbesondere bei der anaeroben Leistungsfähigkeit eine weitere Differenzierung vorgenommen, um den wettkampfrelevanten kurz- und mittelfristigen, hochintensiven Intervallen in der Trainingsgestaltung im MTB XCO Rechnung zu tragen (Ebler, Schaupp & Mountainbike-Trainerteam, 2013; Theobald, 2015). Die Leistungserfassung und Trainingssteuerung erfolgen optimaler Weise über Leistungsmesser, die inzwischen sowohl für die Laborleistungsdiagnostik als auch für die mobile Messung im Feld zur Verfügung stehen. Im Nachwuchsbereich der Disziplin MTB XCO werden Leistungsmesser jedoch bisher nicht standardmäßig eingesetzt. Sie ermöglichen eine präzise Trainingssteuerung über die direkte Messgröße der Leistung und haben deshalb gegenüber der Trainingssteuerung mittels Herzfrequenz deutliche Vorteile, da letztgenannte als indirekte Messgröße der körperlichen Beanspruchungen insbesondere bei kurzzeitigen hochintensiven Belastungen verzögert anspricht und zudem von vielen externen Faktoren beeinflusst wird. Ob ein systematisches Training in hochintensiven Belastungsbereichen der klassischen Trainingsgestaltung überlegen ist, ist bislang unzureichend geklärt. Aufgrund des momentanen Wissensstandes ist dies im Hinblick auf ein optimales Training zu kritisieren.

Mit diesem Projekt soll das leistungsgesteuerte Training im Nachwuchs- und Spitzensport vorangetrieben und dabei die Effektivität eines systematischen Trainings in hochintensiven Belastungsbereichen gegenüber der klassischen Trainingsgestaltung überprüft werden. Außerdem soll die Labordiagnostik in Hinblick auf die prognostischen Eigenschaften zur Vorhersage der Wettkampfleistung im MTB XCO überprüft werden. Der BDR hat ein großes Interesse, die Trainingsgestaltung unter Verwendung innovativer Trainingsmethoden stetig fortzuentwickeln. Die Einbindung der Landes- sowie OSP-Trainer in Baden-Württemberg – dem Bundesland mit der höchsten Athletendichte im Bereich des Spitzensports MTB XCO – ermöglicht hierbei einen direkten Wissenschaftstransfer in die Trainerpraxis. Neben der direkten Betreuung der Nachwuchsathleten bezieht sich dies auch auf die Weitergabe der Studienerkenntnisse im Rahmen der Trainerfortbildungen des BDR und seiner Landesverbände.

2 Methoden

Das Projekt wurde in enger Kooperation der Abteilung Sportmedizin der Universitätsklinik Tübingen mit dem BDR unter Einbindung der in Baden-Württemberg tätigen Landes- bzw. OSP-Trainern durchgeführt. Zur Beantwortung der Fragestellungen wurde eine randomisiert-kontrollierte Trainingsinterventionsstudie mit zwei Trainingsgruppen („HIT“ und „LIT“) im Test-Retest-Design (t0 und t1) durchgeführt. Die Studiendauer für die Probanden umfasste etwa 6 Wochen inklusive t0, einer 3-wöchigen Trainingsintervention sowie einer mehrtägigen Tapering-Phase vor t1. Als Probanden dienten 23 Athleten (6 weiblich, 17 männlich) des MTB-Landeskaders aus Baden-Württemberg in den Jahrgangsklassen U17-U23 (N = 13) sowie MTB XCO Bundeskaderathleten (U19-U23; N = 4). Als weitere Probanden wurden zusätzlich vergleichbare Athleten rekrutiert (N = 6). Damit der Testwettkampf einem realen Wettkampfes möglichst gut entspricht, wurden die Athleten in zwei Wettkampfgruppen aufgeteilt: 1) U17 männlich + alle Klassen weiblich, 2) U19, U23, Elite männlich.

Die angewandte Labordiagnostik (Abb. 1) wurde im Vorfeld validiert und trägt damit einer fundierten, sportartspezifischen Leistungsdiagnostik Rechnung (Ahrend et al, 2018; Ahrend et al. 2014; Ahrend et al., 2016). Es wurden die potentiell relevanten Messgrößen Individuelle Anaerobe Schwelle (IAS), 4 mmol Laktatschwelle (PO_4), Abbruchleistung im Stufentest (PPO_IT) und die Sprint-/Maximalbelastungen von 10 bis 300 Sekunden (CP_10 bis CP_300) ermittelt. Im Wettkampf wurde die mittlere Leistung während des Rennens (PO_race) bestimmt. Als „Goldstandard“ für die mobile Leistungsmessung im Radsport wird das SRM-System (SRM, Welldorf) betrachtet. Deshalb wurde sowohl am Cyclus2 Radergometer (C2; RBM elektronik-automation GmbH, Leipzig) als auch an den Mountainbikes der Athleten ein SRM-Trainingssystem verbaut, um eine bestmögliche Vergleichbarkeit der Leistungsmessung in Labor und Feld zu ermöglichen.

Für Athleten und Trainer wurden die individuellen Profile der Athleten in Relation zum Vergleichskollektiv (interindividuell) und im intraindividuellen Vergleich vor/nach der Intervention ausgegeben (siehe Beispiel in Abb. 2).

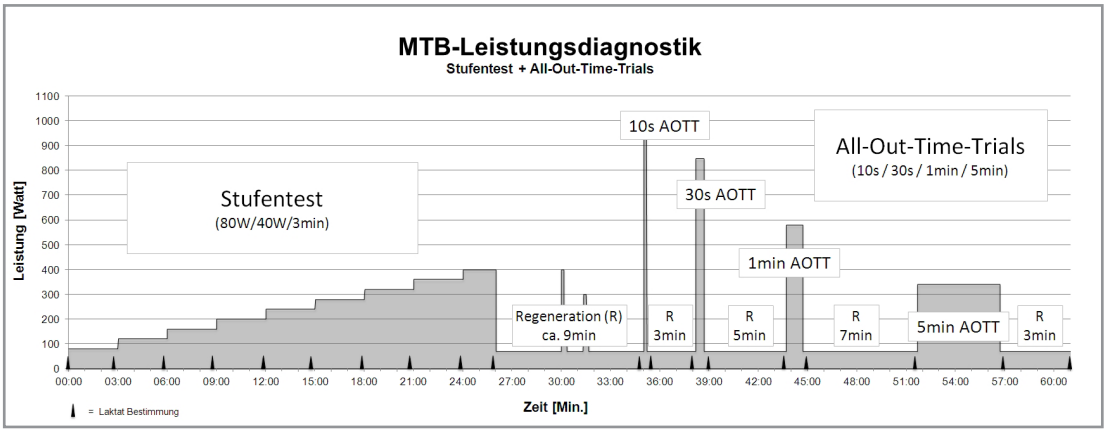
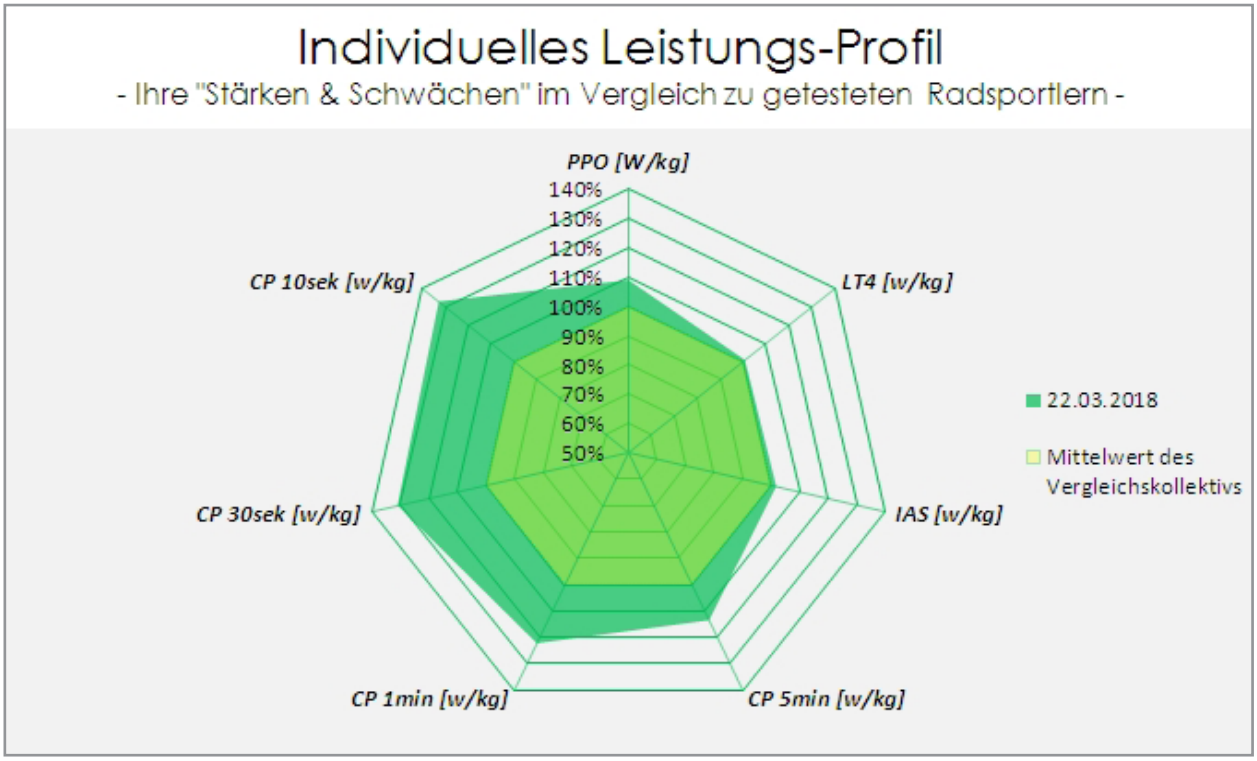


Abb. 1: Testprotokoll Leistungsdiagnostik MTB



*PO = power output; PPO = peak power output im Stufentest; LT4 = Leistung an der 4mmol*L^{-1} Laktat-Schwelle; IAS = Individuelle Anaerobe Schwelle; CP = critical power für angegebene Dauer*

Abb. 2: Individuelles Leistungsprofil im Athleten-Vergleich. Analog für Zielgruppen nach Geschlecht und Alter zu erstellen

In Ergänzung zur Labordiagnostik wurde zu t0 und t1 ein simuliertes Rennen auf der leicht adaptierten Weltcup-Wettkampfstrecke in Albstadt durchgeführt, um die tatsächlichen MTB XCO-Wettkampfanforderungen widerzuspiegeln. Es kam nicht zu Stürzen, die zum Abbruch des Rennens führten, jedoch führten „Unwohlsein" und ein technischer Defekt, der sich nicht beheben ließ, zu zwei Ausfällen.

Die Trainingsintervention wurde aus Gründen der Machbarkeit und der Compliance der Studienteilnehmer auf den Zeitraum der Nachsaison terminiert. Die individuellen Ergebnisse lagen damit rechtzeitig für die Trainingsplanung der Wettkampfsaison 2017 vor und konnten so direkt in die Trainingssteuerung einfließen. Die Vorgaben für die Intensität der jeweiligen Trainingsmittel ergaben sich aus der Labordiagnostik t0 durch Kalkulation der Belastungsintensitäten aus den erbrachten Leistungen bei der 4 mmol/l-Schwelle (PO_4) und im fünfminütigen Time-Trial (CP_300). Die durchgeführten Trainingseinheiten lassen sich gemäß des Trainingsmittelkataloges des BDR zuordnen.

In Tab. 1 ist exemplarisch die Übersicht eines Trainingsplans für die männlichen Altersklassen U19/23 und Elite aufgeführt.

Das „High Intensity Training" (HIT) beinhaltete neben niedrig intensiven Grundlageneinheiten, insgesamt acht hochintensive Einheiten (Zone

Tab. 1: Übersicht Trainingsplan Männer (U19/23, Elite)

	t0 (Baseline)	Woche 1	s/w	Woche 2	s/w	Woche 3	s/w	Woche 4	s/w	t1 (Retest)
HIT	Test & Rennen	Z5 (2*10*30s) Z2 (2h)	3 1	Z5 (3*10*30s) Z2 (2h)	3 2	Z5 (3*10*30s) Z2 (2h)	2 3	Z5 Z2 (2h)	0 1	Test & Rennen
LIT	Test & Rennen	Z5 Z2 (2-3h)	0 4	Z5 Z2 (2-3.5h)	0 4	Z5 Z2 (1.5-5h)	0 5	Z5 Z2 (2h)	0 1	Test & Rennen

Z = Zone gemäß Trainingsmittelkatalog; s/w = Serien/Wiederholungen

5), die sich progressiv auf drei Trainingswochen verteilten. Diesem Trainingsblock folgte eine einwöchige Tapering-Phase. Die Athleten fuhren nach 30 min Warmfahren in Zone 2 (GA1) zehn Minuten lang im Wechsel jeweils 30 Sekunden Belastung mit einer Intensität der im Labortest ermittelten CP_300‘ + 15 %. sowie 30 Sekunden in der Zone 2. Unterbrochen von jeweils 10 Minuten aktiver Serienpause (KB) wurden insgesamt zwei bis drei Serien absolviert.

Die andere Hälfte der Athleten führte ein für diesen Zeitraum der Jahresperiodisierung typisches grundlagenorientiertes „Low Intensity Training“ (LIT) durch. In der Summe entsprachen sich beide Trainingsformen bezüglich der körperlichen Beanspruchung durch das Training (vergleichbarer Training Stress Score (Allen & Coggan, 2010)). Die HIT-Gruppe trainierte intensiver, die LIT-Gruppe dafür länger (zeitlicher Trainingsumfang). Die Trainingssteuerung erfolgte mit Hilfe des SRM-Trainingssystems. Den Athleten wurde empfohlen, die vorgegebene Durchschnittsleistung möglichst gleichmäßig bei selbstgewählter Frequenz zu treten.

3 Ergebnisse

Tab. 2 charakterisiert die Studienpopulation und fasst die mittels Labordiagnostik erstellten Leistungsprofile der MTB XCO-(Nachwuchs-) Athleten zusammen. Bezüglich der Ausprägung der physiologischen Leistungsvariablen zeigen sich keine einheitlichen Unterschiede und bei der durchschnittlichen auf das Körpergewicht normalisierten Wettkampfleistung (npo_race) unterscheiden sich die Altersklassen kaum.

Die Abbruchleistung im Stufentest (PPO_IT) zeigt die stärkste univariate Korrelation mit der Wettkampfleistung ($r = .91^*$; $R^2 = .82$), gefolgt von der Critical Power über fünf Minuten ($r = .86^*$; $R^2 = .70$). Auch alle weiteren Testvariablen zeigen starke, statistisch signifikante Zusammenhänge mit der Wettkampfleistung (CP_30: $r = .85^*$; $R^2 = .72$; CP_60: $r = .84^*$; $R^2 = .70$; PO_IAS: $r = .81^*$; $R^2 = .65$; PO_4: $r = .79^*$; $R^2 = .62$; CP_10: $r = .75^*$; $R^2 = .57$). Mittels multivariater Regressionsanalyse (vorwärts; Wahrscheinlichkeit von F-Wert für Aufnahme $<= .05$) wurde PPO_IT als einzige relevante Einflussvariable ermittelt, die signifikant zu einer Verbesserung der Vorhersagekraft des Modells beiträgt, wobei Geschlecht und Körpergewicht gesetzte Einflussvariablen waren.

Die Variablen CP_10 und PO_race zeigen in der LIT-Gruppe negative Veränderung von t0 zu t1, während alle anderen positiv ausfallen. Zusammenfassend führten beide Trainingsmittel zu leichten Verbesserungen im Bereich von durchschnittlich etwa 3.4 %. bei den Labor-Variablen und 1.4 %. bei der Wettkampfleistung (insgesamt 3.2 %.; siehe Tab. 3). Allerdings ließen sich mit einem T-Test für unabhängige Stichproben keine Unterschiede zwischen den Trainingsgruppen (LIT/HIT) feststellen.

Betrachtet man die Interventionseffekte für die Gruppen separat und vergleicht dann diese Differenzen, ergeben sich für die aerob dominierten Variablen PO_IAS, PO_4, PPO_IT und den Wettkampf mittlere Effekte zugunsten der HIT-Gruppe, wohingegen für die anaerob dominierten Variablen CP_10, CP_60 und CP_300 keine bis kleine Effekte zu sehen sind (vgl. Tab. 3).

Tab. 2: Charakterisierung der Leistungsprofile der Athleten zu t0; gruppiert nach Altersklassen und Insgesamt (Mittelwert ± Standardabweichung)

Altersklasse	Alter (Jahre)	Größe [m]	Gewicht [kg]	nPO_IAS [W/kg]	nPPO_IT [W/kg]	nPO_4 [W/kg]	nCP_10 [W/kg]	nCP_30 [W/kg]	nCP_60 [W/kg]	nCP_300 [W/kg]	nPO_race [W/kg]
U17 (N = 8)	15.4±.5	1.71±.07	59.7±7.7	3.1±.4	4.8±.7	3.6±.5	12.0±1.2	8.9±1.5	6.0±.9	3.8±.4	3.8±.6
U19 (N = 10)	17.2±.6	1.74±.11	64.8±9.7	3.3±.4	5.0±.5	3.9±.6	14.3±2.0	9.3±1.5	6.4±1.2	4.2±.6	3.7±.6
U23 (N = 2)	20.0±.0	1.77±.01	68.8±9.0	3.5±.0	5.2±.4	4.2±.0	12.3±3.5	9.0±1.8	6.2±.5	4.5±.1	3.5±.9
Elite (N = 3)	25.7±3.8	1.80±.06	73.2±7.6	3.3±.3	5.0±.3	3.9±.3	14.8±1.0	10.0±.7	6.5±1.3	4.1±.5	3.6±.3
Insg. (N = 23)	**17.9±3.6**	**1.74±.09**	**64.5±9.3**	**3.2±.4**	**4.9±.5**	**3.8±.5**	**13.4±2.0**	**9.2±1.4**	**6.2±1.0**	**4.1±.5**	**3.7±.6**

*n = normalisiert auf das Körpergewicht; PO = power output; IAS = Individuelle Anaerobe Schwelle; PPO = peak power output; IT = incremental test; _4 = bei 4 mmol*L-1 Laktat-Schwelle; CP_10 = critical power für 10 Sekunden; _race = mean power output im Rennen (alle Werte)*

Tab. 3: Effekte der Trainingsintervention im Gruppenvergleich: polarisiertes intensives Intervalltraining (HIT) versus grundlagenorientiertes Ausdauertraining (LIT).

Variable	Veränderung [Watt; t1 - t0]		Veränderung [%.; t1 - t0]		Cohen's d*		
	LIT	HIT	LIT	HIT	LIT	HIT	LIT vs. HIT
PO_IAS	4,6± 8,5	10,9±12,1	2,1	5,3	0,2	0,2	0,6
PPO_IT	6,5± 9,9	15,6±14,2	2,0	4,9	0,2	0,2	0,7
PO_4	6,0±11,8	12,7±13,2	2,3	5,2	0,2	0,2	0,5
CP_10	-1,8±78,1	13,0±72,0	-0,2	1,5	0,0	0,1	0,2
CP_30	38,0±47,1	2,8±49,4	6,1	0,5	0,3	0,0	-0,7
CP_60	18,4±33,2	13,0±55,0	4,4	3,2	0,2	0,1	-0,1
CP_300	11,2±24,3	17,6±19,6	4,0	6,6	0,2	0,3	0,3
PO_race	-6,1±25,6	11,0±24,1	-2,5	4,7	0,1	0,1	0,7

**positive Werte bedeuten einen positiven Interventionseffekt bzw. ein Ergebnis zugunsten von HIT*
*PO = power output; IAS = Individuelle Anaerobe Schwelle; PPO = peak power output; IT = incremental test; _4 = bei 4 mmol*L-1 Laktat-Schwelle; CP_10 = critical power für 10 Sekunden; _race = mean power output im Rennen (alle Werte)*

In Abb. 3 ist für jeden Athleten ein einfacher Summenscore dargestellt: liegt die individuelle prozentuale Veränderung der Variablenausprägung über der des Kollektivs (im Durchschnitt 3.2 %.), wird dies mit „1" gewertet, liegt sie unter -3.2 %., wird sie mit „-1" gewertet. Alle Ausprägungen im Bereich einer Veränderung von 0 ± 3.2 %. werden mit „0" gewertet.

4 Diskussion

Es zeigte sich eine gute Akzeptanz des Testprotokolls seitens der Athleten. Die erhobenen Daten können nun als Referenz für die weitere sportartspezifische (MTB) Diagnostik genutzt werden, so dass sich für die Nachwuchs-Kaderathleten auch individuelle Entwicklungsver-

Gruppe	dpo_IAS	dppo_IT	dpo_4	dcp_10	dcp_30	dcp_60	dcp_300	dPO_race	Summenscore je Proband
HIT	0	1	0	-1	0	-1	1	0	0
HIT	0	0	0	1	0	1	1	1	4
HIT	1	0	0	0	-1	-1	1	-1	-1
HIT	0	0	1	1	-1	1	-1	0	1
HIT	0	0	1	1	1	0	0	1	4
HIT	1	1	1	-1	0	-1	1	-1	1
HIT	1	0	1	-1	0	1	1	0	3
HIT	1	1	1	0	1	1	1	1	7
HIT	1	1	0	1	0	1	1	1	6
HIT	1	0	1	1	1	0	1		5
HIT	1	1	1	0	1	1	1	0	6
HIT	1	1	0	1	1	1	1		6
LIT	0	0	1	0	0	-1	1	-1	0
LIT	0	1	0	-1	1	0	1	1	3
LIT	1	1	1	1	0	1	1	1	7
LIT									
LIT	-1	0	-1	1	1	1	1	-1	1
LIT	0	0	0	0	1	1	-1		1
LIT	1	0	1	-1	1	1	1	0	4
LIT	1	0	1	0	1	0	0	-1	2
LIT	0	1	0	1	0	1	1	0	4
LIT	0	0	0	1	1	-1	-1	-1	-1
LIT	0	0	0	-1	1	1	-1		0
Gesamt	**10**	**9**	**10**	**4**	**10**	**8**	**12**	**0**	

*d = Delta (t_1-t_0); PO = power output; IAS = Individuelle Anaerobe Schwelle; PPO = peak power output; IT = incremental test; _4 = bei 4 mmol*L-1 Laktat-Schwelle; CP_10 = critical power für 10 Sekunden; _race = mean power output im Rennen (alle Werte); 1 = d>3.2 %.; -1 = d<-3.2 %.; 0 = d* **±3.2 %.;** leere Felder: aufgrund fehlender Daten kein Vergleich möglich

Abb. 3: Summenscore der 8 geprüften Variablen: positive/negative Veränderungen der einzelnen Athleten (mittlerer Score = 3)

läufe darstellen lassen. Die Rückmeldung der Athleten hinsichtlich der Trainingsintervention war ebenfalls sehr positiv: sie hatten Spaß am leistungsgesteuerten Training und hätten gerne weiterhin mit den Systemen trainiert.

Die mittels der sportartspezifischen Leistungsdiagnostik erhobenen physiologischen Variablen zeigten starke, statistisch signifikante Zusammenhänge mit der Wettkampfleistung und bestätigen damit im Wesentlichen die Ergebnisse früherer Untersuchungen – die Stärke des jeweiligen Zusammenhangs unterscheidet sich allerdings etwas (Ahrend et al., 2018; Ahrend et al., 2014; Ahrend et al., 2016). Beide Interventionsgruppen profitierten von der Trainingsintervention und konnten ihre Leistungen bei der MTB spezifischen Leistungsdiagnostik von t0 zu t1 etwas steigern. Die berechneten Effektstärken (cohen‘s d) helfen bei der Beurteilung der praktischen Relevanz der Mittelwertunterschiede. Die zeigen für die Trainingsintervention insgesamt (Kollektiv) überwiegend kleine Effekte (d = 0.2 - 0.5). Im Vergleich der Interventionsformen LIT und HIT kann also zusammengefasst werden, dass die HIT-Gruppe etwas stärker von der Intervention profitierte, gegenüber der LIT-Gruppe aber nur mit mittlerem Effekt.

Die um 2,5 %. geringere Wettkampfleistung der LIT-Gruppe beim zweiten Rennen (t1) könnte auch mit den Umgebungsbedingungen zusammenhängen. Die Streckenbedingungen waren zu t1 nicht so gut wie bei t0; es war deutlich kälter und vor allem auf dem nassen und teils laubbedeckten Boden recht rutschig. Andererseits konnte die HIT-Gruppe mit den identischen Bedingungen eine höhere durchschnittliche Wettkampfleistung erzielen (4.7 %.). Mit einem T-Test für unabhängige Stichproben ließen sich allerdings für keine der erhobenen Variablen signifikanten Unterschiede zwischen den Trainingsgruppen feststellen. Hier wäre ggf. eine längere Intervention nötig gewesen, die allerdings kaum in die mittelfristige Trainingsplanung der Athleten zu integrieren ist.

Sowohl für die Trainer also auch für die Athleten zeigten sich bereits durch die praktische Anwendung der SRM-Trainingssysteme – und damit des leistungsgesteuerten Trainings – neue wertvolle Erkenntnisse für die Trainingsgestaltung und -steuerung. So wurde beispielsweise in einigen Fällen erkannt beziehungsweise bestätigt, dass im Grundlagen-Training bisher zu intensiv trainiert wurde. Durch die präzisere Leistungssteuerung und die zusätzlichen Erkenntnisse aus der erweiterten sportartspezifischen Leistungsdiagnostik ergeben sich (gegenüber der Herzfrequenz-orientierten Steuerung) viele Optimierungsmöglichkeiten in der Trainingsplanung und -steuerung, die nun bereits im Nachwuchstraining der Kader-Athleten Anwendung finden.

Die Erkenntnisse finden direkten Eingang in die Trainingsgestaltung der MTB XCO-Athleten, um die leistungsbasierte Trainingssteuerung auf Basis des sportartspezifischen Anforderungsprofils weiter zu entwickeln. Hierbei können durch die Charakterisierung des Leistungsprofils der Athleten die Inhalte des bestehenden Trainingsmittelkataloges des BDR individuell auf den jeweiligen Athleten angepasst werden (Wissenschaft-Praxis-Transfer). Des Weiteren dient der Erkenntnisgewinn der Anpassung der Trainerausbildung im Rahmen von Fortbildungen des BDR sowie in der Bundes- und A-Trainer-Ausbildung. Durch die Implementierung der sportartspezifischen Labor-Leistungsdiagnostik in die Routineuntersuchungen der Kaderathleten kann sich zudem ein dauerhafter Nutzen der Studienergebnisse ergeben. Mit den Erkenntnissen der Studie wird damit die Basis für den Aufbau einer MTB-Radsport-Kohorte mit der Beschreibung eines sportartspezifischen physiologischen Anforderungsprofils geschaffen. Die Umsetzung dieses Zieles konnte zum einen direkt durch die unmittelbare Beteiligung der Trainer erfolgen. Zudem wurde das Projekt bereits bei mehreren Veranstaltungen vorgestellt. Die Translation der Erkenntnisse in die Trainerausbildung und die Veröffentlichung der Ergebnisse in trainingswissenschaftlichen Fachzeitschriften wird nach Abschluss des Projekts fortgesetzt.

5 Literatur

Ahrend, M.-D., Schneeweiss, P., Martus, P., Niess, A. M. & Krauss, I. (2018). Predictive ability of a comprehensive incremental test in mountain bike marathon. *BMJ Open Sport & exercise medicine, 4* (1), e000293.

Ahrend, M.-D., Schneeweiss, P., Theobald, U., Niess, A. M. & Krauss, I. (2014). *Validierung aerober und anaerober Leistungsparameter im Mountainbike-Sport: eine Pilotstudie*. Paper presented at the 45. Deutscher Sportärztekongress, Frankfurt, Germany.

Ahrend, M.-D., Schneeweiss, P., Theobald, U., Niess, A. M. & Krauss, I. (2016). Comparison of laboratory parameters of a mountain bike specific performance test and a simulated race performance in the field. *Journal of science and cycling, 5* (1).

Allen, H. & Coggan, A. (2010). Training and racing with a power meter: VeloPress.

Ebler, B., Schaupp, P. & Mountainbike-Trainerteam, B.-W. (2013). *Mountainbike-Trainingskatalog 2013*. Unveröffentlichtes Manuskript.

Stapelfeldt, B. (2001). *Kraft- und Ausdauerleistungen im Mountainbikesport*. Philosophische Fakultät Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg.

Stapelfeldt, B., Schwirtz, A., Schumacher, Y. O. & Hillebrecht, M. (2004). Workload demands in mountain bike racing. *International journal of sports medicine, 25* (4), 294-300.

Theobald, U. (2015). Leistungsanforderungen und Trainingsmittel in der Radsportdisziplin Mountainbike Cross-Country. *Leistungssport, 1*, 20-24.

UCI. UCI *Cycling Regulations. Part 4. Mountain Bike.*, Version on 01.01.2018 (S. 1-70): Union Cycliste Internationale.

van Loon, L. J., Greenhaff, P. L., Constantin-Teodosiu, D., Saris, W. H. & Wagenmakers, A. J. (2001). The effects of increasing exercise intensity on muscle fuel utilisation in humans. *Journal of physiology, 536* (Pt 1), 295-304.

Sportpsychologische Unterstützung der DHB-Nachwuchsspielerinnen und -spieler bei der Bewältigung der speziellen Herausforderungen beim Einstieg in den Spitzensport

(AZ 072044/16-17)

Jeannine Ohlert[1,2] (Projektleitung), Marion Suprizio[1,3] & Pia von Keutz[1]

[1]Deutsche Sporthochschule Köln, Psychologisches Institut, Abt. Gesundheit & Sozialpsychologie
[2]Das Deutsche Forschungszentrum für Leistungssport Köln – momentum
[3]MentalGestärkt – Netzwerkinitiative Psychische Gesundheit im Leistungssport

1 Problemstellung

Eine besondere Herausforderung für Nachwuchsleistungssportler bzw. -sportlerinnen stellt der Übergang vom leistungsorientierten Sporttreiben in den Hochleistungssport dar (Alfermann, 2006). Neben den eigentlichen Entwicklungsaufgaben als Jugendliche müssen Athletinnen und Athleten zusätzlich die besonderen Entwicklungsaufgaben des Sports bewältigen (Ohlert & Kleinert, 2014). Daher wird von der Wissenschaft und der Praxis eine besondere sportpsychologische Hilfestellung für den Nachwuchsbereich in dieser Übergangszeit gefordert (vgl. z. B. Alfermann, 2006; Sulprizio & Kleinert, 2014). Der Deutsche Handballbund (DHB) hat sich zum Ziel gesetzt, seine Nachwuchskaderathletinnen und -athleten durch eine gesonderte sportpsychologische Betreuung in dieser Übergangszeit zu unterstützen.

Seit bereits mehreren Jahren unterstützt der DHB aktiv diese Zielgruppe nicht nur in ihrer sportlichen Leistungsentwicklung, sondern auch in ihrer Persönlichkeitsentwicklung außerhalb des Sports. Unter anderem wurde von 2013 bis 2015 das Projekt „Entwicklung und Evaluation eines sportpsychologischen Rahmenkonzepts für die männliche und weibliche Jugend des Deutschen Handballbundes unter besonderer Berücksichtigung einer entwicklungspsychologischen Perspektive“ (AZ IIA1-071001/13-15) durchgeführt. Im Rahmen des genannten Projekts wurden junge Handballnationalspielerinnen und -spieler in ihrer Persönlichkeitsentwicklung gefördert. Hierzu wurden zunächst für Leistungssportler bzw. -sportlerinnen relevante Entwicklungsaufgaben erhoben (Ohlert & Kleinert, 2014; Ohlert & Ott, 2017), die im Anschluss zur Entwicklung von Workshopkonzeptionen genutzt wurden. So konnte erreicht werden, dass die Workshops diejenigen Themen beinhalteten, welche von den jungen Athletinnen und Athleten als persönlichkeits- und entwicklungsrelevant eingeschätzt wurden, aber in der Diagnostik die höchsten Defizite aufwiesen (Ohlert & Linz, 2015). Innerhalb eines zusätzlichen, ebenfalls BISp-finanzierten Transferprojekts (AZ ZMVI1-071611/15) konnte zwischenzeitlich eine sportpsychologische Rahmenkonzeption für den DHB fertig gestellt werden (Linz & Ohlert, 2016), die sich vor allem auf die grundlegenden jahrgangsbezogenen Entwicklungsaufgaben der jeweiligen Spielerinnen und Spieler bezieht. In deren Rahmen hat sich der DHB verpflichtet, dauerhaft jedem seiner Nachwuchskader insgesamt acht Betreuungstage mit einem Sportpsychologen bzw. einer Sportpsychologin zu finanzieren, so dass hier aufeinander aufbauend wichtige Basisthemen in Form von Workshops vermittelt werden, um die Spielerinnen und Spieler ganzheitlich in ihrer Persönlichkeitsentwicklung zu unterstützen.

Neben dieser allgemeinen Persönlichkeitsentwicklung ergeben sich für den Nachwuchsbereich im Übergang in den Hochleistungsbereich in der Praxis vor allem zwei relevante Herausforderungen, die durch die bisherige Betreuung nicht abgedeckt werden (können): Zum einen

muss ein Spieler bzw. eine Spielerin sich aktiv für eine Karriere im Spitzensport entscheiden und diese mit allen persönlichen Konsequenzen verfolgen, und zum anderen steht in dieser Zeit für Viele das erste große internationale Turnier an, welches mit einer besonderen psychischen Drucksituation verbunden ist und daher zu „choking under pressure“ führen kann, wenn die Athletinnen bzw. Athleten nicht entsprechend mental vorbereitet sind.

Ziel des Projekts war es daher, diese beiden besonderen Herausforderungen für Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportler in der Tiefe zu untersuchen, um Unterstützungswünsche der Aktiven für beide Bereiche weiter spezifizieren zu können. Projektteil A zielte auf die Erstellung eines prototypischen Aufbaus einer optimalen sportpsychologischen Vorbereitung auf das erste internationale Großereignis der Junioren und Juniorinnen sowie der relevanten Betreuungsthemen ab. Ziel des Projektteils B war es, sportpsychologische Unterstützungsmöglichkeiten in der Zeit der ersten DHB-Kaderberufung zu erarbeiten. Gerade die Spielerinnen und Spieler des jüngsten DHB-Kaders (aktuell 2000/2001) werden zu diesem Zeitpunkt häufig erstmalig mit der Problematik der Entscheidung für oder gegen bestimmte karriereförderndе Maßnahmen sowie deren Konsequenzen konfrontiert. Das Arbeitsprogramm gliederte sich in zwei große Teile entsprechend der beiden Themenblöcke „Vorbereitung auf das erste große Turnier“ und „Unterstützung im Karriereübergang“, welche sich nochmals in mehrere Abschnitte unterteilten.

2 Teilprojekt A

2.1 Methode

In Teilprojekt A wurden die Spielerinnen des älteren Jugendkaders im DHB (1998/99) in einer Online-Befragung zu relevanten sportpsychologischen Themen in der direkten Vorbereitung und während der U17-Weltmeisterschaft befragt. Die Ergebnisse wurden unmittelbar in der sportpsychologischen Betreuung in dieser Zeit berücksichtigt und soweit möglich umgesetzt. Anschließend wurde die sportpsychologische Betreuung während der WM vom vom Team der Betreuerinnen und Betreuer sowie von den Spielerinnen evaluiert. Ergänzend wurden die Spielerinnen des älteren Jahrgangs (1996/97) hinsichtlich ihrer retrospektiven Betreuungsbedarfe befragt, da diese keine sportpsychologische Betreuung bei der WM erlebt hatten.

2.2 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Befragung der Spielerinnen des Jahrgangs 1998/99 zeigen, dass die Motivation, sich mit dem Thema Sportpsychologie zu beschäftigen, unter den DHB-Spielerinnen allgemein als sehr hoch einzustufen ist. Durch die sehr hohe Rücklaufquote von 96 %. bilden die Ergebnisse zudem die Meinung der Zielgruppe ohne Einschränkungen ab. Die hohe Motivation wird auch daran deutlich, dass viele Themen noch im sehr begrenzten Zeitraum vor der WM gewünscht worden waren, obwohl dies im Grunde schon zeitlich gar nicht mehr realisierbar war. Auch die Auswahl des Zeitpunkts für die Themen sowie die didaktischen Wünsche legen nahe, dass sich viele Spielerinnen dezidiert mit Sportpsychologie auseinandersetzen und sehr gut sagen können, was bei einem großen Turnier für sie relevant ist, nämlich vor allem die druckbezogenen Themen in der Turniersituation, und hiervon die mannschaftsbezogenen Aspekte als Workshops, während für eher individuelle Bereiche vor allem das Einzelgespräch gewünscht wurde.

Basierend auf den Wünschen der Spielerinnen wurde daher die sportpsychologische Betreuung vor und während der U18-Weltmeisterschaft in der Slowakei (19.-31. Juli 2016) thematisch sowie didaktisch angepasst. Ein Sportpsychologe begleitete die Spielerinnen vor und während der WM.

Die Evaluationsergebnisse zeigen zunächst, dass sowohl aktuelle Spielerinnen als auch das Team der Trainer und Trainerinnen den Prozess der Vertrauensbildung als notwendig erachteten und als gelungen empfanden. Auch konnten erste (vorsichtige) Verbesserungen von sportpsychologischen Techniken und Skills von den Athletinnen genannt werden, welche allerdings von Trainer- und Betreuerseite noch nicht so unmittelbar zu erkennen waren. Auch beim Einfluss des Erlernten in Wettkampfsituationen

wurden positive Ergebnisse von den Spielerinnen berichtet; an der Weiterempfehlungsrate von 77,1 %. lässt sich auch erkennen, dass die Sportpsychologie als wichtige Disziplin beim Abrufen von Topleistung anerkannt wird. Die Trainer und Trainerinnen ergänzen dieses Bild auch noch durch den eigenen Nutzen, den der anwesende Sportpsychologe ihnen bei ihrer täglichen Arbeit geboten hat.

Weiterhin ist den Befragungen zu entnehmen, dass sich nicht alle Themen uneingeschränkt als Workshop-Thema vermitteln lassen und dass die individuelle Betreuung eine sehr geschätzte Betreuungsform darstellt, die von den jungen Spielerinnen gut angenommen wird. Dennoch plädierten alle Befragten dafür, Basiskompetenzen – welche durchaus im Workshopformat vermittelt werden können – bereits frühzeitig in die Auswahllehrgänge zu integrieren, so dass an den individuellen Problemen später dann nur noch im Einzelsetting, d. h. in individuellen Coachings gearbeitet werden kann. Außerdem wünschten sich alle Befragten eine noch engere Verzahnung von sportpsychologischen Inhalten mit dem Handballtraining auf dem Feld. Das bedeutet, dass Trainer und Sportpsychologe noch viel enger in den täglichen Praxiseinheiten die Kopplung von sportspezifischen Fähigkeiten und den dazu gehörenden mentalen Skills praktizieren und üben lassen sollten.

Vergleicht man die Themenwünsche der aktuellen Spielerinnen mit den ehemaligen U18-Spielerinnen, so wurden sportpsychologische Themen wie z. B. Leistung unter Druck, Zusammenhalt und Teamwork von allen als am wichtigsten eingeschätzt. Auch bestand in beiden Gruppen der Wunsch, die meisten Themen im Vorfeld eines großen Wettkampfs einzuüben, und beim Ereignis selbst eher Entspannung und aktuell den Umgang mit Misserfolg, Kritik und Fehlern mit dem Sportpsychologen zu bearbeiten. Ein interessanter Unterschied ergab sich bei der Frage, ob ein Sportpsychologe bzw. eine Sportpsychologin beim ersten großen Turnier gewünscht sei. Hier gaben die ehemaligen U18-Spielerinnen an, eine Sportpsychologin bzw. einen -psychologen nicht unbedingt notwendig beim Wettkampf dabei haben zu wollen, während die aktuellen Spielerinnen sich mehrheitlich dafür aussprachen. Dies könnte an der unterschiedlichen Mentalität der Kohorten liegen, aber auch daran, dass die ehemaligen U18-Spielerinnen gar nicht richtig einschätzen können, inwiefern ein Sportpsychologe unterstützen kann, da sie es noch nicht erlebt haben. Dafür spricht auch, dass sie trotz der mehrheitlichen Ablehnung die sportpsychologische Arbeit im Vorfeld als sehr wichtig ansahen und auch für die nachfolgenden Jahrgänge empfahlen.

Insgesamt ergibt sich daher insgesamt ein positives Bild des ersten Pilotprojekts zum Einsatz eines Sportpsychologen bei der U18-Weltmeisterschaft. Der DHB könnte daher darüber nachdenken, dies weiterzuführen. Von allen Beteiligten wird es jedoch als deutlich wichtiger angesehen, bereits vor dem Turnier in die Tiefe gehend sportpsychologisch arbeiten zu können, um die im Vorfeld erarbeiteten Methoden dort effektiv einsetzen zu können.

3 Teilprojekt B

3.1 Methode

Im Teilprojekt B wurden zunächst Interviews zur Erarbeitung des aktuellen sportpsychologischen Unterstützungsbedarfs mit den jüngsten und den ältesten DHB-Kaderspieler und -spielerinnen geführt. Aufbauend auf deren Ergebnissen wurden im nächsten Schritt Workshops angeboten, welche durch ein Warte-Kontrollgruppen-Design evaluiert wurden.

Teilnehmende waren je sechs Spieler bzw. Spielerinnen der jüngsten DHB-Kader (Jahrgänge 2000/01, jeweils männlich und weiblich), die in Kooperation mit den Bundestrainern so ausgewählt wurden, dass möglichst viele unterschiedliche Konstellationen abgedeckt wurden, sprich der persönliche Hintergrund der Teilnehmenden möglichst heterogen war bezüglich Wohnort und aktueller Situation (z. B. Internat vs. wohnen zu Hause, kleiner Verein vs. großer Verein). Nach dem gleichen Verfahren wurden je sechs Spielerinnen bzw. Spieler des Junior- bzw. Juniorinnen-Jahrgangs (männlich 1996/97 und weiblich 1998/1999) ausgewählt. Insgesamt nahmen 12 Spielerinnen und 12 Spieler an den Interviews teil. Im Mittel hatten sie mit 6.7 Jahren mit dem Handball angefangen und hatten durchschnittlich bereits in 2.5 Vereinen gespielt

(der jüngere Jahrgang in 1.8, der ältere in 3.3 Vereinen).

3.2 Ergebnisse

Durch die Interviews kristallisierte sich heraus, dass ein Sportpsychologe oder eine -psychologin grundsätzlich als wichtige Ansprechperson bei entwicklungsbezogenen Entscheidungen (wie z. B. Schulwechsel, Internatsaufnahme), die durch eine leistungssportliche Orientierung im Laufe der Karriere anstehen, angesehen wurde. Zwar wurde von den Befragten sehr häufig die Familie als unterstützender Faktor bei der Entscheidungsfindung genannt, Trainerinnen oder Trainer eher weniger. Aber vor allem vor dem Hintergrund des Wegfalls bzw. Verlassens des gewohnten sozialen Netzwerks (Freunde, Familie, Heimat und zu Hause) und den dadurch auftretenden (negativen) Emotionen kann ein Sportpsychologe bzw. eine -psychologin eine zentrale Position bei der Entscheidungsberatung einnehmen und die emotionale Belastung auffangen. Außerdem wurde er oder sie bei frühzeitiger Integration in das Team der Trainer und Betreuer von den Sportlerinnen und Sportlern als wichtige Vertrauensperson anerkannt, die sich bei Bedarf deutlich intensiver mit der einzelnen Person beschäftigen kann, als dies dem Trainer möglich ist. Ein weiterer Punkt, an dem sicherlich auch noch Ausbildungsbedarf für die Sportpsychologie besteht, ist in der Forderung der jungen Aktiven zu sehen, dass diese sich mit Wechseln zu anderen Vereinen, in andere Mannschaften bzw. mit den Vor- und Nachteilen von Doppelspielrecht auskennen sollten, um den jungen Athletinnen und Athleten eine optimale Beratung und Unterstützung zu bieten. Die Erwartungen an sportpsychologisches Coaching sind somit zwar sehr vielfältig und von Person zu Person differierend, aber zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Athletinnen und Athleten trotz ihres jungen Alters bereits sehr genau wissen, an welchen Punkten ihres Leistungssportlebens eine sportpsychologische Unterstützung als wichtige, wenn nicht sogar notwendige Unterstützung in Anspruch genommen werden kann.

Die anschließend durchgeführten Workshops in den jüngeren Jahrgängen ergaben in der Evaluation, dass das Format „sportpsychologischer Workshop“ von den Jugendlichen positiv bewertet und als Benefit für die eigene Laufbahn eingeschätzt wurde. Die Einschätzungen aller Befragten auf dem Fragebogen QS17 (Kleinert & Ohlert, 2014) lagen deutlich über dem Mittelwert der vorliegenden Skala, und auch die Nutzen- und Weiterempfehlungsraten waren deutlich positiv, so dass davon auszugehen ist, dass die Workshops als hilfreiche Tools zur Unterstützung im Karriereübergang angenommen wurden. Aufgrund der Tatsache, dass gut ein Drittel der Teilnehmenden den Zeitpunkt des Workshops als zu spät bewerteten, sollte jedoch auf Dauer überlegt werden, ob ein solcher Workshop schon in einem früheren Alter und auf Ebene der Landeskader realisiert würde. Denn häufig fallen wichtige Entscheidungen für die eigene Karriere offensichtlich schon zu einem Zeitpunkt, an dem das Alter für einen Einstieg auf Nationalkaderebene noch gar nicht erreicht ist.

4 Diskussion

Der Einstieg in den Spitzensport stellt für junge Leistungssportler bzw. -sportlerinnen zum Teil eine große Herausforderung dar, weil einerseits der Leistungsdruck deutlich anwächst, andererseits aber auch Entscheidungen in Bezug auf die sportliche Karriere getroffen werden müssen, denen sich die Sportlerinnen und Sportler teilweise noch nicht gewachsen fühlen. Das vorliegende Projekt hatte zum Ziel herauszufinden, inwiefern eine sportpsychologische Unterstützung den Athletinnen und Athleten beim Einstieg in den Spitzensport helfen kann, damit sie diese Phase nicht als Bedrohung, sondern eher als Herausforderung wahrnehmen und sich der Situation besser gewachsen fühlen. Insgesamt zeigte sich dabei, dass sich die beteiligten DHB-Spielerinnen und Spieler durchaus mehr Unterstützung durch Sportpsychologen bzw. -psychologinnen in beiden Themenbereichen wünschen, jedoch muss man die Ergebnisse auch differenziert betrachten. Hinsichtlich der Turnierunterstützung ist zusätzlich zu beachten, dass hier nur der weibliche U18-Kader als Stichprobe diente und daher nicht ohne weiteres auf die Meinung der Jungen geschlossen werden kann. In diesem Bereich gab es von den

aktuellen Spielerinnen den eindeutigen Wunsch nach einer sportpsychologischen Unterstützung, während die Meinung beim älteren Jahrgang sowie im Betreuerteam eher heterogen war. Einig waren sich jedoch alle Spielerinnen bzw. Spieler darin, dass mehr Sportpsychologie in vorbereitende Lehrgänge eingebaut werden sollte, um dort die Grundlagen für eine Verfügbarkeit von Strategien während des Turniers zu legen. Bezüglich des Turniers selbst lässt sich aus den Ergebnissen die Empfehlung ableiten, dass eine sportpsychologische Unterstützung während eines Turniers gut vorbereitet werden sollte, insbesondere sollte vorab die Rolle des Sportpsychologen bzw. der -psychologin genau definiert und auch an die Mannschaft kommuniziert werden. Alternativ wäre es eine Option, die sportpsychologischen Betreuungsanteile in der Vorbereitung auf das Turnier zu erhöhen, so dass die Spielerinnen und Spieler sich gut gerüstet fühlen, und während des Turniers über eine Telefonhotline sportpsychologischen Support anzubieten. Hierzu müsste jedoch vorab eine ausreichende Vertrauensbildung zwischen den Athletinnen bzw. Athleten und dem Sportpsychologen bzw. der -psychologin stattgefunden haben, damit eine solche Möglichkeit auch genutzt wird.

Bezüglich der sportpsychologischen Unterstützung bei Karriereentscheidungen für den Leistungssport zeigten sich vergleichsweise eindeutige Ergebnisse, denn obwohl die Schwierigkeiten der Entscheidungsfindung bei den Spielerinnen und Spielern sehr heterogen waren und viele eine Unterstützung durch andere Personen enthielten, befürwortete die Mehrheit der Befragten einen zusätzlichen sportpsychologischen Support in diesem Bereich. Dieses Bild bestätigte sich auch nach der Erfahrung mit den durchgeführten Workshops zu dem Thema, die auch mehrheitlich positiv bewertet wurden. Aufgrund der Tatsache, dass die Beteiligten den Zeitpunkt des Workshops als genau richtig bis zu spät erachteten, könnte der DHB jedoch darüber nachdenken, solche Workshops oder eine individuelle Unterstützung in diesem Bereich für einzelne talentierte Spieler_innen bereits in einem jüngeren Alter auf der Ebene der Landesverbände zu etablieren, da erste Entscheidungen offensichtlich schon deutlich früher getroffen werden müssen als die Spielerinnen und Spieler in den Nationalkader berufen werden (können).

Zusammenfassend lässt sich daher zu diesem Service-Forschungsprojekt festhalten, dass zwei wichtige Bereiche in der Entwicklung von jungen Leistungssportlerinnen bzw. -sportlern angesprochen wurden, die der DHB bislang in seiner sportpsychologischen Rahmenkonzeption nicht im Detail verankert hatte. Dennoch stehen die Projektergebnisse nicht konträr zur Rahmenkonzeption, denn dort werden Trainerinnen und Trainern bzw. Sportpsychologinnen und -psychologen bewusst Freiräume bei der Gestaltung eines Teils der zu besprechenden Themen eingeräumt, und auch die Möglichkeit, die vorgesehenen Tage sportpsychologischer Betreuung zum Teil in den Turnierbereich zu schieben, ist durchaus vorhanden. Mit den Projektergebnissen liegt daher eine fundierte Handlungsgrundlage für diesen Themenbereich vor, so dass Koordinatoren und Koordinatorinnen, Trainerinnen und Trainer sowie Sportpsychologinnen und -psychologen des jeweiligen Jahrgangs individuell entscheiden können, inwiefern die hier angestoßenen Themen zusätzlich behandelt werden, ob sie in die bestehende sportpsychologische Betreuung integriert werden sollten oder ob andere Themen eine höhere Priorität besitzen.

5 Literatur

Alfermann, D. (2006). Karriereübergänge. In M. Tietjens & B. Strauß (Hrsg.), *Handbuch Sportpsychologie* (S. 118-125). Schorndorf: Hofmann.

Kleinert, J. & Ohlert, J. (2014). Ergebnisqualität in der sportpsychologischen Beratung und Betreuung. Konstruktion und erste Ergebnisse des Befragungsinventars QS17. *Zeitschrift für Sportpsychologie, 21* (1), 13-22. doi: 10.1026/1612-5010/a000110.

Linz, L. & Ohlert, J. (2016). *Sportpsychologische Verbandskonzeption des Deutschen Handballbundes 2016-2020*. Köln: Sportverlag Strauß.

Ohlert, J. & Kleinert, J. (2014). Entwicklungsaufgaben jugendlicher Elite-Handballerinnen und -Handballer. *Zeitschrift für Sportpsychologie, 21* (4), 161-172. doi: 10.1026/1612-5010/a000129.

Ohlert, J. & Linz, L. (2015). Lernen, dem Druck standzuhalten. *Handballtraining (9/10)*, 20-23.

Ohlert, J. & Ott, I. (2017). Developmental tasks and well-being in adolescent elite athletes in comparison with recreational/non-athletes. *European journal of sports science*. doi: 10.1080/17461391.2017.1365935

Sulprizio, M. & Kleinert, J. (2014). *Kein Stress mit dem Stress. Tipps und Lösungen für mentale Stärke und psychische Gesundheit im wettkampforientierten Leistungssport*. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.

Steigerung der Wurfeffizienz im Goalball – individuelle Technik, konditionelle Voraussetzungen und Bodenbeschaffenheit

(AZ 072048/16-17)

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

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

1 Problem/Hintergrund

Im Europäischen Goalballsport herrscht eine große Leistungsdichte. Rund 32 Männer- und 16 Frauenmannschaften tragen Europameisterschaften in unterschiedlichen Leistungspools (A-, B- C-Pools) aus. Im Frühjahr 2016 belegte die deutsche Nationalmannschaft der Frauen den 12. und die der Männer den 16. Weltranglistenplatz. Die Herren waren für die Paralympics 2016 in Rio qualifiziert.

Nach ausführlicher Bedarfsanalyse und Priorisierung in Kooperation mit den Bundestrainern-Männer und -Frauen zielte dieses Serviceforschungsprojekt auf die Steigerung von Geschwindigkeit und Effizienz der Würfe im Goalball ab unter besonderer Berücksichtigung von individueller Wurftechnik, konditionellen Voraussetzungen sowie Bodenbeschaffenheit.

Der Fokus auf Wurftechnik und konditionellen Voraussetzungen basiert darauf, dass Top-Goalballspieler bzw. -spielerinnen ca. 40 Würfe innerhalb von 20 bis 25 Minuten pro Spiel absolvieren (Molik et al., 2015). Diese Belastungsdichte bedingt, dass nicht alle Würfe mit gleicher Intensität ausgeführt werden können. Wurftechnik und Wurfrichtung werden sowohl spieltaktisch als auch in Abhängigkeit von den individuellen konditionellen Fähigkeiten der Spielerinnen und Spieler variiert. Im internationalen Spitzen-Goalball scheint speziell das vermehrte Anspielen von Schnittstellensektoren die Erfolgsaussichten zu steigern (Prokein et al. unpublizierte Befunde; Weber et al., 2016). Dabei wird dominant der gerade Wurf bevorzugt (Prokein et al. unpublizierte Befunde; Letho et al., 2012; Owen, 2014; Weber et al., 2016). Schnittstellen kennzeichnen eine Überschneidung von Abwehrbereichen benachbarter Spieler, eine Verteidigungszone mit erhöhtem motorischem Aufwand mit Handlungskoordination zweier Spieler. Gerade Würfe minimieren bei gegebener Ballgeschwindigkeit die Reaktions- und Handlungszeiten für eine erfolgreiche Abwehr. Somit erscheint speziell die Steigerung der Ballgeschwindigkeit von präzisen, geraden Würfen auf Schnittstellensektoren als ein erfolgversprechendes Detail zur Steigerung der Wurfeffizienz. Auf höchstem internationalen Niveau ist die Wurfgeschwindigkeit ein zentraler Faktor, mit direktem positivem Einfluss auf die Erfolgsquote (Owen, 2014; Weber et al., 2016). Präzision und Ballgeschwindigkeit reflektieren individuelle Stärken und Defizite technischer Fertigkeiten und konditioneller Fähigkeiten, die sowohl isolierte als auch interagierende leistungsdeterminierende Faktoren darstellen.

Der Fokus auf Bodenbeschaffenheit basiert auf der Tatsache, dass national die Spiele der Goalball-Bundesliga wie auch das Training auf vergleichsweise harten, punkt- bzw. flächenelastischen Hallenböden mit relativ geringem Reibungswiderstand absolviert werden. Im Gegensatz dazu finden viele internationale Wettkämpfe, wie auch das paralympische Turnier in Rio de Janeiro, auf einem speziellen Bodenbelag (Gerflor Taraflex®) statt. Dieser Sportboden ist ein punktelastischer Sportboden mit Schaumträger von 7-9 mm Gesamtdicke, der bei den Paralympics auch für das Goalball Turnier in der Future Arena, Barra Olympic Park verlegt wurde. Im Vergleich zu den in Deutschland vorhande-

nen Böden fühlt sich Gerflor Taraflex® weicher an und ist durch eine Dämpfung von 25-45 %. bei erheblich höherem Gleitreibungswiderstand gekennzeichnet. Beide Faktoren verändern u. a. den Fuß-Bodenkontakt und somit alle Phasen einer dynamischen Wurftechnik, insbesondere der Drehwurftechnik. Da der Ball-Weg des Goalballwurfs nach Verlassen der Wurfhand regelbedingt durch multiples „Aufsetzen" gekennzeichnet ist (Regel 25 f. IBSA Goalball Rules 2014 - 2017), beeinflussen Bodenhärte und Gleitreibungswiderstand in Kombination mit der Wurftechnik zusätzlich Absprungwinkel und Spin nach jedem Bodenkontakt und somit die Ballgeschwindigkeit und Präzision.

Das Ziel des Serviceforschungsprojektes war somit die Steigerung der Effizienz des Goalballwurfs der Männer- und Frauennationalmannschaften unter besonderer Berücksichtigung von

- individuellen technischen Ausprägungsformen,
- individuellen körperlichen Stärken und Defiziten und
- spezifischer Bodenbeschaffenheit bei nationalen vs. internationalen Wettkämpfen.

2 Methode

Zielgruppe des Gesamtprojektes waren Bundeskader-Athleten Goalball (männlich/weiblich) sowie Nachwuchsathleten, die am regionalen Paralympischen Trainingsstützpunkt Goalball betreut wurden. Das Projekt gliederte sich in zwei Hauptphasen. Beide Projektphasen waren in die kurz- und mittelfristige Vorbereitung der Nationalmannschaften auf spezifische internationale Saisonhöhepunkte (Paralympics 2016, Männer, und Europameisterschaften 2017, Männer und Frauen) integriert.

Phase 1 konzentrierte sich primär auf die Herrenmannschaft und umfasste Interventionen im Längsschnitt über einen Zeitraum von ca. drei Monaten. Sie war unmittelbar in die Wettkampfvorbereitung für die Paralympics in Rio 2016 eingebunden.

Dabei zielten die Interventionen zur Steigerung der Wurfeffizienz in dieser Phase

a) aus trainingswissenschaftlicher Sicht primär auf den Faktor Ballgeschwindigkeit in Abhängigkeit von Wurftechnik und Bodenbeschaffenheit,
b) aus sportmedizinischer Sicht basierend auf funktionell, sportmedizinisch-klinischen Befunden in Verbindung mit individuellen Technikmerkmalen auf individualisierte Konzepte nach akuten, posttraumatischen Beeinträchtigungen sowie bei funktionellen Schwächen speziell im Bereich Kraft.

Phase 1 beinhaltete Eingangs- und Folgeuntersuchung der Dynamik der Ballgeschwindigkeiten mittels Radar (Stalker ATS II) bei individuell festgelegten Würfen, der qualitativen Videoanalyse der Wurfbewegung in zwei Projektionsebenen (seitlich/frontal) auf Linoleum/PVC-Hallenboden und Gerflor Taraflex®-Bodenbelag sowie symptombezogene sportmedizinische Untersuchung. Verfolgte Detailziele waren, empirisch bodenspezifisch günstige individuelle Technikvarianten zu identifizieren und zu fördern, technikabhängige konditionelle bzw. konstitutionelle Schwächen zu erkennen sowie klinische Abklärung und Kompensation konstitutioneller Schwächen. Eingangs- und Folgeuntersuchung wurden ergänzt durch zusätzliche selektive Geschwindigkeitsmessungen und verbalisiertes Videofeedback im Trainingsprozess.

Phase 1 endete unmittelbar vor der Abreise der Mannschaft zu den Paralympischen Spielen 2016 in Rio.

Phase 2 nutzte die in Phase 1 gewonnenen Erkenntnisse und erweiterte den Fokus auf alle Spieler der Männer- und Frauennationalmannschaften im Rahmen der Vorbereitung auf die Europameisterschaften 2017 unter Einschluss entsprechender Nachwuchsathleten. Ergänzend zu den spezifischen Zielen der Phase 1 sollten zusätzlich goalballspezifische Trainingsmethoden unter Berücksichtigung individueller konstitutioneller und konditioneller Fähigkeiten sowie technischer Fertigkeiten mit Schwerpunkt Wurfeffizienz unter zusätzlicher Berücksichtigung strategisch vorteilhafter Wurfsektoren

entwickelt und evaluiert werden. In dieser Phase fanden drei weitere Messtermine bei den Herren und zwei bei den Damen statt, bei denen Ballgeschwindigkeiten und Trefferquoten bei individuell zusammengestellten Wurfbatterien auf eine vorgegebene Trefferzone gemessen bzw. dokumentiert und Videoanalysen der Würfe durchgeführt wurden. Ergänzt wurde dies durch verbalisiertes Videofeedback im Trainingsprozess.

3 Ergebnisse

In enger Zusammenarbeit mit den betreuenden Trainern wurden für alle Athletinnen und Athleten individuelle Wurfbatterien zusammengestellt, die jedoch z. T. im Projektverlauf modifiziert wurden. Dieser Sachverhalt sowie der Umstand, dass die Anzahl der getesteten Athleten berufs-, krankheits- bzw. verletzungsbedingt variierte bei insgesamt vergleichsweise geringer Athletenzahl bedingt, dass eine statistische Betrachtung nicht immer möglich bzw. sinnvoll ist. Aufgrund dieser Problematik und auch des individualisierten Ansatzes des Projektes wird in der Ergebnisdarstellung daher z. T. auf exemplarische Beschreibungen der Effekte für Einzelathleten zurückgegriffen.

3.1 Phase 1: Herrennationalmannschaft

Für jeden Spieler der Herrennationalmannschaft wurde eine individuelle Wurfbatterie zusammengestellt und die jeweilige Ballgeschwindigkeit erfasst. Die Messungen zeigten im Vergleich zu Linoleum auf Taraflex® trotz höherer maximaler Ballgeschwindigkeit eine geringere Endgeschwindigkeit und damit einen erheblich höheren Geschwindigkeitsverlust (alle $p < 0.01$). Die mittleren bodenabhängigen Ballgeschwindigkeiten sowie der Geschwindigkeitsverlust sind in Tab. 1 dargestellt.

Betrachtet man hingegen nur die Wurftechnik Bouncer, so ist dies die einzige Wurfart, bei der keine bodenabhängigen Unterschiede der Ballgeschwindigkeiten und des Geschwindigkeitsverlustes festgestellt wurden ($p > 0,05$).

Die Wurfeffizienz änderte sich in der unmittelbaren Paralympics-Vorbereitung im Mittel nicht.

Ein weiteres wichtiges, jedoch nicht quantifizierbares Ergebnis dieser Phase war, dass sich die Athleten bereits in der Wettkampfvorbereitung an die spezifischen Eigenschaften des Paralympic-Hallenbodens gewöhnen konnten, da sie den direkten Einfluss auf den Stand bzw. das Drehen des Fußes beim Wurf antizipieren und berücksichtigen konnten.

3.2 Phase 2: Herren- und Damennationalmannschaften

Herren

Die Videoanalyse der Wurfbewegung ermöglichte, individuelle Technikmerkmale bei bestimmten Würfen zu erfassen, Schwächen zu erkennen und diesen durch individualisierte Trainingsmaßnahmen zu begegnen. Die Schwerpunktsetzung war individuell verschieden und lag z. B. bei einem Athleten auf der Rhythmisierung des Wurfes, bei einem anderen auf dem richtigen Stand beim Abwurf.

In Phase 2 erfolgten daher Modifizierungen der Wurfbatterien bei den Herren. Die Umstellung des Wurfbildes führte im Mittel zu einer Reduktion der maximalen Wurfgeschwindigkeit ($13,7 \pm 3,8$ m/s vs. $13,0 \pm 4,0$ m/s; $p < 0.05$), jedoch auch zu einem geringeren Geschwindigkeitsverlust ($4,9 \pm 2,3$ m/s vs. $4,1 \pm 2,3$ m/s; $p < 0.01$).

Hinsichtlich der Wurfeffizienz konnten im Mittel kaum Trainingseffekte festgestellt werden (Gesamttrefferquote 47,2 vs. 44,2 %.). Bei einzelnen Athleten konnte jedoch, wie in Abb. 1

Tab.1: Maximale und minimale Ballgeschwindigkeit sowie Geschwindigkeitsverlust in Abhängigkeit vom Untergrund

	Linoleum MW ± SD	Taraflex®MW ± SD	Signifikanz P	Effektstärke Cohen's d
vmax [m/s]	14,6 ± 3,0	15,7 ± 2,7	< 0,01	0,6
vmin [m/s]	9,9 ± 1,6	9,2 ± 1,3	< 0,01	0,5
vmax – vmin [m/s]	4,7 ± 1,7	6,5 ± 2,3	< 0,01	0,9

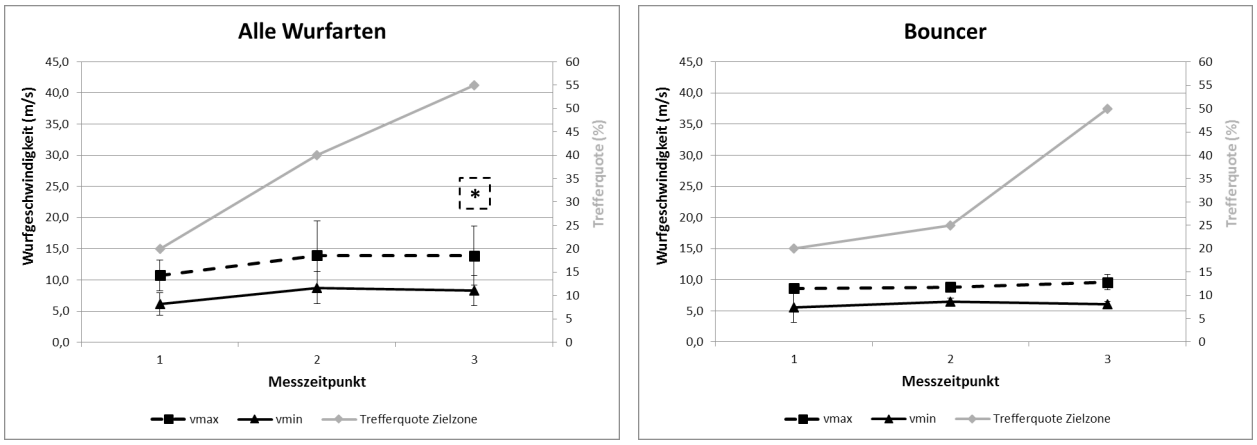


Abb. 1: Exemplarische Darstellung für einen Athleten von maximaler und minimaler Wurfgeschwindigkeit sowie Trefferquote im Verlauf

hier exemplarisch gezeigt, die Trefferquote der Würfe in dieser Projektphase gesteigert werden. Das linke Panel (Abb. 1) zeigt hierbei beispielhaft das Ergebnis für alle bei diesem Athleten getesteten Wurfarten zusammen. Das rechte Panel zeigt die deutliche Verbesserung der Wurfeffizienz für den Bouncer.

Damen

Auch bei den Damen ermöglichte die Videoanalyse, individuelle Technikmerkmale bei bestimmten Würfen zu erfassen, Schwächen zu erkennen und an diesen durch angepasste individualisierte Trainingsmaßnahmen zu arbeiten. Auch hier war die Schwerpunktsetzung individuell verschieden. Zum Beispiel wurde bei einer Athletin, der Hauptangreiferin der Damennationalmannschaft, ein Konzept erarbeitet, um bei akuter posttraumatischer Beeinträchtigung die Wurfhand zu wechseln.

Bei den Damen gab es nach 10 Wochen im Vergleich zur Basisuntersuchung keine signifikante Veränderung ($p > 0{,}05$) der maximalen (9,8 ± 2,0 vs. 9,9 ± 2,3 m/s) und minimalen (7,0 ± 1,0 vs. 7,0 ± 1,0 m/s) Ballgeschwindigkeiten sowie des Geschwindigkeitsverlustes (2,8 ± 1,7 vs. 2,9 ± 2,0 m/s).

Hinsichtlich der Wurfpräzision konnte im Vergleich zur Basisuntersuchung (47,3 %.) im Mittel eine leicht höhere Trefferquote (54,2 %.) festgestellt werden.

Einzelfalldarstellung der Athletin, bei der die Wurfhand gewechselt wurde: Werden beide getesteten Wurfarten zusammen betrachtet, änderte sich weder die maximale noch die minimale Wurfgeschwindigkeit. Die Trefferquote nahm im Mittel leicht ab. Auch bei der wurfspezifischen Betrachtung änderte sich die Wurfgeschwindigkeit nicht, die Trefferquote zeigte jedoch unterschiedliche Entwicklungen für flache gerade Würfe und Bouncer (Tab. 2).

Tab.2: Maximale und minimale Ballgeschwindigkeit sowie Geschwindigkeitsverlust und Trefferquote der Hauptangreiferin der Damennationalmannschaft vor und nach Wechsel der Wurfhand

	Messung 1			**Messung 2**		
Wurfart	**v_{max} [m/s] MW ± SD**	**v_{min} [m/s] MW ± SD**	**Trefferquote [%.]**	**v_{max} [m/s] MW ± SD**	**v_{min} [m/s] MW ± SD**	**Trefferquote [%.]**
flach und gerade	12,5 ± 0,4	7,0 ± 0,3	55	13,0 ± 0,8	6,8 ± 0,4	60
Bouncer	7,3 ± 0,6	5,3 ± 0,6	75	7,2 ± 0,5	5,6 ± 0,5	50
beide zusammen	10,0 ± 2,7	10,2 ± 3,0	62,5	6,2 ± 1,0	6,3 ± 0,8	55

4 Diskussion

Das Serviceforschungsprojekt ist im Rahmen seiner Möglichkeiten seinen Zielen gerecht geworden.

In Phase 1 ist die im Mittel etwas höhere maximale Wurfgeschwindigkeit auf dem Gerflor Taraflex®-Bodenbelag am ehesten dadurch zu erklären, dass diese Messungen verzögert durchgeführt werden mussten, da die Lieferung und das Verlegen des Bodens zu einem gewissen zeitlichen Verzug führte, und in dieser Zeit das Training sowohl in den Bereichen Kondition als auch Technik deutlich intensiviert worden war. Der größere Geschwindigkeitsverlust der Würfe auf dem Gerflor Taraflex®-Bodenbelag im Vergleich zum Linoleum war erwartet und ist durch die unterschiedlichen Bodeneigenschaften hinsichtlich Oberflächenbeschaffenheit, Dämpfung und Gleitreibungswiderstand bedingt. Da in der unmittelbaren Vorbereitung auf die Paralympics eine signifikante Steigerung der Wurfgeschwindigkeit nicht zu erwarten war, führten diese Ergebnisse zu dem Schluss, einen Fokus auf bestimmte Würfe wie z. B. den Bouncer zu setzen, bei dem kein Geschwindigkeitsverlust nachweisbar war. Durch seine Charakteristik gehört der Bouncer eher zu den langsameren Würfen, das Springen auf dem Gerflor Taraflex®-Bodenbelag macht ihn jedoch für den Gegner deutlich schwerer ausrechenbar und auf Grund der variablen Bounce-Länge und -Höhe schwerer zu blocken.

Auch wenn es sich bei dem im Rahmen des Projekts zur Verfügung stehenden Gerflor Taraflex®-Bodenbelag nur um ein halbes Spielfeld handelte, ermöglichte es den Athleten doch, wertvolle Erfahrungen bezüglich des Fuß-Bodenkontaktes bei Stand und Wurfbewegung zu sammeln. Hierdurch konnte individuell eine alternative Schuhwahl ausprobiert und ausgewählt werden. Als Nebeneffekt konnte zusätzlich auch ein Eindruck von der Akustik des Balls gewonnen werden, die aufgrund der unterschiedlichen Dämpfung ebenfalls anders ist.

In Phase 2 hingegen kamen bei den Herren die Ergebnisse der Videoanalyse mehr in den Fokus und die identifizierten individuellen Trainingsschwerpunkte wie optimierter Stand beim Abwurf und Wurf-Rhythmisierung. Im Rahmen des Projektes wurden bei der Wurfanalyse Beobachtungsmerkmale erarbeitet (wie z. B. flüssige Armbewegung, Bein-Rumpf-Arm-Koordination speziell in der Überholundvorspannphase, Geschwindigkeitssteigerung in der gesamten Beschleunigungsphase, Stützphase und Hüftposition etc.), die den Trainern ermöglichen, Fehler bzw. Technikverbesserungen direkt im Techniktraining zu verbalisieren und zu beeinflussen. In diesem Zusammenhang wurden zum Erlernen und Vertiefen neuer Technikelemente zusätzlich für das Techniktraining im Goalball neue methodische Ansätze der Rhythmisierung und räumlichen Orientierung sowie in Abhängigkeit von spezifischen Beobachtungsschwerpunkten zusätzlich unterschiedliche Ballgrößen und Ballgewichte genutzt.

Die Ergebnisse der Damenmannschaft zeigen hinsichtlich der Ballgeschwindigkeiten und Präzision eine gute Test-Retest-Reliabilität. Signifikante Trainingseffekte konnten nicht nachgewiesen werden. Der individualisierte Ansatz, nach demselben Muster durchgeführt wie bei den Herren, war dennoch in Einzelfällen sehr erfolgreich. Ein gutes Beispiel dafür ist die Athletin, bei der verletzungsbedingt ein Wechsel der Wurfhand notwendig war, um dennoch an der Europameisterschaft teilnehmen zu können. Trotz dieses Wechsels veränderten sich die Ballgeschwindigkeiten nicht. Die Athletin konnte bei der Europameisterschaft als Hauptangreiferin eingesetzt werden, was sicher als Erfolg des Trainings zu werten ist. Bei den flachen, geraden Würfen konnte durch das Training sogar eine geringe Verbesserung der Präzision (von 55 auf 60 %. Trefferquote) erreicht werden. Bei den Bouncern, einer komplexeren Wurftechnik, konnte die Athletin jedoch die zuvor erreichte sehr gute Effizienz nicht aufrechterhalten, sie verringerte jedoch den Geschwindigkeitsverlust des Balls von Verlassen der Wurfhand bis zum Auftreffen auf der Zielfläche im Tor bei unveränderter maximaler Ballgeschindigkeit.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Das Serviceprojekt mit sehr engem Kontakt zu Trainern und Spielern diente der Unterstützung der Vorbereitung der Herren für die Paralympics 2016 sowie beider Nationalteams für die Europameisterschaften 2017. Es ermöglichte u. a., wissenschaftlich begründete Trainingsschwerpunkte auf optimierten Stand bei Abwurf sowie Wurf-Rhythmisierung zu legen. Die Wurfanalyse mit Erarbeitung von spezifischen Beurteilungskriterien sowie die Modifizierungen des Wurftrainings wurden von den Trainern und Betreuern als gewinnbringend eingeschätzt. Diese Faktoren waren zielführend in der Steigerung der Wurfeffizienz (Wurfgeschwindigkeit und Präzision) von Spielerinnen und Spielern der Goalballnationalmannschaften und ermöglichten eine Weiterentwicklung spieltaktischer Elemente des Goalballs.

Das gute Abschneiden beider Mannschaften bei den Europameisterschaften 2017 kann sicher als ein Hinweis für eine sehr gute Vorbereitung gewertet werden. Das Damenteam konnte als Neuaufsteiger in den A-Pool den Klassenerhalt schaffen, und die Herren erzielten als jüngstes Team der gesamten Meisterschaft einen sensationellen zweiten Platz. Diese Silbermedaille ist das beste Ergebnis einer deutschen Goalballnationalmannschaft seit zehn Jahren. Im Sinne der Nachhaltigkeit und Weiterentwicklung der Sportart wäre eine längerfristige Zusammenarbeit von Wissenschaft und Praxis im Goalball wünschens- und erstrebenswert.

6 Literatur

IBSA Goalball Rules 2014-2017 (Version 1.0.5-Revised 3 Nov 14).

Lehto, H. & Laitinen. C. (2010). Posterpräsentation European Congress of Adapted Physical Activity, Jyväskylä.

Lehto, H. & Laitinen, C. (2012). *Match Analysis and a Comparison Between Winning and Losing Teams in Men's Elite Level Goalball*. Posterpräsentation IX World Congress of Performance Analysis of Sport, Worcester.

Molik, B., Morgulec-Adamowicz, N., Kosmol, A., Perkowski, K., Bednarczuk, G., Skowroński, W., Gomez, M. A., Koc, K., Rutkowska, I. & Szyman, R. (2015). Game Performance Evaluation in Male Goalball Players. *Journal of Human Kinetics, 48*, 43-51.

Owen, G. (2014). *Exploratory analysis of goalball: A regression based approach*. (Master's thesis). University of Chester, United Kingdom.

Weber, C. & Link, D. (2016). Performance Analysis in Goalball – Semiautomatic specific software tools. In: P. Chung, A. Soltoggio, C. W. Dawson, Q. Meng & M. Pain (Eds): *Proceedings of the 10th International Symposium on Computer Science in Sports (ISCSS)*, Vol. 392 of series Advances in Intelligent Systems and Computing, pp 157-160.

Entwicklung eines App-basierten Instruments zur Erfassung der wahrgenommenen Trainingsqualität und Wahrnehmungskongruenz von Athleten und Trainern im Volleyball (iQMvolley)

(AZ 072053/16-17)

Frank Hänsel[1] (Projektleitung), Sören Daniel Baumgärtner[2] (Projektleitung) & Sabine A. Krawietz[1]

[1]Technische Universität Darmstadt, Institut für Sportwissenschaft

[2]Goethe-Universität Frankfurt am Main, Institut für Sportwissenschaften

1 Problem

Zur Bestimmung und Optimierung der Qualität von Trainingsprozessen sind nicht nur objektive Daten (z. B. Trainingsumfänge, -intensität, -leistung), sondern auch die Beurteilungen von Athleten und Trainern zu berücksichtigten (Hänsel et al., 2013). Zum einen beeinflusst die wahrgenommene Trainingsqualität objektive Verhaltensmaße (z. B. die Befolgung des Trainingsplans), zum anderen sind ausgeprägte Inkongruenzen zwischen Athleten und Trainern wenig förderlich.

Qualität ist kein Merkmal, das a priori einer Leistung oder einem Produkt vorliegt (Schmitt & Pfeifer, 2010). Es ist das Ergebnis eines Bewertungsprozesses und nicht nur von der Beschaffenheit abhängig, sondern auch von den subjektiven Wahrnehmungen, Erwartungen, Bedürfnissen, Werten und Normen der Nutzer, Adressaten oder Beteiligten. Die Berücksichtigung von subjektiven Qualitätswahrnehmungen entspricht den aktuell diskutierten „kundenorientierten" oder Stakeholder-Ansätzen (Garvin, 1988; Zeithaml, Bitner & Gremler, 2013). In verschiedenen Handlungsfeldern zeigte sich der Nutzen dieser Ansätze im Hinblick auf Akzeptanz, Zufriedenheit und Bindung der Beteiligten, Leistung und ökonomische Vorteile (Hänsel et al., 2013).

Die Übereinstimmungen und Differenzen in der Wahrnehmung – nach Shields, Gardner, Bredemeier und Bostrom (1997) die Wahrnehmungskongruenz – ist bisher nur in einzelnen Studien thematisiert worden (zsf. Alfermann & Würth, 2009). Zwar wird dieser Aspekt in vielen Studien zum Führungsverhalten von Trainern und in Trainer-Athlet-Beziehungen systematisch untersucht, jedoch beschäftigen sich die meisten Studien mit der Übereinstimmung zwischen den Erwartungen von Athleten und dem tatsächlichen (oder wahrgenommenen) Trainerverhalten. Lorimer und Jowett (2009; 2011) weisen auf die zentrale Bedeutung eines geteilten kognitiven Fokus (die Ähnlichkeit der Partner im Denken und Fühlen bei der Beurteilung eines Themas) für eine erfolgreiche Partnerschaft in Trainer-Athlet-Dyaden hin und stellen fest, dass dieser eine wichtige Voraussetzung für eine höhere Empathie sowie die Identifikation und Lösung potentieller Konflikte ist (Jowett, 2009). Gleichermaßen wird die Koorientierung (das Ausmaß gemeinsamer Ziele, Vorstellungen, Werte und Erwartungen) als eine wichtige Größe für die Qualität einer Trainer-Athlet-Beziehung verstanden. In verschiedenen Studien zeigt sich ein positiver Einfluss auf die Zufriedenheit des Athleten, das physische Selbstkonzept und die Einstellung zum Sport, die Beurteilung des Zusammenhalts und des Führungsverhaltens des Trainers und nicht zuletzt auf die Leistung (zsf. Rhind & Jowett, 2011).

Auch jenseits genereller sozialpsychologischer Überlegungen zur Gestaltung der Trainer-Athlet-Beziehung, dem Führungsverhalten und der sozialen Kompetenz von Trainern, oder auch den Bedingungen erfolgreicher Kommunikation in professionellen Coachingsituationen (z. B. Alfermann & Würth, 2009; Borggrefe, 2008; Borggrefe & Cachay, 2013) scheinen überein-

stimmende Perspektiven zwischen Trainer und Athlet eine wichtige Voraussetzung erfolgreicher Partnerschaften zu sein.

Im Rahmen des Service-Forschungsprojekts sollte die Erfassung der wahrgenommenen Trainingsqualität und -belastungen auf eine eigenständige volleyballspezifische Applikation für Smartphones und Tablets erfolgen.

Die konkreten Ziele waren:

- die inhaltliche Adaptation an die spezifischen Beanspruchungsfaktoren und Trainingsinhalte des Sportspiels Volleyball,
- die Integration einer vergleichenden Auswertung auf Teamebene sowie
- technologisch die Entwicklung einer offline verfügbaren Applikation für alle gängigen Smartphones und Tablets.

2 Methode

Zunächst wurde in Vorbereitung auf den Interviewleitfaden eine Literaturrecherche zu physischen und psychischen Leistungsfaktoren im Volleyball Spitzensport in sportwissenschaftlicher Fachliteratur sowie volleyballspezifischen Fachzeitschriften durchgeführt.

Daraufhin erfolgten problemzentrierte, leitfadengestützte Einzelinterviews (Lamnek, 2005) mit N = 10 Bundes- und Landestrainern aus dem Hallen- und Beachvolleyball (9 männlich; Diplom-/A-Trainer-Ausbildung; M = 29 Jahre Trainererfahrung, eigene Bundesliga und Nationalteam-Erfahrung) und N = 1 Kaderathlet (männlich; über 100 Kader-A Nationalmannschaftseinsätze) aus dem Deutschen Volleyball Spitzensport, um die inhaltliche Adaptation an die spezifischen Beanspruchungsfaktoren und Trainingsinhalte des Sportspiels Volleyball und die Anwendung (Usability) der App vornehmen zu können. Die Stichprobenwahl erfolgte gemäß den Vorgaben des theoretischen Samplings.

Die Interviewfragen bezogen sich inhaltlich auf die wahrgenommene Trainingsqualität bzw. -beanspruchung (z. B. „Welche Beanspruchungsfaktoren sind für Ihre Trainingsplanung relevant?“, „Welche Beanspruchungsfaktoren erheben Sie selbst bzw. Ihr Trainerteam?“) sowie anwendungsorientiert auf die Ergebnisdarstellung (z. B. Einzel, Team, Kongruenz) und die Einsatzmöglichkeiten (z. B. vor oder nach einem Training bzw. Wettkampf).

Die Interviews wurden vollständig transkribiert. Danach führten zwei Kodierer eine qualitative Inhaltsanalyse mithilfe der QCAmap Software (Mayring, 2014) und in Anlehnung nach Mayring (2015) in fünf Schritten durch: (1) Fallbezogene Auswertung – Datenmaterial wurde (zunächst) fallweise gelesen, (2) Erstellung einer initialen Codeliste (deduktiv), (3) Segmentierung des Datenmaterials (Analyseeinheiten: Phrasen – Absätze; Codezuweisung zu entsprechendem Code) sowie nachfolgender Revision der Codeliste, Abgrenzung von ähnlichen Code und Präzisierung von Regeln zur Codeanwendung, (4) endgültige Segmentierung des Datenmaterials und (5) Analyse und Interpretation der Daten.

Auf Basis der Erkenntnisse der inhaltsanalytisch extrahierten Interviewaussagen und der Literaturrecherche fand eine Expertengruppenbefragung mit N = 40 Teilnehmern im Rahmen des 41. Internationalen Symposiums des Deutschen Volleyball-Verbandes statt. Dabei wurden die geplanten Module mit den entsprechenden Items vorgestellt, und es erfolgte eine Abfrage nach Vollständigkeit und Plausibilität der Module und Items aus Expertensicht (Inhaltsvalidität).

3 Ergebnisse

Die Kategorien aus der qualitativen Inhaltsanalyse der Trainer- und Athleteninterviews mit den fünf Hauptkategorien, *Leistungsfähigkeit*, *Externe Einflussfaktoren*, *wahrgenommene Trainingsqualität*, *App-Anwendung* und *Sonstiges*, und den dazugehörigen Subkategorien sind in Abb. 1 dargestellt.

Die segmentierten Aussagen wurden quantifiziert und die Übereinstimmung anhand des Interklassenkoeffizienten berechnet (r = .78). Zu den zentralen Aussagen für die Entwicklung der Applikation zählen: die Abfrage der Beanspruchungsfaktoren (nach einer Trainingseinheit) mit dem Faktor *Sprungkraft* und einem *mentalen* Faktor zu ergänzen und den Faktors *Ausdauer* wegzulassen; die Erfassung des Belastbar-

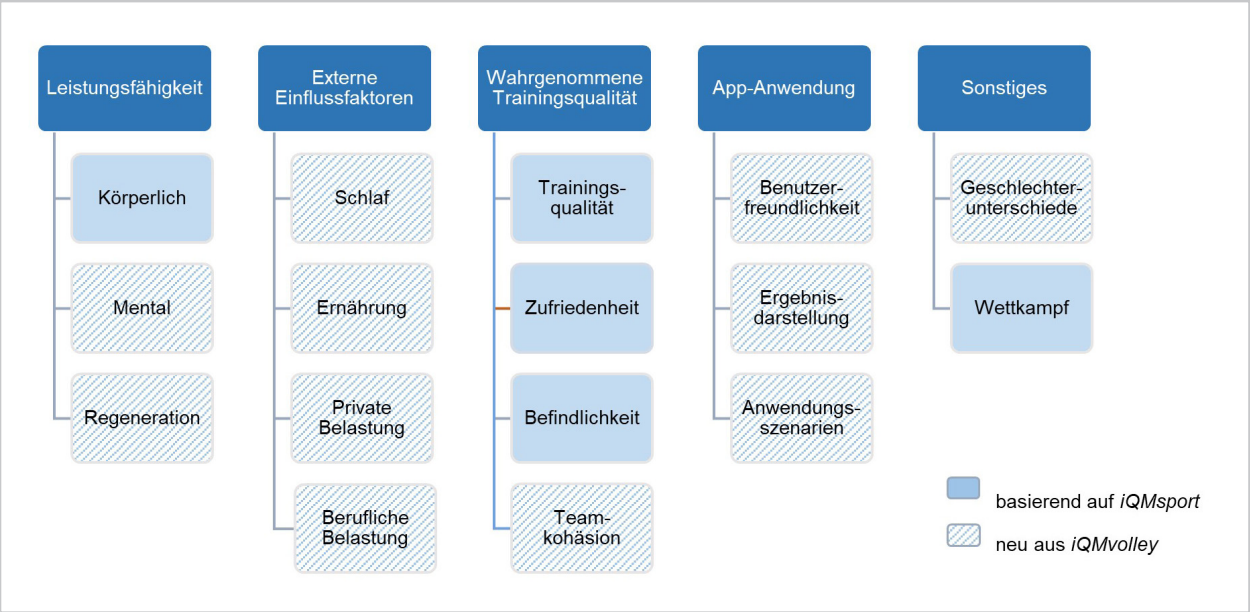


Abb. 1: Haupt- und Subkategorien der qualitativen Inhaltsanalyse aus den Trainer- und Athletenbefragungen.

keitszustands (körperlich und mental) vor einer Trainingseinheit zu ermöglichen; externe Einflussfaktoren, wie Schlaf (Dauer, Zeit des Schlafengehens und Aufstehens, Qualität), Ernährung (Ess- und Trinkverhalten) sowie Belastungen schulischer bzw. beruflicher (z. B. Prüfungen) und privater (z. B. Scheidung der Eltern) Natur zu ergänzen; die Möglichkeit, Erhebungszeitpunkte über Routinen abzubilden; Übersichtlichkeit in der Darstellung und intuitive Verwendung der App, u. a. durch einen modularen Aufbau der App-Inhalte, zu gewähren.

Für die Applikationsentwicklung ergaben sich aus den Ergebnissen der qualitativen Inhaltsanalyse und der Expertenbefragung neun relevante Faktoren, die als Dimensionen in der App behandelt wurden: (1) Beanspruchung, (2) Erholung, (3) Zufriedenheit, (4) Befindlichkeit, (5) Trainingsqualität, (6) Kohäsion, (7) Schlaf, (8) Ernährung (9) Schule/Ausbildung/Studium/Arbeit sowie (10) Familie/Beziehungen (siehe Tab. 1 auf Seite 4). Je nach Komplexitäts- und Ausdifferenzierungsgrad des jeweiligen Faktors wurden ein oder mehrere Items und entsprechende Antwortskalen erstellt. Grundlage bildeten dabei zusätzlich zu den Ergebnissen der aktuellen Erhebungen die in iQMsport bereits verwendeten sowie die von den Experten bereits eingesetzten, zumeist selbst erstellten, Items und Skalen.

Die entwickelte Applikation stellt sich strukturell wie folgt dar: Nach der einmaligen Registrierung erfolgt im ersten Schritt die Anmeldung. Im Anschluss erhält der Trainer die Möglichkeit, einzelne Bereiche (Dimensionen) für die geplante Erhebung auszuwählen (siehe Abb. 2). Im nächsten Schritt wird der Erhebungszeitpunkt festgelegt inklusive dem Tag und der Uhrzeit, zu der die Erhebung stattfinden soll. Über Routinefunktionen können Wiederholungstermine festgelegt werden. Abschließend wählt der Trainer die zu befragende Mannschaft oder Mannschaftsteile (Zuspieler, Mittelblocker etc.) aus, die er zuvor angelegt hat. Die Spieler bekommen zum eingestellten Zeitpunkt eine Nachricht (Push Note) auf dem Startbildschirm ihres Smartphones angezeigt, die sie auffordert, die vom Trainer ausgewählten Bereiche mit den entsprechenden Items zu beantworten (siehe Abb. 3). Der Trainer kann die Ergebnisse sofort einsehen (siehe Abb. 4a). und seine Trainingsplanung entsprechend modifizieren bzw. vor dem Training das Gespräch mit einzelnen Spielern oder der Mannschaft suchen. Ist der Trainer an der Analyse der Wahrnehmungskongruenz zwischen ihm und einem Spieler oder der Mannschaft interessiert, kann er die Items aus seiner Perspektive beantworten und seine Bewertungen und die der Spieler vergleichend betrachten (siehe Abb. 4b).

Tab. 1: Ergebnisse der qualitativen Inhaltsanalyse und dazugehörige Beispielitems.

Zuordnungsebene	Faktoren	Beschreibung	Beispiel-Items (Antwort-Skala)
(Trainings-) Intern	Beanspruchung	Körperlicher (Schnelligkeit, Sprungkraft, Taktik, Kraft, Koordination) und mentale Beanspruchungsfaktoren nach einer Trainingseinheit.	Wie beanspruchend war die letzte Trainingseinheit im Bereich Sprungkraft für Dich? *(Borg category ratio scale, CR10)*
	Erholung	Kurzfristige und langfristige Regeneration und Erholung.	Wie erholt fühlst Du Dich heute insgesamt? *(7-stufige Smiley-Skala)*
	Zufriedenheit	Zufriedenheit mit dem Training und Trainingsverlauf.	Wie zufrieden bist Du heute insgesamt? *(7-stufige Smiley-Skala)*
	Befindlichkeit	Aktuelle Befindlichkeitszustand für positive (wie mitteilsam, tatkräftig) sowie negative Emotionen (wie angespannt, zerstreut).	Bitte gib an, wie du dich in diesem Moment, hinsichtlich der folgenden Adjektive fühlst: angespannt. *(5-stufige Likertskala)*
	Trainingsqualität	Beurteilung des aktuellen Trainingstags in Bezug auf die persönliche Leistung und Anstrengung, die Betreuung des Trainers und der Beziehung zwischen Sportler(n) und Trainer.	Bezogen auf den Trainingstag, wie beurteilst Du Deine persönliche Leistung? *(9-stufige Likertskala)*
	Kohäsion	Zusammenhalt und Stimmung mit den unmittelbaren Mitspielern sowie im Team insgesamt.	Wie ist die Stimmung mit Deinen unmittelbaren Mitspielern? *(7-stufige Smiley-Skala)*
(Trainings-) Extern	Schlaf	Schlafdauer und -qualität.	Wie gut hast du letzte Nacht geschlafen? *(7-stufige Smiley-Skala)*
	Ernährung	Beurteilung von Ess- und Trinkqualität sowie Gewichtserfassung.	Bezogen auf deine Ernährung, wie beurteilst Du Dein heutiges Ess-/Trinkverhalten? *(7-stufige Smiley-Skala)*
	Schule/ Studium/ Arbeit	Derzeitige schulische, studien- und berufsbezogene Belastungen sowie die aktuelle Zufriedenheit in den entsprechenden Bereich.	Wie happy bist Du mit der Schule/Studium/Ausbildung/Arbeit? *(7-stufige Smiley-Skala)*
	Familie/ Beziehungen	Aktuelle Zufriedenheit mit bzw. Belastung durch familiäre und beziehungsbezogene Themen.	Wie belastet bist Du durch dein soziales Umfeld derzeit? *(9-stufige Likertskala)*

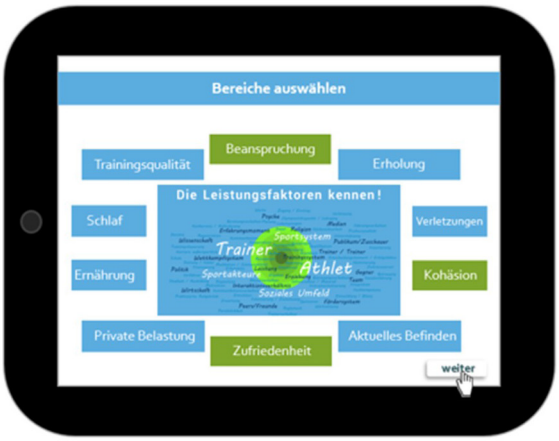


Abb. 2: Dimensionenauswahl bei iQMvolley

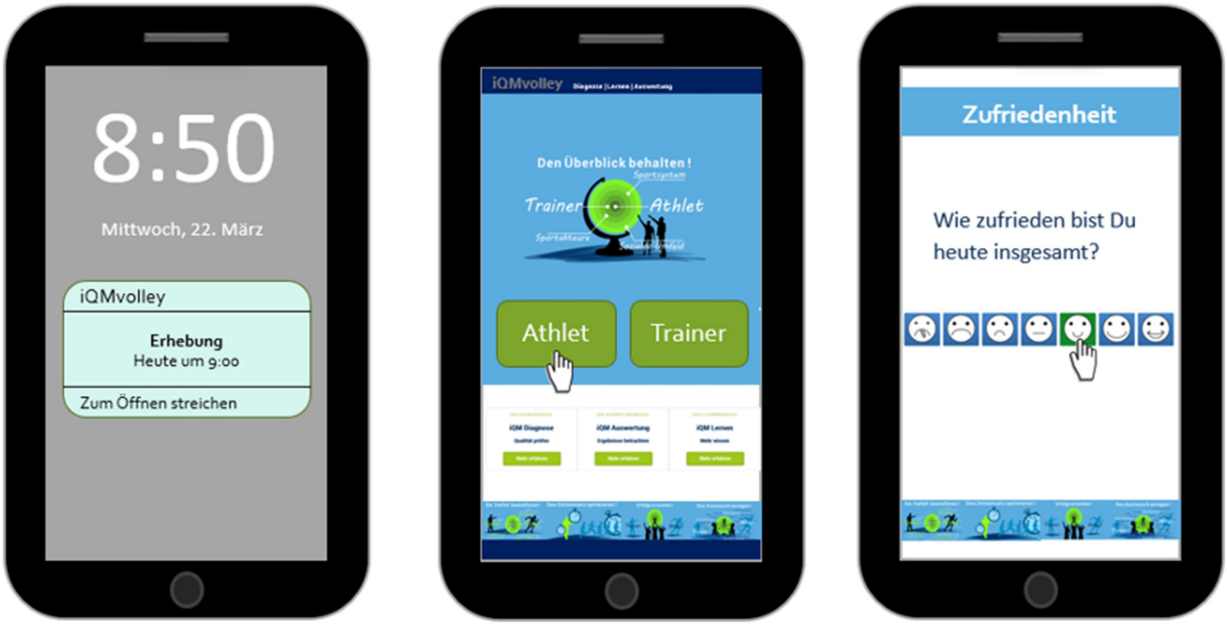


Abb. 3: Befragungserinnerung und -durchführung aus Athletensicht.



Abb. 4a: Ergebnisdarstellung eines spielers im zeitlichen Verlauf



Abb. 4b: Darstellung der Wahrnehmungskongruenz zwischen Trainer und Spieler

4 Diskussion

Das Integrierte Qualitätsmanagement im Volleyball (iQMvolley) ist ein App-basiertes, modular aufgebautes Instrument. Es richtet sich vorrangig an Trainer und Athleten, erscheint aber im gleichen Maße sinnvoll für Sportpsychologen, Funktionäre und Betreuer. Es ist einerseits ein Diagnosetool zur Selbstevaluation, das zur Bestimmung individueller Belastungs- und Beanspruchungsparameter von Training und Wettkampf (z. B. zur Feststellung des Status quo und zur Messung von Veränderungen von Entwicklungsverläufen) verwendet werden kann. Andererseits kann es der Erfassung von Übereinstimmung subjektiver Qualitätswahrnehmungen zwischen Trainern und Athleten als Mittel einer gestützten Kommunikation dienen.

Aktuell werden in einer Beta-Phase die Items und Skalentypen auf Plausibilität geprüft. Außerdem wird eine Analyse der Benutzerfreundlichkeit der Applikation mit verschiedenen Trainern und Teams durchgeführt (u. a. einer Herren-Bundesliga-Mannschaft sowie verschiedenen Beachvolleyball-Bundeskadern). Nach gegebenenfalls entsprechenden Modifikationen soll die Applikation Ende des Jahres frei verfügbar online stehen.

Schon in der Entwicklungsphase wurde das Projekt Teilnehmern des DVV-Symposiums ebenso vorgestellt (Baumgärtner, Krawietz & Hänsel, i. D.) wie Besuchern des Sportpsychologie-Kongresses der asp 2017 in Bern im Rahmen einer Poster Präsentation (Krawietz, Baumgärtner & Hänsel, 2017).

Aus Sicht der beteiligten Experten ist sie ein hilfreiches Tool, einfach und schnell den momentanen Trainingszustand der Spieler zu überprüfen und somit die Trainingssteuerung zu erweitern. Der U21 DVV-Bundestrainer Beach-Volleyball Elmar Harbrecht hebt dabei insbesondere hervor, dass mit iQMvolley gerade junge Athletinnen und Athleten lernen können, ihre empfundene Belastung besser einzuschätzen. Für ihn als Trainer ergibt sich zudem die Chance, seine gewünschte Belastungsqualität mit der vom jeweiligen Spieler empfundenen Belastung zu vergleichen und gegebenenfalls sein Training anpassen zu können. Der DVV-Wissenschaftskoordinator Christian Hohmann sieht darüber hinaus in iQMvolley die Möglichkeit, junge Sportlerinnen und Sportler über ihre bevorzugten modernen Kommunikationskanäle „abzuholen“ und so die Zusammenarbeit zu verbessern.

5 Literatur

Alfermann, D. & Würth, S. (2009). Gruppenprozesse und Intergruppenbeziehungen. In W. Schlicht (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie Grundlagen der Sportpsychologie* (S. 719-777). Göttingen: Hogrefe, Verlag für Psychologie.

Baumgärtner, S. D., Krawietz, S. & Hänsel, F. (i. D.). Entwicklung eines App-basierten Instruments zur Erfassung der wahrgenommenen Trainingsqualität und Wahrnehmungskongruenz von Athleten und Trainern im Volleyball (iQMvolley). In K. Langolf & R. Roth (Hrsg.), *Volleyball international in Forschung und Lehre*. 41. Internationales Hochschul-Symposium des deutschen Volleyball-Verbandes. Hamburg: Feldhaus.

Borggrefe, C. (2008). *Kommunikation im Spitzensport – Theoretische Reflexionen zu kommunikativen Erfolgsstrategien von Trainern*. Schorndorf: Hofmann.

Borggrefe, C. & Cachay, K. (2013). Communicative challenges of coaches in an elite-level sport system: theoretical reflections on successful coaching strategies. *European journal for sport and society, 10* (1), 7-29.

Garvin, D. A. (1988). *Managing quality: The strategic and competitive edge*. New York, London: Free Press.

Hänsel, F., Werkmann, S., Schulz, C. & Kappes, E. (2013). Trainings- und Wettkampfqualität aus Athleten- und Trainersicht. Eine mehrdimensionale Systematik kritischer Ereignisse. *Leistungssport, 43* (2), 4-10.

Jowett, S. (2009). Validating Coach-Athlete Relationship Measures with the Nomological Network. *Measurement in physical education & exercise science, 13* (1), 34-51.

Krawietz, S., Baumgärtner, S. D. & Hänsel, F. (2017). Entwicklung einer App zur Erfassung der wahrgenommenen Trainingsqualität und Wahrnehmungskongruenz von Athleten und Trainern im Volleyball (iQMvolley). In A. Conzelmann (Hrsg.),

Gelingende Entwicklung im Lebenslauf. 49. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie (asp) vom 25. bis 27. Mai 2017 in Bern. Unveröffentlichter Tagungsband: Universität Bern.

Lamnek, S. (2005). *Qualitative Sozialforschung: Lehrbuch* (4. Aufl.). Weinheim: Beltz.

Lorimer, R. & Jowett, S. (2009). Empathic Accuracy, Meta-Perspective, and Satisfaction in the Coach-Athlete Relationship. *Journal of applied sport psychology, 21* (2), 201-212.

Lorimer, R. & Jowett, S. (2011). Empathic accuracy, shared cognitive focus, and the assumptions of similarity made by coaches and athletes. *Journal of sport psychology, 42* (1), 40-54.

Mayring, P. (2014). *QCAmap: A software for Qualitative Content Analysis* (Computer Software). Zugriff unter http://www.qcamap.org

Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12. überarbeitete Aufl.). Weinheim: Beltz.

Rhind, D. J. A. & Jowett, S. (2011). Linking maintenance strategies to the quality of coach-athlete relationships. *International journal of sport psychology, 42* (1), 55-68.

Schmitt, R. & Pfeifer, T. (2010). *Qualitätsmanagement. Strategien – Methoden – Techniken*. München: Hanser.

Shields, D. L. L., Gardner, D. E., Bredemeier, B. J. L. & Bostrom, A. (1997). The relationship between leadership behaviors and group cohesion in team sports. *Journal of psychology, 131*, 196-210.

Zeithaml, V. A., Bitner, M. J. & Gremler, D. D. (2013). *Services marketing: Integrating customer focus across the firm*. Boston: McGraw-Hill.

Hockey-spezifische metabolische Beanspruchung, Metabolic Power und Energieumsatz (MetPower-Hockey)

(AZ 072056/16-17)

Petra Platen (Projektleitung), Tillmann Bockhorst[1] & Jan Venzke
Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Sportmedizin und Sporternährung)

[1]Athletiktrainer Deutscher Hockey Bund

1 Problem

In den vergangenen Jahren wurden in den Spielsportarten zunehmend Bewegungs-Analyse-Systeme (Video-, Radar- oder GPS-basiert) eingesetzt, um die Körperbewegungen von Spielern und Spielerinnen möglichst objektiv zu erfassen, physiologische Reaktionen abzuleiten und letztlich die Leistung zu optimieren. Grundsätzlich kann die detaillierte Analyse von Beanspruchungen in Spielen helfen, Trainingsmaßnahmen entsprechend anzupassen. Die Analyse der Belastungen einzelner Trainingsmaßnahmen individueller Spieler bzw. Spielerinnen wiederum hilft, die Gesamtbeanspruchung zu justieren und Periodisierungen zu adaptieren, um Überbelastungen zu vermeiden und eine optimale Leistungsentwicklung bzw. in hohen Belastungsphasen eine Leistungsstabilisierung zu gewährleisten.

Bei derartigen Bewegungsanalysen wurden in verschiedenen Spielsportarten zunächst meist die ausschließliche Beschreibung von Laufgeschwindigkeiten herangezogen und Parameter ermittelt wie gesamte Laufstrecke, Laufen mit hoher und höchster Geschwindigkeit und detailliertere Sprintprofile. Etwas später wurde die Analyse von Beschleunigungen hinzugezogen, da bei vielen maximalen kurzen Bewegungen Zeit und Strecke zu kurz sind, um hohe Geschwindigkeiten zu erreichen, dennoch aber eine sehr hohe metabolische und mechanische Beanspruchung vorliegt (Luig et al., 2008; Gabbett, 2010; Manchado et. al., 2013; Coutts et al., 2015). Seit kurzem steht ein mathematisches Tool zur Verfügung, das erlaubt, aus den Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverläufen einzelner Spieler bzw. Spielerinnen weitere enorm wichtige metabolische Kenngrößen, nämlich den Energieumsatz und die sogenannte „Metabolic Power" (in Watt/kg), zu berechnen, ohne dass hierzu direkte Messungen des Energieumsatzes mittels Spirometrie während Spiel- und Trainingsbelastungen notwendig sind (Osgnach et al., 2010; di Prampero et al., 2015). Damit ist es erstmals möglich, die tatsächliche metabolische Beanspruchung während einzelner Spielabschnitte und Trainingsmaßnahmen nahezu zeitgleich allein aus dem Bewegungs- (Geschwindigkeits- und Beschleunigungs-) Profil zu quantifizieren und zu analysieren. Darüber hinaus lassen sich auch individualisierte Kalorienzufuhrempfehlungen ableiten und somit das Leistungsvermögen unter Belastung optimieren.

Die Analyse der Energiekosten erfolgt nach di Prampero et al. (2005) mit einer kompelxen Formel. Basis für die Berechnung ist, dass das beschleunigte Laufen auf ebenem Untergrund biomechanisch äquivalent zum Bergauflaufen bei konstanter Geschwindigkeit ist. Die Energiekosten berechnen sich dann wie folgt:

$$C_{sr} = (155{,}4ES^5 - 30{,}4ES^4 - 43{,}3ES^3 + 46{,}3ES^2 + 19{,}5ES + 3{,}6) * EM$$

C_{sr} stellt die Energiekosten beim beschleunigten Laufen dar, ES (equivalent slope) entspricht der Steigung bzw. der Vorwärtsneigung des Oberkörpers zum Untergrund [ES = tan (90-arctan g / a_f); g entspricht der Erdbeschleunigung, a_f ist die Vorwärtsbeschleunigung], EM ist die äquivalente Masse [EM = $(a_f^2 / g^2 + 1)^{0{,}5}$]. 3.6 J kg^{-1} min^{-1} entspricht laut Minetti et al. (2002) den

Energiekosten bei konstantem Laufen auf ebenem Untergrund. Demnach lassen sich aus den Geschwindigkeiten und gleichzeitig vorliegenden Beschleunigungen die Energiekosten analysieren.

Im Rahmen des Projektes wurden folgende Teilstudien realisiert:

1. Vergleichende Analyse des Energieumsatzes mittels MetPower-Analyse und direkter Messung (Spirometrie) bei Geradeausläufen und 360° Shuttleruns mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Hockeyschläger in unterschiedlicher Körperhaltung;
2. Analyse des MetPower-Profils aus Bewegungsdaten von Trainingseinheiten im Rahmen eines Nationalmannschafts-Trainingslagers (Zentrallehrgang 2017) und
3. Analyse des MetPower-Profils aus Bewegungsdaten von U21-Weltmeisterschaften und Olympischen Spielen.

2 Methode

2.1 Teilstudie 1

An der Studie nahmen 11 Sportstudierende teil, die durch ihr Sportstudium über Erfahrungen im Hockey verfügten. An jedem von 3 Testtagen absolvieren die Probanden bzw. Probandinnen randomisiert fünf 20-m-Shuttle-Runs sowie drei Bahnläufe auf Kunstrasen über fünf Minuten mit einer 10-minütigen Regenerationsphase. Die Läufe wurden zum einen ohne Hockeyschläger aufrecht, mit Hockeyschläger in einer Hand aufrecht und mit Hockeyschläger beidhändig aufrecht (sowohl Shuttle-Runs als auch Bahnläufe) durchgeführt. Die verbleibenden Shuttle-Runs wurden mit dem Hockeyschläger am Boden geführt in gebückter Form (einhändig und beidhändig) absolviert. Die Wahl der Geschwindigkeiten fiel auf 7, 9 und 11 km/h. Die Bewegungen wurden mit Hilfe eines 5 Hz Global Position Systems (GPS) der Firma GPSports aufgezeichnet, Atemgase wurden durch eine portable Spirometrie (Oxycon Mobile, Jäger) gemessen und der Energieumsatz berechnet (Goldstandard).

2.2 Teilstudie 2

Als Probandinnen standen 28 Spielerinnen des A – Kaders im Rahmen des Zentrallehrgangs 2017 zur Verfügung. Die Spielerinnen wurden bei spezifisch ausgewählten Trainingsinhalten sowohl mit portabler Spirometrie als auch mit GPS– und Kinexon-Sendern ausgestattet. Hierzu wurden jeweils mit 2 Systemen parallele Messungen mit der Spirometrie durchgeführt.

2.3 Teilstudie 3

Als Probandinnen und Probanden standen 16 Spielerinnen des Olympiakaders der Olympischen Spiele in Rio, und 17 Spielerinnen des Kaders der U21 – Weltmeisterschaft (Damen) in Santiago de Chile zur Verfügung. Daten von der U21-WM der Herren konnten leider wegen technischer Probleme nicht ausgewertet werden.

Bei den Olympischen Spielen wurden GPS-Aufzeichnungen durchgeführt und analysiert, bei der U21-WM zusätzlich Kinexon-Aufzeichnungen.

3 Ergebnisse

3.1 Teilstudie 1

Die 11 Probanden bzw. Probandinnen absolvierten jeweils acht Einzelläufe während jeder der drei Testungen, was insgesamt einer Anzahl von 264 Läufen entspricht. In Tab. 1 dargestellt sind die durch die Spirometrie gemessenen und die anhand der GPS-Daten mit der Formel nach di Prampero et al. (2005) errechneten Energiekosten für die gesamten Läufe mit Hockeyschläger. Auf allen 3 Geschwindigkeitsstufen lagen die rechnerisch ermittelten Energieumsätze signifikant unter den per Spirometrie gemessenen. Die Unterschätzung betrug bei 7 km/h 14 %, bei 9 km/h 18 % und bei 11 km/h 16 %.

Tab. 1: Gemessene und berechnete Gesamtenergiekosten der Einzelläufe bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten (MW ± SD)

Energiekosten (EK)		
Laufgeschwindigkeit	EK_{SM} (kJ)	EK_{GPS} (kJ)
7 km/h	1361,7 ± 175,6	1168,5 ± 129,2 **
9 km/h	1838,2 ± 149,8	1505,6 ± 190,2 **
11 km/h	2319,1 ± 352,6	1938,8 ± 261,8 **

EK_{SM} = gemessene Energiekosten durch Spirometrie;
EK_{GPS} = Errechnete Energiekosten anhand der GPS-Daten nach di Prampero et al. (2005);
***: 2 p < 0.01 EKGPS vs. EKSM*

Der Mittelwertvergleich der Summe aller Einzelläufe einer Geschwindigkeitsstufe zeigte eine signifikante Unterschätzung (2 p < 0,05) der nach di Prampero et al. (2005) berechneten Energiekosten aller fünf Shuttle-Runs gegenüber den spirometrisch gemessenen Energiekosten, jedoch keine signifikanten Unterschiede bei allen Bahnläufen einschließlich der Läufe mit Führen des Hockeyschlägers in aufrechter Haltung ein- oder beidhändig (Abb. 1). Auch innerhalb der jeweiligen Geschwindigkeitskategorien zeigten die durch die GPS-Daten berechneten Energiekosten eine signifikante Unterschätzung (2 p < 0,05) gegenüber den spirometrisch gemessenen Energiekosten bei allen Shuttle-Runs, nicht aber bei den Bahnläufen.

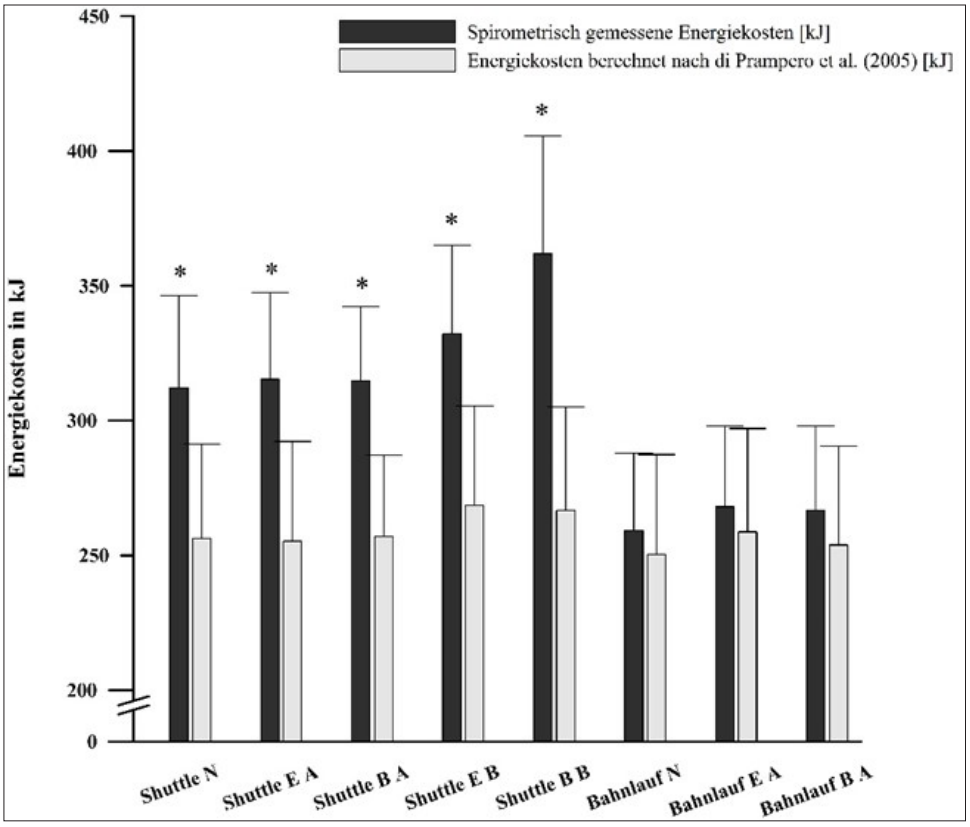


*Abb. 1: Mittelwertvergleich der spirometrisch gemessenen und nach dem Ansatz von di Prampero et al. (2005) berechneten Energiekosten der Läufe aller Geschwindigkeiten (*2 p < 0,05);*
N = ohne Hockeyschläger(HS);
E A = HS in einer Hand aufrecht;
B A = HS in beiden Händen aufrecht;
E B = HS in einer Hand am Boden geführt;
B B = HS mit beiden Händen am Boden geführt

Die prozentuale Unterschätzung ist in Tab. 2 dargestellt. Sie betrug für normales Laufen und Führung des Hockeyschlägers aufrecht sowie einhändig am Boden zwischen 15 und 22 %, und für beidhändiges Führen am Boden zwischen 23 und 31 %. Diese Form der hockeyspezifischen Fortbewegung ist demnach energetisch deutlich aufwändiger und ergibt eine etwas höhere Unterschätzung bei Berechnung des Energieumsatzes aus den Bewegungsdaten.

3.2 Teilstudie 2

Der Vergleich der gemessenen und anhand der Formel errechneten Energiekosten bei verschiedenen hockey-spezifischen Belastungen im Kontext eines realen Trainingslagers mit multiplen Richtungswechseln zeigt insgesamt für die zwei Systeme, die in die Auswertung einbezogen werden konnten, erhebliche Unterschätzungen des Energieumsatzes. Diese Unterschätzung liegt mit ca. 40 – 50 % deutlich über den Unterschätzungen, die durch standardisierte Richtungswechselläufe (siehe oben) zwischen 15 und 30 % je nach Schlägerführung bestimmt wurden (Abb. 2, 3 und 4).

Tab. 2: Absolute (KJ) und prozentuale (%) Unterschätzung der berechneten Energiekosten nach di Prampero et al. (2005) gegenüber den spirometrisch gemessenen Energiekosten aller fünf Shuttle-Runs (Differenz der Mittelwerte mit Standardabweichung; MW ± SD)

Shuttle-Runs

	Normal	Einhändig aufrecht	Beidhändig aufrecht	Einhändig Boden	Beidhändig Boden
7 km/h MW ± SD	15,4% * 34,3 ± 24,3	14,6% * 32,3 ± 21,2	14,6% * 33,2 ± 25,9	16,9% * 39,9 ± 19,8	25,9% * 69,1 ± 39,3
9 km/h MW ± SD	15,9% * 46,7 ± 38,3	20,7% * 63,2 ± 32,3	20,6% * 62,4 ± 39,5	21,7% * 71,2 ± 35,0	31,1% * 117,6± 27,8
11 km/h MW ± SD	21,5% * 88,0 ± 37,7	20,8% * 84,9 ± 51,9	19,8% * 80,6 ± 45,0	19,1% * 80,6 ± 60,0	23,1% * 99,2 ± 71,2

Normal= ohne Hockeyschläger(HS);
Einhändig aufrecht = HS in einer Hand aufrecht;
Beidhändig aufrecht = HS in beiden Händen aufrecht;
Einhändig Boden = HS in einer Hand am Boden geführt;
*Beidhändig Boden = HS mit beiden Händen am Boden geführt (*2p < 0,05)*

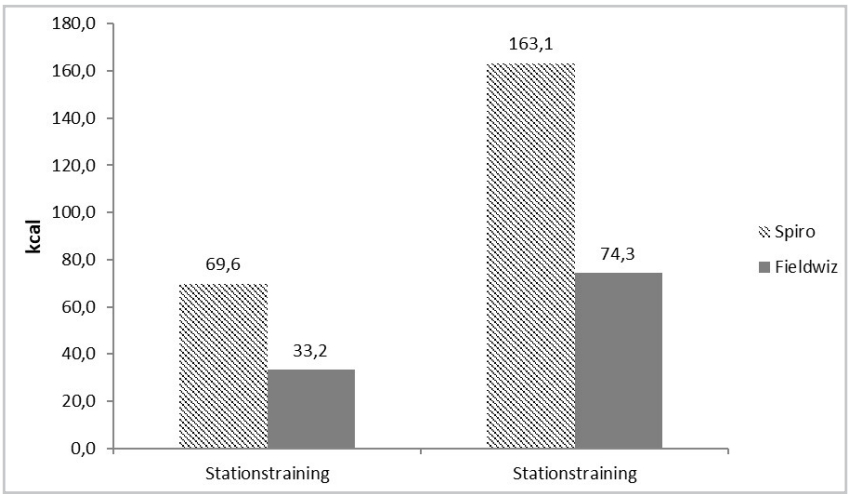


Abb. 2: Vergleich der Energiekosten unter dem parallelen Einsatz verschiedener Systeme für ein hockey-spezifisches Stationstraining während des Zentrallehrgangs der A-Kader-Damen im Jahr 2017

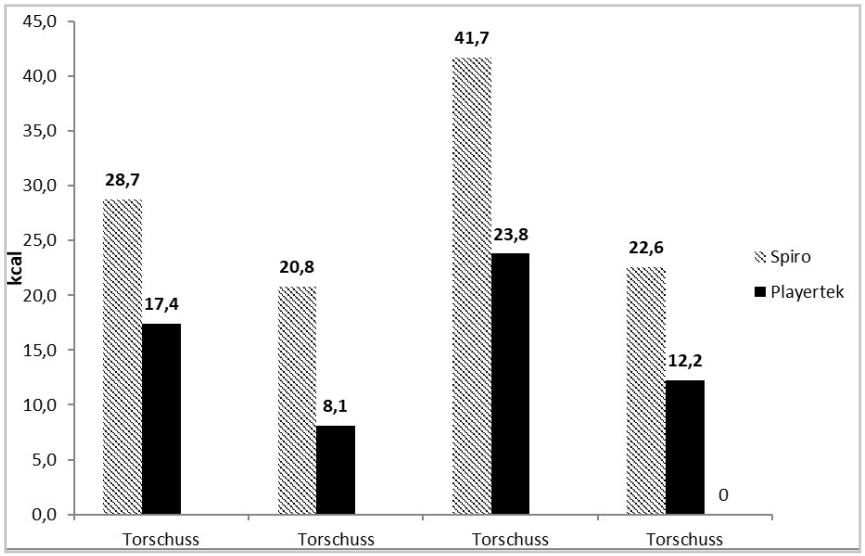


Abb. 3: Vergleich der Energiekosten unter dem parallelen Einsatz verschiedener Systeme für ein hockey-spezifisches Torschusstraining während des Zentrallehrgangs der A-Kader-Damen im Jahr 2017

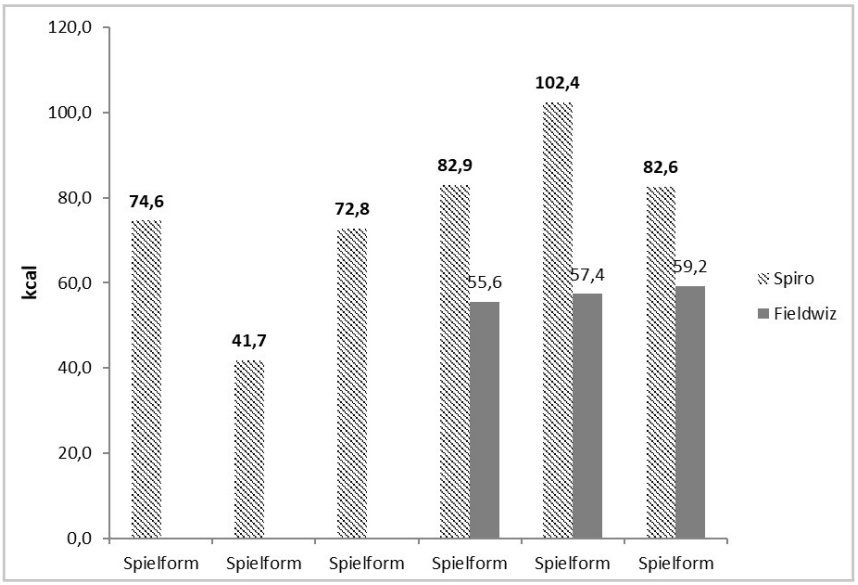


Abb. 4: Vergleich der Energiekosten unter dem parallelen Einsatz verschiedener Systeme für hockey-spezifische Spielformen während des Zentrallehrgangs der A-Kader-Damen im Jahr 2017

3.3 Teilstudie 3

Die A-Kader-Spielerinnen wiesen während der Olympischen Spiele teilweise deutliche interindividuelle Unterschiede im zeitlichen Verteilungsmuster der 5 zu differenzierenden Power-Kategorien auf. Alle Spielerinnen waren in der Lage, hohe Geschwindigkeiten zu erzielen und erreichten somit auch entsprechend hohe Power-Werte über 55 Watt pro KG Körpergewicht. Die zusammenfassende Darstellung der zeitlichen Verteilung in den Power-Kategorien für die Mannschaftsteile Verteidigung, Mittelfeld und Sturm ist aus den folgenden Abbildungen ersichtlich.

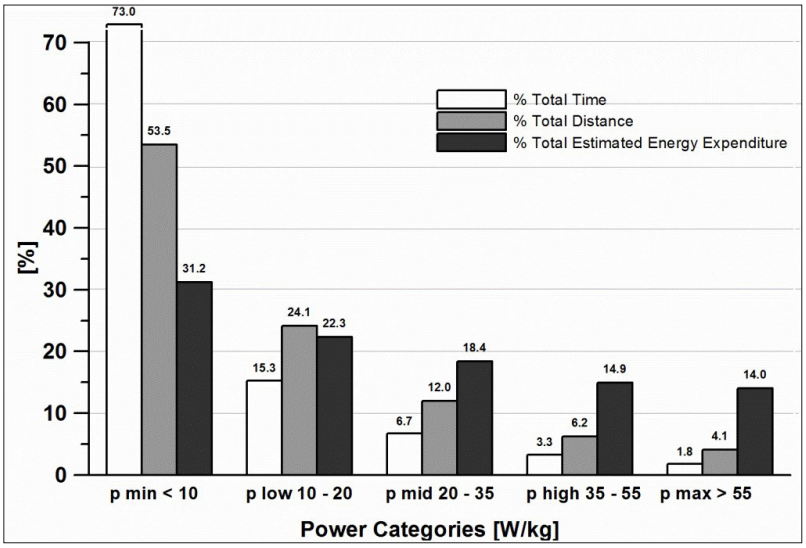


Abb. 5: Zeit, Distanz und kalkulierte Energiekosten in den Power Kategorien [W/KG] pro Spiel, Mannschaftsteil Verteidigung

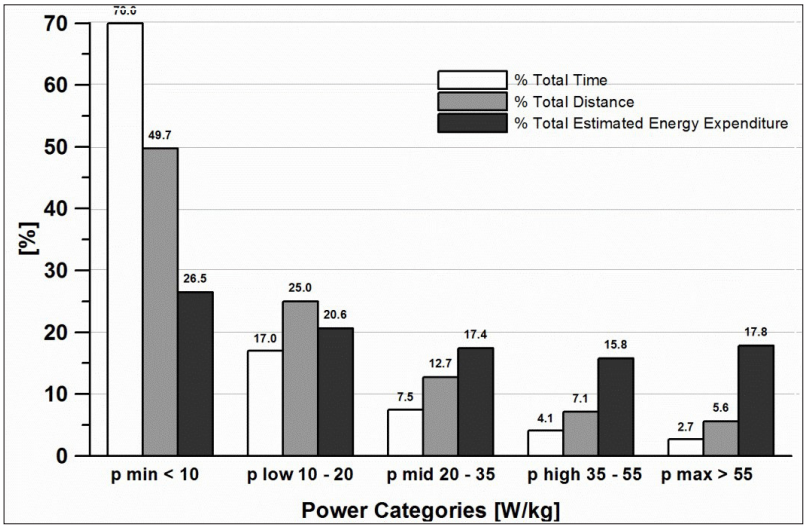


Abb. 6: Zeit, Distanz und kalkulierte Energiekosten in den Power Kategorien [W/KG] pro Spiel, Mannschaftsteil Mittelfeld

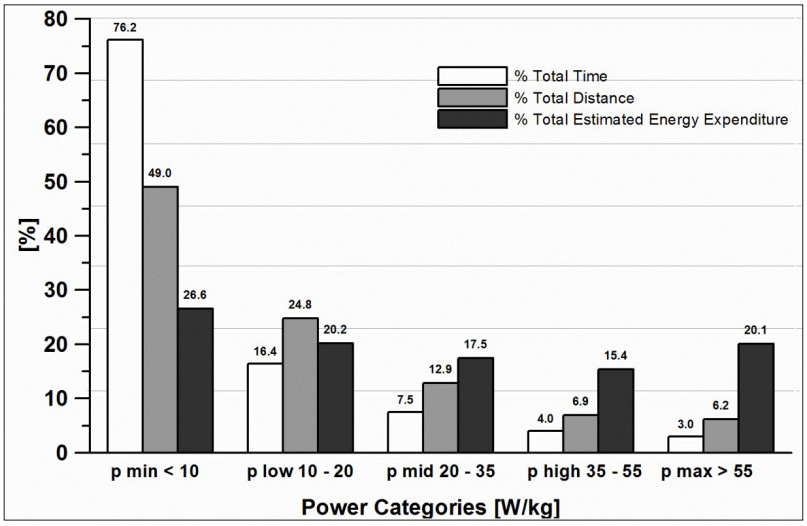


Abb. 7: Zeit, Distanz und kalkulierte Energiekosten in den Power Kategorien [W/KG] pro Spiel, Mannschaftsteil Sturm

Grundsätzlich fällt auf, dass die reine Analyse der prozentualen Verteilung der Gesamtzeit und Gesamtdistanz in den Kategorien in allen drei Mannschaftsteilen zu einer klaren Dominanz der niedrigen und mittleren Kategorein führt. Die Darstellung der prozentualen Verteilung des Energieumsatzes spiegelt hier jedoch die metabolische Belastung sehr viel klarer wider und zeigt eine viel harmonischere Verteilung in den 5 Kategorien. Die deutlichsten Mannschaftsteil-Unterschiede finden sich in der niedrigsten und höchsten Power-Kategorie. Während die Verteidigerinnen deutlich mehr Zeit in der niedrigen, und weniger Zeit in der höchsten Kategorie aufwiesen, war das Muster bei den Stürmerinnen zugunsten der höchsten Kategorie verschoben. Die Mittelfeldspielerinnen lagen genau zwischen beiden. In den drei mittleren Power-Kategorein war das zeitliche Verteilungsmuster bzgl. des Gesamtenergieumsatzes zwischen den drei Spielpositionen vergleichbar.

Die U21-Spielerinnen wiesen bei der WM insgesamt verglichen mit dem A-Damen-Team während der Olympischen Spiele deutlich höhere Anteile in den niedrigen Power-Kategorien auf (Abb. 8).

4 Diskussion

4.1 Teilstudie 1

Der Vergleich der gemessenen und anhand der Formel errechneten Energiekosten aller hockeyspezifischen Läufe zeigt eine signifikante Unterschätzung der Energiekosten durch die Formel. Hier fällt auf, dass unabhängig von der Laufgeschwindigkeit alle Shuttle-Runs einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Messverfahren aufweisen, wohingegen sich die gemessenen und errechneten Energiekosten bei konstantem Geradeauslaufen nicht unterscheiden. Dies belegt die Korrektheit des in der Formel angegebenen Faktors für das Geradeauslaufen von 3.6. Die Unterschätzung der Formel nach di Prampero et al. (2005) wird bei Shuttle-Runs durch die hockeyspezifische, veränderte und energetisch intensivere Körperposition bei beidhändigem Führen des Schlägers am Boden erwartungsgemäß größer.

Die beschriebenen systematischen Unterschätzungen des Energiebedarfs zwischen 15 und 22 % bei den meisten Laufbelastungen mit Richtungswechsel bzw. von 23 bis 31 % bei beidhändigem Führen des Schlägers am Boden muss

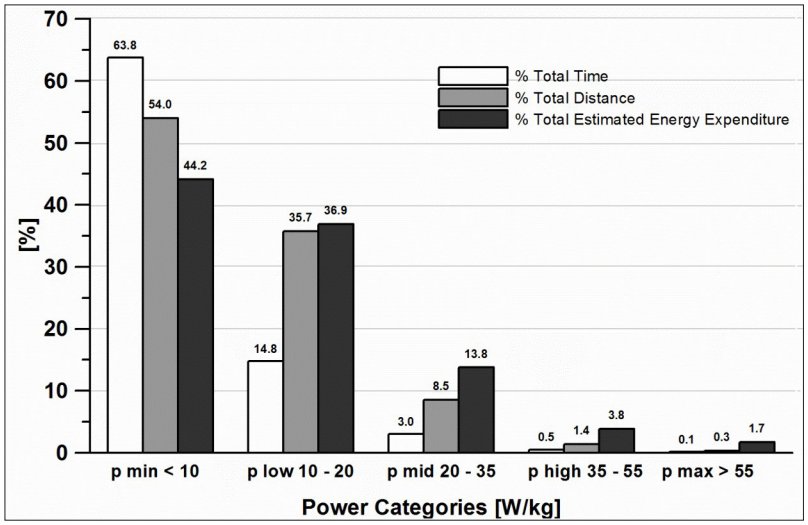


Abb. 8: Zeit, Distanz und kalkulierte Energiekosten in den Power Kategorien [W/KG] pro Spiel bei der U21-WM der Damen

demnach bei der Anwendung der Formel aus GPS- oder sonstigen Bewegungsdaten berücksichtigt und als Korrektur einbezogen werden.

4.2 Teilstudie 2

Die ermittelte systematische Unterschätzung des Energiebedarfs aus Bewegungsdaten bei hockeyspezifischen Bewegungsabläufen war mit 40-50 % erheblich und muss demnach bei der Anwendung der Formel aus GPS- oder sonstigen Bewegungsdaten bei hockey-spezifischen Belastungsformen berücksichtigt und als Korrektur einbezogen werden.

4.3 Teilstudie 3

Interessanterweise zeigte die Gesamtteam-Analyse der Damenspiele während der Olympischen Spiele in Rio ein deutlich intensiveres Power-Verteilungsmuster verglichen mit in der Literatur publizierten Daten im männlichen Fußball (Osgnach 2010, Abb. 9). Zu berücksichtigen ist hierbei jedoch, dass die Hockeyspiele insgesamt 30 min kürzer sind im Vergleich zu den Fußballspielen und dass die gesamte Spielzeit für jede einzelne Spielerin durch das Inter-Changing nochmals deutlich kürzer ausfällt. Anders ist eine so hohe metabolische Beanspruchung auch gar nicht zu leisten. In der Konsequenz bedeuten die Analysen, dass das metabolische Beanspruchungsprofil zwischen den Spielpositionen deutlich unterschiedlich ist. Dies sollte sich einerseits in athletischen Trainingsmaßnahmen widerspiegeln, die bei Stürmerinnen eher auch hochintensive Belastungen entwickeln sollten, und andererseits möglicherweise bei der Selektion von Spielerinnen für verschiedenen Positionen Berücksichtigung finden.

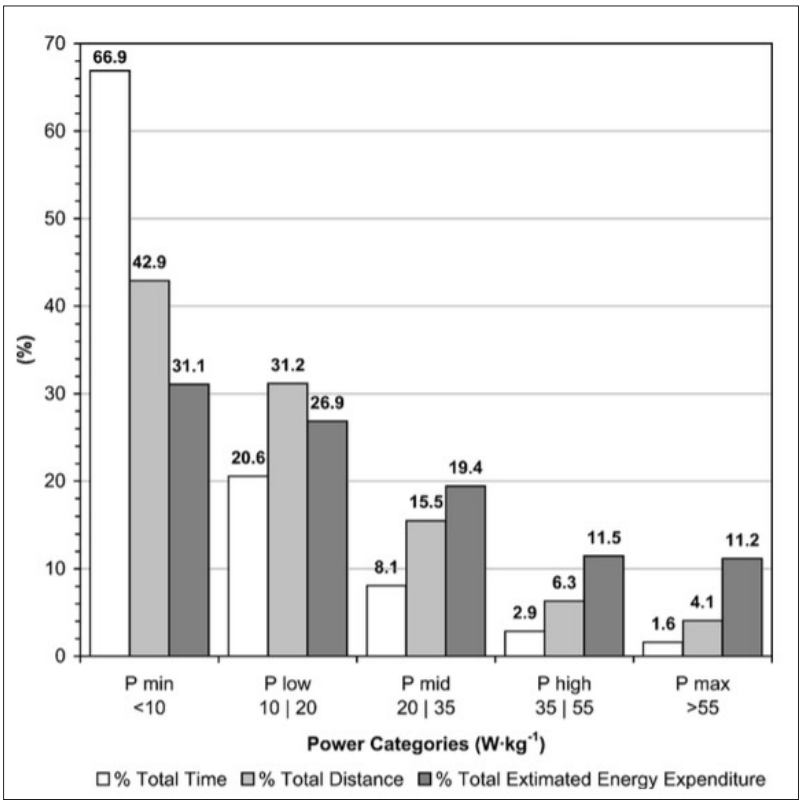


Abb. 9: Mittelwerte der Zeit, Distanz und geschätzte Energiekosten in den Power Kategorien [W/KG] pro Fußballspiel (Männer) aus Osgnach (2010)

5 Literaturverzeichnis

Coutts, A. J., Kempton, T., Sullivan, C., Bilsborough, J., Cordy, J., & Rampinini, E. (2015). Metabolic power and energetic costs of professional Australian football match-play. *Journal of science and medicine in sport, 18* (2), 219-224.

di Prampero, P., Fusi, S., Sepulcri, L., Morin, J., Belli, A. & Antonutto, G. (2005). Sprint running: a new energetic approach. *Journal of experimental biology, 208* (14), 2809-2816.

Gabbett, T. J. (2010). GPS analysis of elite women's field hockey training and competition. *Journal of strength and conditioning research, 24* (5), 1321-1324.

Luig, P. ... & Platen, P. (2008). Motion characteristics according to playing position in inter-national men's team handball. In Cabri, J. et al. A. (Eds.), *Book of Abstracts – 13th Annual Congress of the ECSS 2008*, Estoril – Portugal (p. 255).

Manchado, C. ... & Platen, P. (2013). Performance factors in women's team handball: physical and physiological aspects – a review. *Journal of strength and conditioning research, 27* (6) 1708-1719.

Minetti, A. E., Moia, C., Roi, G. S., Susta, D. & Feretti, G. (2002). Energy cost of walking and running at extreme uphill and downhill slopes. *Journal of applied physiology, 93* (3), 1039-1046.

Osgnach, C., Poser, S., Bernardini, R., Rinaldo, R. & di Prampero, P. E. (2010). Energy Cost and Metabolic Power in Elite Soccer: A New Match Analysis Approach. *Medicine & science in sports & exercise, 42* (1), 170-178.

Komplexe biomechanische Analyse des Bobanschubs unter Berücksichtigung der tendinösen und neuromuskulären Eigenschaften der unteren Extremität

(AZ 072057/16-17)

J. P. Goldmann[1,2] (Projektleitung), B. Braunstein[1,2], M. Sanno[1,2], B. Stäudle[1], F. Göll[1], S. Grothe[1], A. Droszez[1] & K. Albracht[1,3]

[1]Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Biomechanik und Orthopädie
[2]Deutsche Sporthochschule Köln, Das Deutsche Forschungszentrum für Leistungssport Köln
[3]Fachhochschule Aachen, Fakultät für Medizintechnik und Technomathematik

1 Einleitung

Bei den Olympischen Winterspielen 2014 in Sotschi konnte der Bob- und Schlittenverband für Deutschland (BSD) aufgrund von Startzeitrückständen in den Disziplinen Zweierbob und Viererbob keine Medaillen gewinnen. Dass die Startzeiten hoch mit der Zielzeit korrelieren ($0.6 < r < 0.86$, $p < 0.05$), konnten Analysen des Bobstarts bereits in den 80er und 90er Jahren verdeutlichen (Morlock & Zatsiorsky, 1989). Aus biomechanischer Sicht sind kürzere Startzeiten im Bobsport möglich durch

- die Maximierung der mechanischen Leistung an den Gelenken der unteren Extremität der Athleten und
- die Minimierung von Energieverlusten, bedingt durch die Muskel-Sehnen-Eigenschaften der unteren Extremität.

Eine Maximierung der Gelenkleistung könnte durch Modulation von z. B. Körperhaltungen (Gelenkwinkel) oder Bodenkontaktzeiten erreicht werden, wodurch die Muskel-Sehnen-Einheiten der unteren Extremität bessere Arbeitsbedingungen erfahren würden. So kann bspw. durch eine größere Dorsalflexion im Sprunggelenk in der Abstoßphase die Arbeitsweise der Wadenmuskulatur (M. triceps surae) dahingehend verbessert werden, dass zum einen ein längerer Arbeitsweg für die Muskeln zur Verfügung steht und zum anderen höhere Muskelkräfte aufgrund einer günstigeren Länge der Muskulatur erzeugt werden. Für den Sprintstart konnte die Wirksamkeit einer größeren initialen Länge der Muskel-Sehnen-Einheit der Fußstrecker bereits nachgewiesen werden (Mero et al.,2006).

Energieverluste der vortriebswirksamen Gelenke treten bspw. auf, wenn der Muskel nicht in der Lage ist, in kurzer Zeit ausreichend Kraft zu erzeugen, um die Sehne zu dehnen und damit Energie in ihr zu speichern. Am Sprunggelenk bspw. findet sich während des schnellen Laufens mit kurzen Bodenkontaktzeiten ein deutlicher Energieverlust von bis zu 40 %. (Brüggemann et al., 2008). Hier gilt es, das Potential des muskuloskelettalen Systems besser zu nutzen. Aktuelle in vivo-Studien mit Athleten beschreiben inzwischen den Einfluss neuromuskulärer und tendinöser Kapazitäten auf die Laufökonomie (Albracht & Arampatzis, 2013; Scholz et al., 2008), die 100-m-Sprintleistung (Abe et al., 2001; Stafilidis & Arampatzis, 2007; Lee & Piazza, 2009) und die maximale Sprunghöhe (Bojsen-Møller, 2005).

Um die sportmotorische Leistung (Startzeit) der Athleten während des Anschubs zu optimieren, ist ein grundlegendes Verständnis über die mechanische Gelenkleistung und -arbeit sowie die tendinösen und muskulären Eigenschaften der unteren Extremität der Athleten erforderlich.

2 Methodik

An den Diagnostikcamps nahmen 19 männliche Kaderathleten (13 Anschieber, 6 Piloten, 25.2 ± 3.0 Jahre, 186.9 ± 5.3 cm, 98.4 ± 7.3 kg) des BSD teil. Für die biomechanischen Leistungs- und Belastungsanalysen des Bobanschubs wurde auf einer Indoor-Tartanbahn ein mobiles Schienensystem über eine Distanz von 80 m verlegt, auf dem der Mess-Bob angeschoben wurde. 18 IR-High-Speed-Kameras (250 Hz, Vicon, Oxford, UK) und drei in den Boden eingelassene Kraftmessplatten (1250 Hz, Kistler, Winterthur, Schweiz) ermöglichten die dreidimensionale Analyse der Bewegungen und der Bodenreaktionskräfte (Abb. 1).

nander wurde der Athlet mit 54 reflektierenden Markern (Ø 13 mm) beklebt (Braunstein et al., 2013). Auf Grundlage eines invers-dynamischen Modells (Alaska Dynamicus, Chemnitz, Deutschland) wurden u. a. mechanische Leistung und Arbeit an den Gelenken der unteren Extremität berechnet.

Zur Beschreibung der mechanischen und morphologischen Eigenschaften der Muskel-Sehnen-Einheiten der unteren Extremität wurden folgende Parameter bestimmt: Faserbündellänge, Kraftgenerierungsfähigkeit, Sehnensteifigkeit, Sehnenlänge in Ruhe und Hebelarm (Albracht & Arampatzis, 2013; Karamanidis et al. 2011). Während einer maximal willkürlichen Plantarflexion (MVC) bzw. Knieextension an

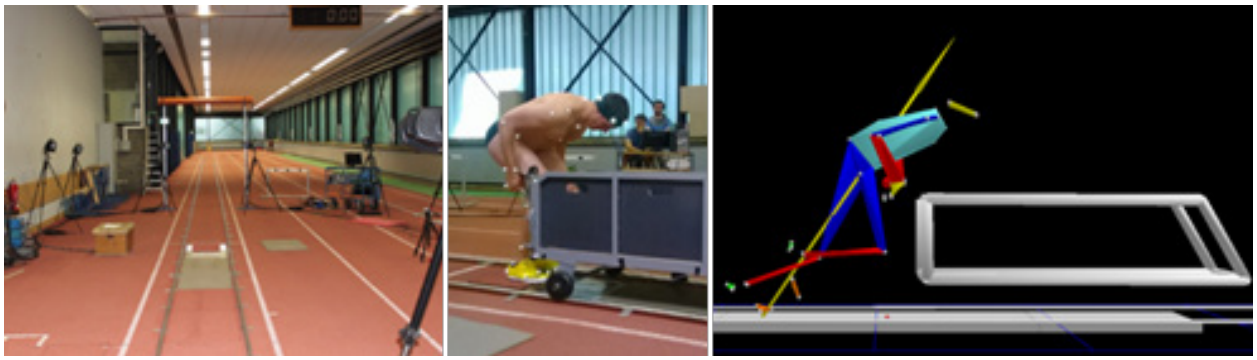


Abb. 1: Messaufbau für die dreidimensionale Leistungs- und Belastungsanalyse (links) mit 80 m Anschubstrecke; Mit Markern armierter Athlet am Mess-Bob vor Abriss (Mitte); Rekonstruktion des Anschubs (3D Modell) mit resultierendem Bodenreaktionskraftvektor (gelber Pfeil)

Die Athleten durchliefen drei Bedingungen mit jeweils zwei bis vier Versuchen:

- Abriss mit initialer Beschleunigungsphase (Schritt 1 und 2),
- Beschleunigungsphase nach Abriss (bei 10 m),
- Phase hoher Geschwindigkeit (30 m fliegend).

Ein Abrissbalken wurde nach Bedarf auf den Kraftmessplatten montiert. Die Masse des Bobs konnte zwischen 85 und 145 kg variiert werden. Die Anschubbügel waren mit 2D-Kraftsensoren ausgestattet (FES, Leipzig). Die Kräfte an den Bügeln und die Anschubzeiten wurden vom OSP Westfalen analysiert. Zur Bestimmung der Körpersegmentkoordinaten im Raum und zueinem Dynamometer wurde die Längenänderung der Sehne mittels Ultraschallsonde erfasst (Albracht & Arampatzis, 2013). Die Sehnenkraft an der Achilles- bzw. Patellasehne wurde über das externe Drehmoment abgeschätzt. Faszikellänge und interner Hebelarm (Abstand Malleoli zu Mittelpunkt Achillessehne; vgl. Scholz et al., 2008) wurden ebenfalls mit Ultraschall bestimmt. Die Bestimmung der Muskellängen und Sehnenlängen erfolgte durch Identifizierung des proximalen und distalen myotendinösen Übergangs bzw. der Insertion in den Knochen. Für die Plantarflexion erfolgten die Messungen bei gestrecktem Knie und in anatomisch neutraler Sprunggelenkposition. Für die Knieextension erfolgte die Untersuchung bei einem Kniewinkel von 90° (Abb. 2).

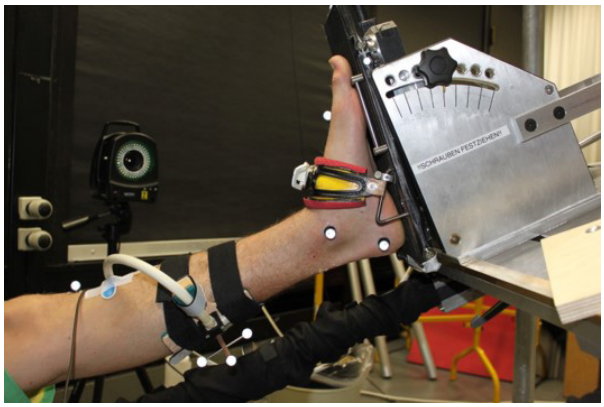


Abb. 2: Messaufbau für die Muskel-Sehnen-Diagnostik mit Ultraschallsonde an der Aponeurose des M. gastrocnemius.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Moment-Winkel-Relationen am Sprunggelenk

Moment-Winkel-Relationen repräsentieren das resultierende externe Drehmoment und die Winkelposition eines Gelenks zu Zeitpunkt $t_{(i)}$. Am Sprunggelenk zeigen sie auf, in welchen Winkelpositionen die höchsten externen Drehmomente am Gelenk und somit die höchsten internen Drehmomente durch die Muskel-Sehnen-Einheiten der Fußstrecker wirken. Zudem geben sie Aufschluss über die verrichtete mechanische Gelenkarbeit während der Stützphase der Fortbewegung. Die durch Muskelkraft und -verkürzung verrichtete mechanische Arbeit der Plantarflexoren des Fußes wirkt dem resultierenden externen Drehmoment entgegen, um die Ferse vom Boden anzuheben und Vortrieb zu erzeugen. Abb. 3 lässt erkennen, wie individuell die Plantarflexoren der Athleten während des Bobanschubs arbeiteten. Variationen in der Gelenkwinkelposition bei Fußaufsatz betrugen bis zu 25° (0° bis 25° Dorsalflexion, Abb. 3 A).

Auch bei Toe Off ließen sich Unterschiede in der Position des Gelenks zwischen den Athleten von bis zu 15° erkennen. Mit zunehmender Laufdistanz setzte der Fuß deutlich plantarflektierter auf (Kontakt 1: 12° ± 10°; 30 m: 0° ± 8°). Diese Variationen in der Bewegungsausführung haben Konsequenzen auf die verrichtete Arbeit am Sprunggelenk. Durch Korrekturen der Bewegung am Sprunggelenk bei Fußaufsatz in der initialen Beschleunigung (z. B. „Fußspitze anziehen“) besteht die Möglichkeit, bei gegebener anatomisch-physiologischer Voraussetzung den Output an mechanischer Arbeit an diesem Gelenk zu erhöhen.

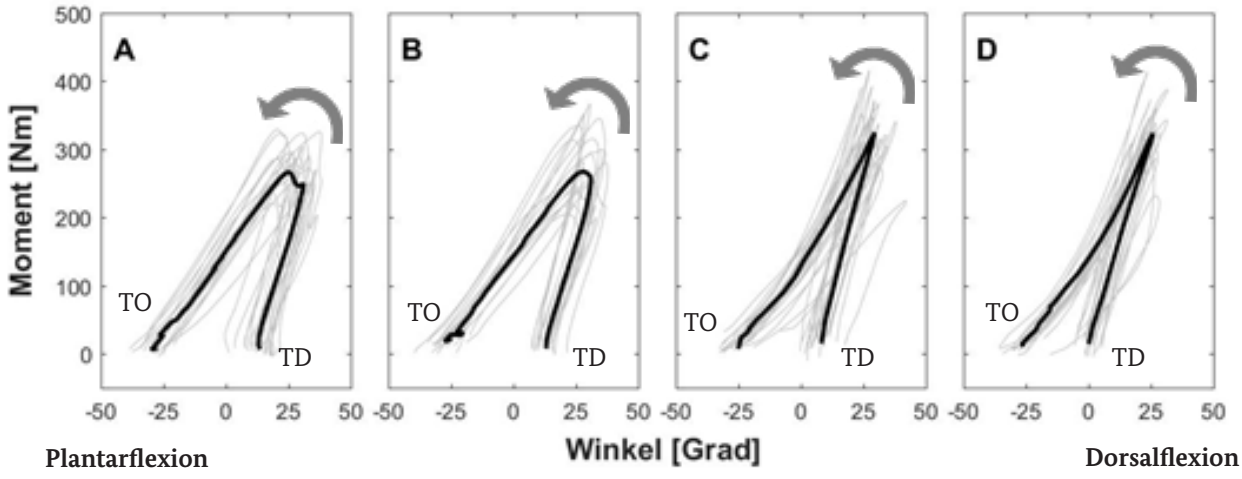


Abb. 3: Moment-Winkel-Relationen am Sprunggelenk während der Stützphase der initialen Beschleunigung (Kontakt 1 (A) und Kontakt 2 (B)), nach 10 m (C) und 30 m (D) von Touch Down (TD) bis Toe Off (TO) (Schwarze Linie = Mittelwert; graue Linien = Individualdaten). Positive Winkel = Dorsalflexion; Negative Winkel = Plantarflexion. Die Fläche unter der Kurve repräsentiert die verrichtete mechanische Arbeit am Sprunggelenk. Pfeil: Richtung des Kurvenverlaufs von TD bis TO.

3.2 Mechanische Leistung an den Gelenken der unteren Extremität

Während des Bobanschubs war zu beobachten, dass das Hüftgelenk und seine Streckmuskulatur in der Phase des Fußaufsatzes die höchste positive mechanische Leistung produzierten (Abb. 4). Das Sprunggelenk und die Fußstrecker nahmen zu diesem Zeitpunkt Anteile der produzierten Leistung des Hüftgelenks in Form von mechanischer Energie auf und gaben diese erst gegen Ende der Stützphase wieder ab. In Relation zu den Muskeln an Hüft- und Kniegelenk erzeugten die Plantarflexoren des Sprunggelenks bei einer Laufdistanz von 30 m deutlich mehr negative und positive maximale mechanische Leistung als noch zu Beginn der Anschubphase. Während des ersten Bodenkontakts verrichteten die Plantarflexoren bei 50 %. der Stützphase nahezu keine Arbeit. In dieser Phase scheint die Energie, die am Hüftgelenk produziert und am Sprunggelenk eingetragen wurde, gespeichert zu werden. Dies kann bspw. durch eine konzentrische Kontraktion der Fußstrecker bei gleichzeitiger Dehnung der Achillessehne hervorgerufen werden. Dabei würden zwar die Muskeln Kräfte generieren, ein mechanischer Output am Gelenk in Form von produzierter Leistung bzw. verrichteter Arbeit wäre jedoch nicht erkennbar, da die Sehne die verrichtete Muskelarbeit in Form von Spannungsenergie kurzzeitig speichert. Bei Bodenkontaktzeiten von 265 ± 23 ms (Kontakt 1) entspräche dies einem Zeitfenster von ca. 132 ms. Interessanterweise drehte sich das Zusammenspiel zwischen Hüft- und Sprunggelenk in den letzten 25 %. der Stützphase um. Das Sprunggelenk und die Fußstrecker übernahmen nun die Funktion der Leistungserzeugung, während das Hüftgelenk und die Hüftbeuger die Energie aufnahmen, um die anstehende Schwungphase vorzubereiten.

Über alle Bedingungen hinweg produzierten die Kniestrecker bei ca. 60 %. der Stützphase ihren höchsten Anteil an mechanischer Leistung, allerdings in ihrem Maximum 50 %. weniger als Hüft- und Fußstrecker. Die biologischen Strukturen am Kniegelenk scheinen in der Anschubphase des Bobsports keine energieabsorbierende Funktion zu haben, sondern überwiegend eine energieabgebende Funktion. Dies ist daran zu erkennen, dass der negative Anteil der mechanischen Leistung sehr gering ausfällt. Arampatzis et al. (1999) zeigten in ihrer Studie eine deutlich höhere negative mechanische Leistung am Kniegelenk während des Laufens mit submaximaler, konstanter Geschwindigkeit. Bei maximalen Laufgeschwindigkeiten (8.9 ± 0.6 m s^{-1}), wie sie in etwa während des Bobanschubs vorzufinden sind (Abb. 4 D, 8.0 ± 0.2 m s^{-1}), kann angenommen werden, dass die Kniestrecker hauptsächlich eine möglichst hohe Kniegelenksteifigkeit erzeugen und weniger für den Vortrieb verantwortlich sind (Belli et al., 2002).

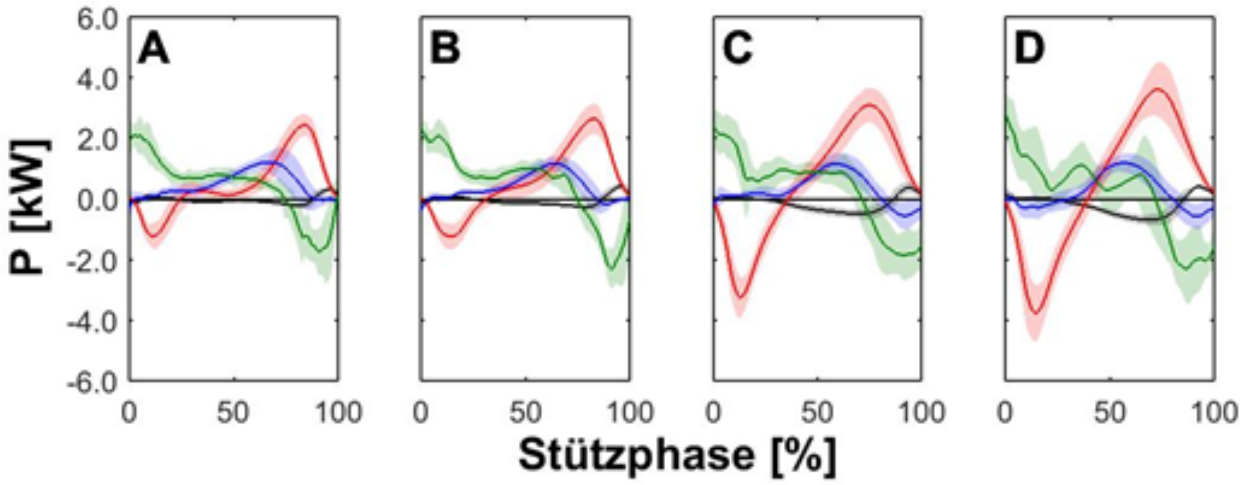


Abb. 4: Mechanische Leistung an Hüft- (grün), Knie- (blau), Sprung- (rot) und Zehengrundgelenk (schwarz) während der Stützphase der initialen Beschleunigung (A: Kontakt 1; B: Kontakt 2), nach 10 m (C) und 30 m (D) (Mittelwerte ± Stabw). Fläche unter dem positiven Anteil der Kurve = positive Arbeit; Fläche unter dem negativen Anteil der Kurve = negative Arbeit.

Die erzeugte mechanische Leistung am Zehengrundgelenk schien über die gesamte Anschubphase vernachlässigbar. Das Zehengrundgelenk zeigte als einziges Gelenk der unteren Extremität während der Anschubphase eine negative Energiebilanz auf. Stefanyshyn und Nigg (2000) experimentierten mit Karboneinlagen und steifen Mittelsohlkonstruktionen und fanden heraus, dass der Energieverlust am Zehengrundgelenk durch eine steife Einlage (und eine dadurch verringerte Dorsalflexion) deutlich reduziert war. Auf der anderen Seite konnte gezeigt werden, dass die Dorsalflexion im Zehengrundgelenk (die durch steifes Material deutlich reduziert ist) eine notwendige Voraussetzung darstellt, um die kurzen, stabilisierenden Fußmuskeln bei Plantarflexion des Sprunggelenks in der Abstoßphase der Fortbewegung in einem optimalen Kraft-Längen-Verhältnis arbeiten zu lassen Goldmann & Brüggemann, 2012). Für die Praxis empfiehlt sich daher, die kurze Fußmuskulatur (insbesondere Zehenbeugemuskulatur) im Training zu kräftigen (Goldmann et al., 2013), dabei in eher flexiblen Schuhen zu trainieren (Goldmann, Potthast & Brüggemann, 2013) und für den Wettkampf deutlich steiferes Mittelsohl- oder Einlagenmaterial mit Zehenkeil (bis zu 10° Neigung) zu verwenden.

3.3 Muskel-Sehnen-Diagnostik

Die Faszikellänge des M. gastrocnemius medialis der 19 Kaderathleten des BSD betrug 65.8 ± 8.5 mm (Tab. 1). Abe et al. (2000) ermittelten bei Elite-Sprintern (PB 10.0 bis 10.9 s) Fazikellängen von 66.4 ± 13.2 mm und bei Ausdauerläufern von 53.6 ± 7.2 mm. Diesbezüglich ist bekannt, dass lange Faszikel die Kraftgenerierung bei konstanter Geschwindigkeit begünstigen und ausschlaggebend für hohe Verkürzungsgeschwindigkeiten des Muskels sind (Bodine et al., 1982; Sacks & Roy, 1982; Spector et al., 1980). Die Längenänderungen der Faszikel können bei 40° Plantarflexion im Sprunggelenk 8.5 %. bzw. bei 20° Dorsalflexion 4 %. ausmachen (Grieve, 1978). Übertragen auf den Bobanschub würde dies bedeuten, dass sich die Faszikel des M. gastrocnemius in der Abstoßphase der Fortbewegung um 6 bis 8 mm verkürzen. Die Achillessehnensteifigkeit (Kraftintervall 50 bis 100 %.) der krafttrainierten Bobanschieber (703.9 ± 172.7 N mm^{-1}) war um Faktor 2.3 höher als bei einer wenig trainierten Vergleichsgruppe (Arampatzis, Karamanidis & Albracht, 2010; Arampatzis et al., 2010).

Tab. 1: Tendinöse und neuromuskuläre Eigenschaften der unteren Extremität bei 19 Kaderathleten des BSD (Mittelwerte ± Stabw).

	Mittelwert	**Stabw**
Plantarflexion Sprunggelenk		
Sehnenlänge [mm]	197.8	15.6
Faszikellänge [mm]	65.8	8.5
freie Sehnenlänge [mm]	66.4	22.6
Sehnensteifigkeit 1 (0-100 %.) [N mm^{-1}]	493.8	101.1
Sehnensteifigkeit 2 (50-100 %.) [N mm^{-1}]	703.9	172.7
interner Hebelarm [mm]	49.5	5.3
Drehmoment max [Nm]	329.1	50.4
rel. Drehmoment max [Nm kg^{-1}]	3.4	0.4
Extension Kniegelenk		
Drehmoment max [Nm]	300.6	46.4
rel. Drehmoment max [Nm kg^{-1}]	3.0	0.5

Die Vermutung liegt nahe, dass durch eine steife Achillessehne die Verformung des Sprunggelenks in der Sagittalebene eingeschränkt bzw. reduziert ist. Jedoch konnte nur eine äußerst geringe Korrelation zwischen der Sehnensteifigkeit und der Dorsalflexion am Sprunggelenk während der Stützphase des Anschubs beobachtet werden (r = 0.29). Auch konnte kein Zusammenhang (r = 0.01) zwischen der Sehnensteifigkeit und der Bodenkontaktzeit identifiziert werden. Korreliert man die Achillessehnensteifigkeit mit der Anschubzeit (5-15 m), ist zu erkennen, dass Athleten mit steiferen Sehnen tendenziell die kürzeren Anschubzeiten aufzeigten, also schneller starteten (r = 0.52). Dies könnte darin begründet sein, dass die kräftigeren Athleten auch die schnelleren Anschieber sind und das erhöhte Kraftpotential der Kontraktilen Elemente die Sehnensteifigkeit der Achillessehne beeinflusst. Ein Zusammenhang zwischen der Sehnensteifigkeit und der Kraft an der Sehne bzw. dem Drehmoment am Sprunggelenk bei MVCs der Plantarflexoren im Dynamometer war jedoch nicht erkennbar (r < 0.17). Auch waren die kräftigeren Athleten nicht zwingend die schnelleren Anschieber (r = 0.05). Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass sich aus methodischen Gründen die Analyse der Muskel-Sehnen-Eigenschaften auf die Plantarflexoren des Fußes und nur teilweise auf die Extensoren des Knies beschränkt hat. Die Hüftstreckmuskulatur musste dabei gänzlich außer Acht gelassen werden, obwohl diese für den Vortrieb essentiell ist. Deshalb muss die Kraft der Fußstrecker nicht zwingend mit der Anschubzeit korrelieren.

Der Abstand der Achillessehne zum Zentrum des Sprunggelenks betrug in einer 90°-Position des Sprunggelenks im Mittel 49.5 ± 5.3 mm. Die Achillessehne weist mit 43 bis 60 mm den größten Abstand unter den großen Unterschenkelmuskeln zum Gelenkzentrum auf (McCullough et al., 2011; Maganaris, Baltzopoulos & Sargeant, 2000). In verschiedenen Sportarten und -disziplinen wurden interne Hebelarme der Achillessehne von 52 bis 57 mm ermittelt (Kongsgaard et al., 2005). Demnach sind die Hebelarme der Kaderathleten, insbesondere unter Berücksichtigung ihrer Körperhöhe von 186.6 ± 5.7 cm, als kurz einzuordnen. Die Länge der Hebelarme hat maßgeblichen Einfluss auf den mechanischen Output am Sprunggelenk. So zeigten Nagano und Komura (2003) in einer Simulation, dass bei konzentrischen Kontraktionen und hohen Winkelgeschwindigkeiten, wie sie eigentlich während des Bobanschubs nach der initialen Beschleunigungsphase erzielt werden sollten, längere Hebelarme in einer geringeren Gelenkleistung resultierten. Dies ist dadurch erklärbar, dass höhere Verkürzungsgeschwindigkeiten des Muskels bei längeren Hebelarmen benötigt werden, um eine gegebene Winkelgeschwindigkeit zu erreichen. Bedingt durch die Kraft-Geschwindigkeits-Relation von Muskeln (Hill, 1938) geraten die Kontraktilen Elemente an ihre Grenzen und können nicht mehr ausreichend Kraft entwickeln. Bei geringen Winkelgeschwindigkeiten hingegen, konnten durch längere Hebelarme höhere Gelenkmomente erzielt werden. Bei exzentrischen Kontraktionen wurde beobachtet, dass durchgängig höhere Gelenkmomente, bedingt durch längere Hebelarme und höhere Muskelkräfte, produziert wurden (Nagano & Komura, 2003). Dies bedeutet, dass geringe Abstände der Achillessehne zum Gelenkzentrum bei den Kaderathleten des BSD hohe Winkelgeschwindigkeiten am Sprunggelenk nach der initialen Beschleunigungsphase ermöglichen. Zu Beginn des Anschubs allerdings, wenn die Massenträgheit des Geräts überwunden werden muss und die Bodenkontaktzeiten noch relativ lang sind, können kurze Hebelarme einem optimalen mechanischen Output am Sprunggelenk entgegenstehen und als Nachteil angesehen werden. Sollten bei geringen Hebelarmen hohe Winkelgeschwindigkeiten realisiert werden können, so müssten die Muskeln bei langen Hebelarmen hohe Kontraktionsgeschwindigkeiten erzielen, um eine gegebene Winkelgeschwindigkeit beizubehalten. Dies ist vor allem durch lange Faszikel möglich. Beachtenswert zeigte sich bei den Bobanschiebern, dass Athleten mit längerem internen Hebelarm tendenziell (r = 0.32) längere Faszikel vorweisen, um möglicherweise trotz ungünstiger biologischer Voraussetzungen hohe Winkelgeschwindigkeiten erreichen zu können.

4 Schlussfolgerungen

Das Ziel des Service-Forschungsprojekts war die Identifizierung leistungsdeterminierender Parameter im Bobsport und die damit in Verbindung stehenden tendinösen und neuromuskulären Eigenschaften der unteren Extremität. Es konnte u. a. beobachtet werden, dass die Funktionen der Gelenke der unteren Extremität maßgeblich von der Laufdistanz respektive der Laufgeschwindigkeit abhängen. Es bleibt für den Bobanschub festzuhalten, dass die Hüftstreckmuskulatur in der Lage sein muss, mit hohen Geschwindigkeiten gegen die Massenträgheit des Beins zu arbeiten und einem hohen Lasteintrag (ca. Zweifache des Körpergewichts) innerhalb sehr kurzer Zeit (ca. 50 ms) entgegenzuwirken. Das Sprunggelenk und die Fußstrecker verrichteten, insbesondere bei hohen Laufgeschwindigkeiten, hohe negative (Energieaufnahme) und positive Arbeit (Energieabgabe) und besaßen über die gesamte Laufdistanz die Funktion eines Energietauschers zwischen Hüfte und Untergrund. Diese Funktion als Energietauscher gewann mit zunehmender Laufdistanz (Kontakt 1 bis 30 m) an Bedeutung. Bewegungskorrekturen zur potentiellen Erhöhung des mechanischen Outputs am Sprunggelenk konnten direkt während der Diagnostikcamps über Live-Feedback-Methoden gegeben werden. Die Kniestrecker produzierte die höchste mechanische Leistung, wenn Hüftgelenk und Sprunggelenk mit ihren Strukturen von positiver zu negativer mechanischer Leistung und vice versa wechselten, kompensierten also die Phase geringer Leistungsproduktion der beiden Gelenke. Das Maximum seiner positiven mechanischen Leistung und die verrichtete Arbeit lassen den Rückschluss zu, dass die Kniestrecker insbesondere nach der initialen Beschleunigungsphase den KSP aufrecht halten und deutlich weniger zum Vortrieb beitragen als Hüft- und Fußstrecker. Folglich können insbesondere den umspannenden Strukturen an Hüft- und Sprunggelenk hohe Bedeutungen für kurze Anschubzeiten beigemessen werden. Diese Erkenntnisse aus den Beobachtungen des Bobanschubs sollten umfassende Konsequenzen für die Gestaltung und Schwerpunktsetzung des Trainings haben. Krafttraining sollte auf die Streck- und Beugemuskulatur an den Hüftgelenken, die Beugemuskulatur an den Kniegelenken und die Streckmuskulatur an den Sprunggelenken konzentriert werden. Hierzu müssen kreative Lösungen gefunden werden, um die wettkampfspezifische Reizsetzung im Training zu reproduzieren. Gelenkwinkelpositionen, auftretende Bodenreaktionskräfte (Höhe des Reizeintrags ca. 1500 bis 2000 N) und Bodenkontaktzeiten (Einwirkdauer des Reizes ca. 100 bis 300 ms) müssen dazu berücksichtigt werden.

Die Analysen der tendinösen und neuromuskulären Eigenschaften der unteren Extremität zeigten, dass die Athleten des BSD lange Faszikel für hohe Kontraktionsgeschwindigkeiten der Muskulatur, hohe Sehnensteifigkeiten (bedingt durch eine hohe Maximalkraft der Muskeln) und kurze interne Hebelarme der Achillessehne aufwiesen. Es ist davon auszugehen, dass die geringen Abstände der Achillessehne zum Zentrum des Sprunggelenks hohe Winkelgeschwindigkeiten am Sprunggelenk nach der initialen Beschleunigungsphase ermöglichen. Interessanterweise zeigte sich, dass Athleten tendenziell längere Faszikel vorweisen, wenn ein längerer interner Hebelarm vorliegt. Dadurch können möglicherweise trotz ungünstiger biologischer Voraussetzungen hohe Winkelgeschwindigkeiten erreicht werden. Ein deutlicher Zusammenhang ($r > 0.6$) zwischen biologischem Material und sportmotorischer Leistung konnte durch zweidimensionale Regressionsanalysen nicht gezeigt werden. Allerdings waren geringe Zusammenhänge zwischen internem Hebelarm der Achillessehne und der Faszikellänge des M. gastrocnemius medialis ($r = 0.32$) sowie der Sehnensteifigkeit und der Anschubzeit ($r = 0.52$) zu beobachten. Es ist denkbar, dass Anschieber mit kurzen internen Hebeln von Anschiebern mit langen internen Hebeln im Athletiktraining getrennt werden, um spezieller auf deren individuelle Muskel-Sehnen-Eigenschaften einzugehen. So wird evtl. das Kontraktile Element des Muskels bei Sprüngen über Hindernisse bei Anschiebern mit langen internen Hebeln weniger gereizt als bei Anschiebern mit kurzen internen Hebeln.

Durch das Service-Forschungsprojekt ist es gelungen, die Funktion der Gelenke in Abhängigkeit der Laufdistanz zu beschreiben und erste

Trainingsempfehlungen, die eine neue Reizausrichtung des Trainings provozieren, zu formulieren. Des Weiteren konnten erste grundlegende Informationen über die Muskel-Sehnen-Eigenschaften deutscher Bobanschieber gesammelt werden, die mit Hilfe weiterer Studien zum Verständnis von Entstehung sportmotorischer Höchstleistung beitragen.

5 Literatur

Abe, T., Fukashiro, S., Harada, Y. & Kawamoto, K. (2001). Relationship Between Sprint Performance and Muscle Fascicle Length in Female Sprinters. *Journal of physiological anthropology and applied human science 20*, 141-147.

Abe, T., Kumagai, K. & Brechue, W. (2000). Fascicle length of leg muscles is greater in sprinters than distance runners. *Medicine and science in sports and exercise, 32*, 1125-1129.

Albracht, K. & Arampatzis, A. (2013).Exercise-induced changes in triceps surae tendon stiffness and muscle strength affect running economy in humans. *European journal of applied physiology, 113*, 1605-1615.

Arampatzis, A., Peper, A., Bierbaum, S. & Albracht, K. (2010). Plasticity of human Achilles tendon mechanical and morphological properties in response to cyclic strain. *Journal of biomechanics, 43*, 3073-3079.

Arampatzis, A., Karamanidis, K. & Albracht, K. (2007). Adaptational responses of the human Achilles tendon by modulation of the applied cyclic strain magnitude. *Journal of experimental biology, 210*, 2743-2753.

Arampatzis, A., Brüggemann, G.-P. & Metzler, V. (1999). The effect of speed on leg stiffness and joint kinetics in human running. *Journal of biomechanics, 32*, 1349-1353.

Belli, A., Kyröläinen, H. & Komi, P. V. (2002). Moment and Power of Lower Limb Joints in Running. *International journal of sports medicine, 23*, 136-141.

Bodine, S. C. et al. (1982). Architectural, histochemical, and contractile characteristics of a unique biarticular muscle: the cat semitendinosus. *Journal of neurophysiology, 48*, 192-201.

Bojsen-Møller, J., Magnusson, S. P., Rasmussen, L. R., Kjaer, M. & Aagaard, P. (2005). Muscle performance during maximal isometric and dynamic contractions is influenced by the stiffness of the tendinous structures. *Journal of applied physiology, 99*, 986-994.

Braunstein, B. et al. (2013). Joint specific contribution of mechanical power and work during acceleration and top speed in elite sprinters. *ISBS - Conference proceedings archives 1*.

Brüggemann, G.-P., Arampatzis, A., Emrich, F. & Potthast, W. (2008). Biomechanics of double transtibial amputee sprinting using dedicated sprinting prostheses. *Sports technology, 1*, 220-227.

Brüggemann, G.-P., Morlock, M. & Zatsiorsky, V. M. (1997). Analysis of the Bobsled and Men's Luge Events at the XVII Olympic Winter Games in Lillehammer. *Journal of applied biomechanics, 13*, 98-108.

Goldmann, J.-P., Potthast, W. & Brüggemann, G.-P. (2013). Athletic training with minimal footwear strengthens toe flexor muscles. *Footwear science, 5*, 19-25.

Goldmann, J.-P., Sanno, M., Willwacher, S., Heinrich, K. & Brüggemann, G.-P. (2013). The potential of toe flexor muscles to enhance performance. *Journal of sports science, 31*, 424-433.

Goldmann, J.-P. & Brüggemann, G.-P. (2012). The potential of human toe flexor muscles to produce force. *Journal of anatomy, 221*, 187-194.

Grieve, D. W. (1978). Prediction of gastrocnemius length from knee and ankle joint posture. *Biomechanics, VI-A*.

Hill, A. V. (1938). The Heat of Shortening and the Dynamic Constants of Muscle. *Proceedings of the Royal Society of London.Series B, Biological sciences, 126*, 136-195.

Karamanidis, K. et al. (2011). Lower leg musculoskeletal geometry and sprint performance. *Gait posture, 34*, 138-141.

Kongsgaard, M., Aagaard, P., Kjaer, M. & Magnusson, S. P. (2005). Structural Achilles tendon properties in athletes subjected to different exercise modes and in Achilles tendon rupture patients. *Journal of applied physiology, 99*, 1965-1971.

Lee, S. S. M. & Piazza, S. J. (2009). Built for speed: musculoskeletal structure and sprinting ability. *Journal of experimental biology, 212*, 3700.

Maganaris, C. N., Baltzopoulos, V. & Sargeant, A. J. (2000). In vivo measurement-based estimations of the human Achilles tendon moment arm. *European journal of applied physiology, 83*, 363-369.

McCullough, M. B. A., Ringleb, S. I., Arai, K., Kitaoka, H. B. & Kaufman, K. R. (2011). Moment Arms of the Ankle Throughout the Range of Motion in Three Planes. *Foot & ankle international, 32*, 300-306.

Mero, A., Kuitunen, S., Harland, M., Kyröläinen, H. & Komi, P. V. (2006). Effects of muscle–tendon length on joint moment and power during sprint starts. *Journal of sports science, 24*, 165-173.

Morlock, M. M. & Zatsiorsky, V. M. (1989). Factors Influencing Performance in Bobsledding: I: Influences of the Bobsled Crew and the Environment. *International journal of sport biomechanics, 5*, 208-221.

Nagano, A. & Komura, T. (2003). Longer moment arm results in smaller joint moment development, power and work outputs in fast motions. *Journal of biomechanics, 36*, 1675-1681.

Sacks, R. D. & Roy, R. R. (1982). Architecture of the hind limb muscles of cats: Functional significance. *Journal of morphology, 173,* 185-195.

Scholz, M. N., Bobbert, M. F., van Soest, A. J., Clark, J. R. & van Heerden, J. (2008). Running biomechanics: shorter heels, better economy. *Journal of experimental biology, 211*, 3266.

Spector, S. A., Gardiner, P. F., Zernicke, R. F., Roy, R. R. & Edgerton, V. R. (1980). Muscle architecture and force-velocity characteristics of cat soleus and medial gastrocnemius: implications for motor control. *Journal of neurophysiology, 44*, 951-960.

Stafilidis, S. & Arampatzis, A. (2007). Muscle–tendon unit mechanical and morphological properties and sprint performance. *Journal of sports science, 25*, 1035-1046.

Stefanyshyn, D. J. & Nigg, B. M. (2000). Influence of midsole bending stiffness on joint energy and jump height performance. *Medicine and science in sports and exercise, 32*, 471-476.

Der Einsatz eines mobilen Muskel-Sehnen-Funktionslabors zur Strukturanalyse im Spitzensport

(AZ 072059/16-17)

Kiros Karamanidis[1] (Projektleitung), Gaspar Epro[1], Matthias König[1] & Falk Schade[2]

[1]Sport and Exercise Science Research Centre, School of Applied Sciences, London South Bank University
[2]Biomechanische Leistungsdiagnostik, Olympiastützpunkt Rheinland

1 Problem

Die funktionelle Bedeutung der Muskelmorphologie konnte bereits hinreichend beschrieben werden (Lieber & Ward, 2011). Während die Maximalkraft eines Muskels von seiner physiologischen Querschnittsfläche abhängt, werden seine maximale Verkürzungsgeschwindigkeit und das aktive Muskelvolumen maßgeblich von der Faserlänge und der Muskelfaserzusammensetzung beeinflusst (Lieber & Ward, 2011). Somit stellen muskelmorphologische Parameter relevante Messgrößen in der Analyse des Kraftpotentials, metabolischen Energieverbrauchs und der mechanischen Leistungsfähigkeit eines Muskels dar.

Das Kraftpotential und der Wirkungsgrad eines Muskels werden darüber hinaus maßgeblich von den mechanischen Eigenschaften des in Serie geschalteten Sehnengewebes beeinflusst (Hof, Van Zandwijk & Bobbert, 2002). Neben der Fähigkeit, Energie zu speichern beeinflusst die Steifigkeit einer Sehne auch die spezifische Kraft-Längen-Geschwindigkeits-Relation und somit das Kraftpotential der Muskulatur. Im Hinblick auf die Diagnose von Defiziten in der sportlichen Leistungsfähigkeit ergibt sich daher die Notwendigkeit, neben den Eigenschaften der Muskulatur auch die Eigenschaften der Sehne individuell zu quantifizieren und zu bewerten.

Repetitive mechanische Belastungen der unteren Extremität – typisch für die Sprint- und Sprungdisziplinen der Leichtathletik – zählen zu den Hauptursachen für die Entstehung von Sehnenverletzungen bzw. einer Ruptur der Patellar- und Achillessehne (Lanttoet al., 2014). Entgegen der Annahme, dass eine Sehnenruptur einzig durch ein plötzliches Ereignis ausgelöst wird, konnten oftmals degenerative Veränderungen bei gerissenen Achillessehnen festgestellt werden (Kannus & Józsa, 1991). Die Tatsache, dass auch in gesunden Sehnen sehr häufig mikroskopische degenerative Veränderungen diagnostiziert werden konnten (Kannus & Józsa, 1991), weist darauf hin, dass die Pathologie der Sehnenruptur durch das Auftreten kumulierter Vorschädigungen gekennzeichnet ist (Fung et al., 2010; Kannus & Józsa, 1991; Neviaser et al., 2012). Eine Ursache dafür stellen u. a. unzureichende Regenerationsphasen für das Sehnengewebe dar. Dies äußert sich in einer reduzierten Steifigkeit bzw. erhöhten Dehnung der Sehne bei einer gegeben Kraft (Fung et al., 2009; 2010). Somit stellen Sehnendehnung und -steifigkeit geeignete Parameter zur Früherkennung von Sehnenverletzungen dar (Fung et al., 2010; Neviaser et al., 2012; Wren et al., 2003).

Die Muskel-Sehnen-Einheit ist hoch anpassungsfähig an eine gegebene funktionelle Belastung. Beispielsweise konnte für erwachsene Personen eine signifikante Zunahme des physiologischen Muskelquerschnitts, der Maximalkraft, des Sehnenquerschnitts und der Sehnensteifigkeit infolge eines mehrwöchigen Krafttrainings mit hohen Lasten festgestellt werden (Arampatzis, Karamanidis & Albracht, 2007; Kubo et al., 2010). Während die Muskulatur jedoch in der Lage ist, schon innerhalb kurzer Zeit an Kraft zuzunehmen, läuft die Erhöhung der Widerstandsfähigkeit von Sehnen wesentlich langsamer ab (Kubo et al., 2012). Das häufige Aufeinanderfolgen von Trainings- und

Wettkampfbelastungen könnte somit zu Dysbalancen zwischen Muskulatur und Sehne führen, welche aus einer unkoordinierten Adaptation der beiden biologischen Strukturen auf den gleichen mechanischen Reiz resultieren.

Daher war es das Ziel dieses Service-Forschungsprojekts, die mechanischen Eigenschaften der triceps surae Muskel-Sehnen-Einheit von erwachsenen Spitzensportlerinnen und Spitzensportlern verschiedener leichtathletischer Sprint- und Sprungdisziplinen regelmäßig direkt am jeweiligen Trainings- bzw. Wettkampfort zu untersuchen, um etwaige Dysbalancen in der Adaptation von Muskel und Sehne durch Training und Wettkampf zu identifizieren. Die gewonnenen Erkenntnisse sollten somit relevante Aussagen zur Identifikation möglicher Dysbalancen bzw. Prävention von Sehnenverletzungen liefern und in enger Zusammenarbeit mit dem jeweiligen Trainerteam sinnvoll in die Trainingssteuerung integriert werden.

2 Methoden

Insgesamt wurden im Rahmen des Projekts die mechanischen Eigenschaften der triceps surae Muskel-Sehnen-Einheit beider Beine von 71 gesunden erwachsenen Bundeskaderathletinnen und -athleten (A-, B-, C-Kader; Alter: 23 ± 4 Jahre) verschiedener Sprint- und Sprungdisziplinen (Kurzsprint, Weit-, Drei-, Hoch-, Stabhochsprung) mittels eines mobilen Muskel-Sehnen-Funktionslabors (kombinierte Ultrasonographie und Dynamometrie: TEMULAB®, Protendon GmbH & Co. KG, Aachen, Deutschland) regelmäßig (im Abstand von 2– Wochen) über einen Gesamtuntersuchungszeitraum von insgesamt 12 Monaten direkt am jeweiligen Trainings- bzw. Wettkampfort analysiert (die Drehmomente wurden mittels inverser Dynamik berechnet und die Steifigkeit der Sehne wurde aus der resultierenden Kraft-Deformations-Kurve bestimmt; siehe hierzu u. a. Ackermans et al., 2016; McCrum et al., 2017). Um die Regeneration der Muskel-Sehnen-Einheit nach einer Achillessehnenruptur zu beurteilen, wurden darüber hinaus im Rahmen einer Einzelfalluntersuchung regelmäßige Analysen der mechanischen Eigenschaften der triceps surae Muskel-Sehnen-Einheit in Folge einer Achillessehnenrekonstruktion durchgeführt. Im Hinblick auf eine Optimierung der Athletenbetreuung wurden die Ergebnisse der Muskel-Sehnen-Diagnostik zeitnah (innerhalb einer Woche) im Anschluss an die jeweilige Messung ausgewertet und über die jeweiligen Olympiastützpunkte mit den zuständigen Bundestrainern kommuniziert.

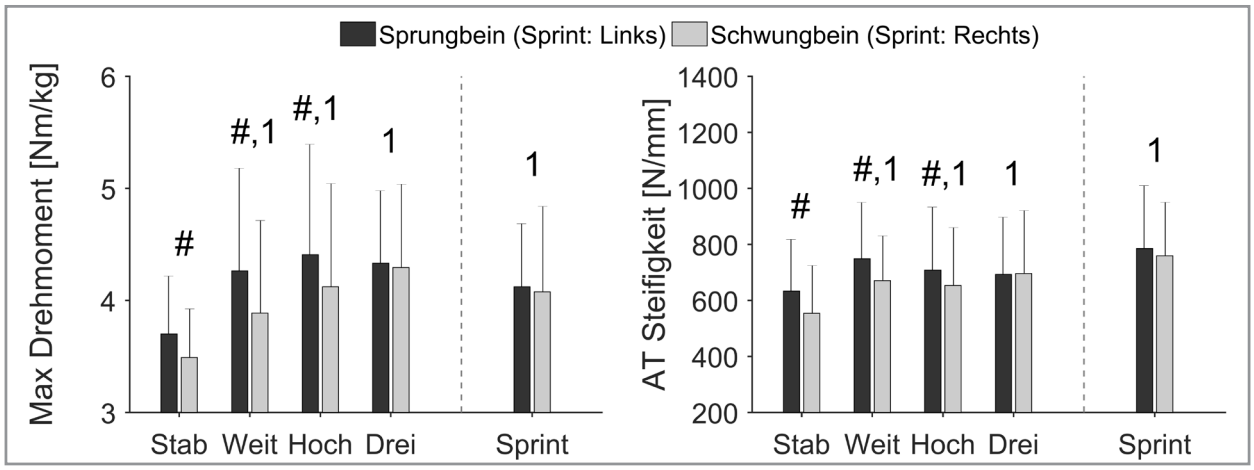


Abb. 1: Maximales isometrisches Plantarflexionsmoment (links; Max Drehmoment) und Achillessehnensteifigkeit (rechts; AT Steifigkeit) des Sprung- und Schwungbeins (bei Sprintern linkes bzw. rechtes Bein) für die analysierten Disziplingruppen (Stabhochsprung: N = 16; Weitsprung: N = 16; Hochsprung: N = 21; Dreisprung: N = 11; Sprint: N = 7; Mittelwert und Standardabweichung). #: Sig. Seitenunterschied (p < 0.05); 1: Sig. Unterschied zur Gruppe der Stabhochspringer (p < 0.05).

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse der Querschnittsanalyse zeigen einen signifikanten ($p < 0.05$) Beinseiteneffekt mit höheren Plantarflexionsmomenten und Steifigkeitswerten für das Sprung- im Vergleich zum Schwungbein in der Gruppe der Hoch-, Weit- und Stabhochspringer, nicht aber in der Gruppe der Dreispringer und Sprinter (Abb. 1). Außerdem zeigte die Gruppe der Stabhochspringer für beide Beine signifikant ($p < 0.05$) niedrigere Muskelkraft- und Steifigkeitswerte im Vergleich zu allen anderen Disziplingruppen (Hoch-, Weit-, Dreispringer, Sprinter; Abb. 1). Der Symmetrie-Index zwischen den Beinen (Sprungbein vs. Schwungbein; bei Sprintern: linkes vs. rechtes Bein) zeigte innerhalb aller analysierten Disziplingruppen ähnliche Werte für das maximale isometrische Plantarflexionsmoment und die Achillessehnensteifigkeit (Range der Mittelwerte aller analysierten Disziplingruppen: 1-14 %.).

Abb. 2 illustriert exemplarisch die Drehmoments- und Steifigkeitszeitverläufe für einen männlichen Hochspringer über einen Messzeitraum von 3,5 Jahren (Athlet bereits Teilnehmer vorangegangener Serviceleistungen für den Spitzensport). Die intraindividuelle Variabilität von Muskelkraft und Sehnensteifigkeit zeigte unabhängig vom analysierten Bein über den Untersuchungszeitraum von einem Jahr für alle untersuchten Athletinnen und Athleten ähnliche Werte (Variationskoeffizient Muskelkraft im Mittel: ca. 9 %.; Sehnensteifigkeit: ca. 12 %.). Hinsichtlich der Regeneration der triceps surae Muskel-Sehnen-Einheit nach der operativen Versorgung (Rekonstruktion) einer Achillessehnenruptur (Sprungbein) konnte im Rahmen einer Einzelfallstudie – trotz intensiven leichtathletischen Trainings über 2,5 Jahre (Athletin bereits Teilnehmerin vorangegangener Serviceleistungen für den Spitzensport) – ein deutlich geringeres maximales isometrisches Plantarflexionsmoment im operierten gegenüber dem nicht betroffenen Bein festgestellt werden (Mittelwert über alle Datenpunkte: 2.0 ± 0.2 Nm/kg vs. 3.6 ± 0.2 Nm/kg; Abb. 3). Die Sehnensteifigkeit zeigte dagegen zu jedem Messzeitpunkt ähnliche bzw. leicht erhöhte Werte im operierten gegenüber dem nicht betroffenen Bein (560.7 ± 127.6 N/mm vs. 501.4 ± 30.5 N/mm; Abb. 3).

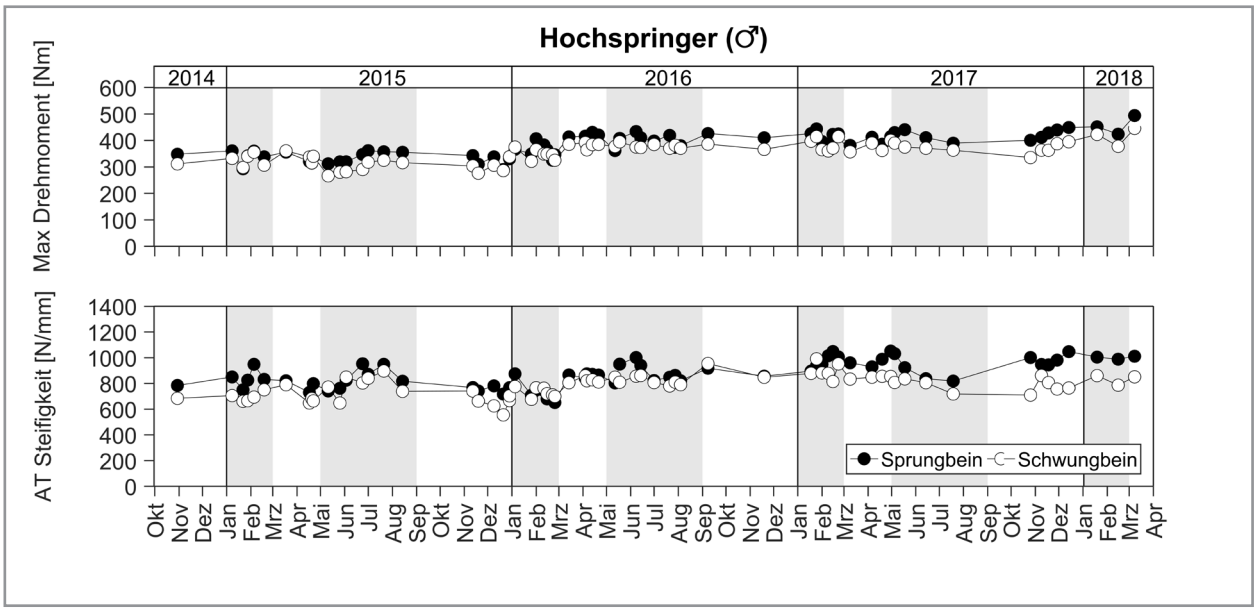


Abb. 2: Strukturanalyse der triceps surae Muskel-Sehnen-Einheit des Sprung- und Schwungbeins eines männlichen Hochspringers über einen Zeitraum von 3,5 Jahren (Athlet bereits Teilnehmer vorangegangener Serviceleistungen für den Spitzensport). Sowohl für das maximale Plantarflexionsmoment (oben; Max Drehmoment) als auch für die Achillessehnensteifigkeit (unten; AT Steifigkeit) konnten zu beinahe jedem Messzeitpunkt höhere Werte für das Sprung- im Vergleich zum Schwungbein gezeigt werden. Gekennzeichnet ist der Zeitraum der Wettkampf- (hellgrau) und der Vorbereitungsphase (weiß).

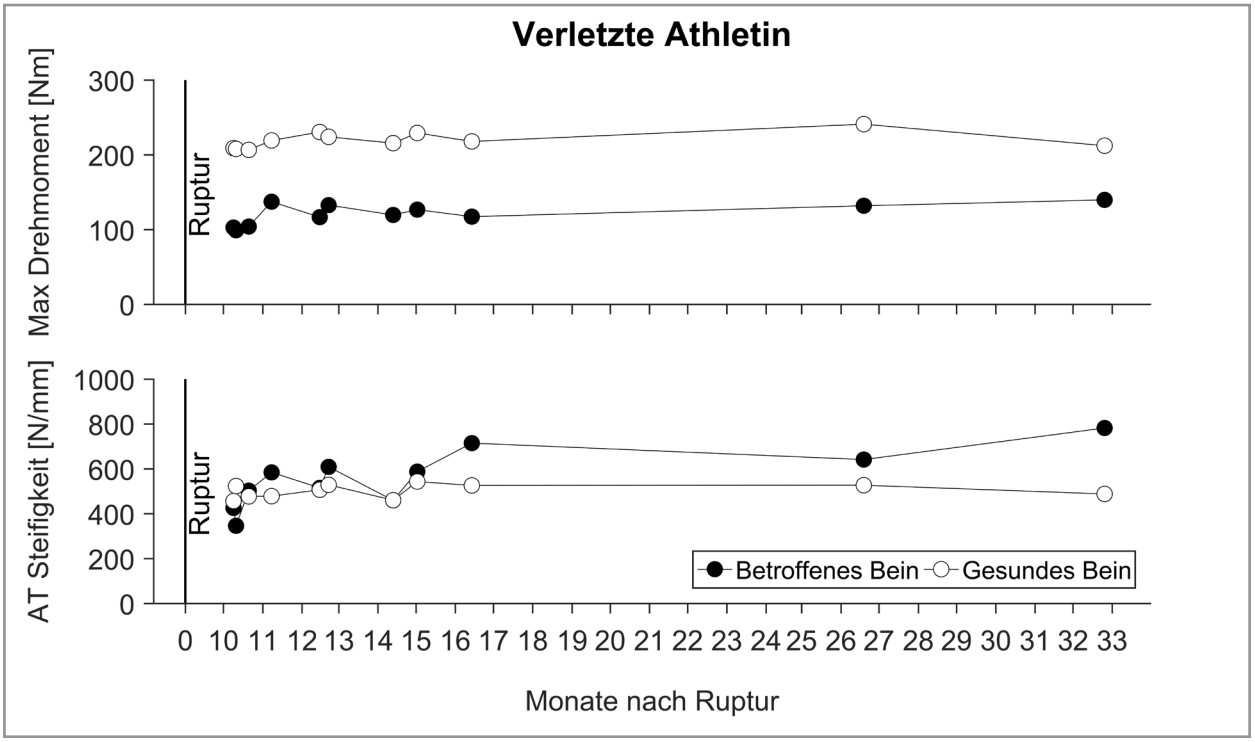


Abb. 3: Veränderungen von maximal isometrischem Plantarflexionsmoment (oben; Max Drehmoment) und der Steifigkeit der Achillessehne (unten; AT Steifigkeit) in Folge einer operativen Versorgung einer unilateralen Achillessehnenruptur über 2,5 Jahre (Athletin bereits Teilnehmerin vorangegangener Serviceleistungen für den Spitzensport). Die Operation erfolgte nur wenige Tage nach der Verletzung.

4 Diskussion

Erste Ergebnisse der Querschnittsanalyse zeigten höhere Werte für das maximale isometrische Plantarflexionsmoment und die Achillessehnensteifigkeit im Sprung- in Relation zum Schwungbein in der Gruppe der Hoch-, Weit- und Stabhochspringer, nicht aber in der Gruppe der Dreispringer und Sprinter. Die höheren Werte im Sprungbein in Relation zum Schwungbein können nicht durch genetische Faktoren erklärt werden, sondern sind vielmehr auf eine seitenspezifische mechanische Trainings- bzw. Wettkampfbelastung zurückzuführen. Diese Ergebnisse weisen somit darauf hin, dass neben der Maximalkraft der Wadenmuskulatur auch die Sehnensteifigkeit der Achillessehne durch eine langfristige mechanische Belastung mit hohen Amplituden erhöht werden kann. Der Symmetrie-Index zwischen den Beinen zeigte dagegen – unabhängig von der Disziplingruppe – ähnliche Werte für das maximale isometrische Plantarflexionsmoment und die Achillessehnensteifigkeit. Obwohl regelmäßiges leichtathletisches Training damit in Abhängigkeit von der Disziplin zwar zu Unterschieden in den mechanischen Eigenschaften und somit einer Dysbalance der triceps surae Muskel-Sehnen-Einheit zwischen den Beinen führen kann, verlief die Adaptation von Muskel und Sehne innerhalb eines Beins im Mittel über alle analysierten Athletinnen und Athleten homogen.

Im Hinblick auf die ersten Ergebnisse der Längsschnittanalyse konnten ähnliche Anpassungsverläufe von Muskelkraft und Sehnensteifigkeit im Jahresverlauf gezeigt werden, was auf eine gelungene Integration individualisierter Trainingsmaßnahmen (u. a. Regeneration, spezifisches Training der Achillessehne; Arampatzis et al., 2007) und somit auf ein ausgewogenes Training von Muskel und Sehne verweist. Diese Ergebnisse lassen damit auf ein geringes Risiko einer – durch Dysbalancen zwischen Muskel- und Sehnengewebe hervorgerufenen – Sehnenüberlastungsverletzung innerhalb des untersuchten Athletenkollektivs schließen, was durch das Ausbleiben einer derartigen Verletzung

innerhalb des untersuchten Athletenkollektivs bzw. Analysezeitraums gestützt wird. Die Ergänzung regelmäßigen leichtathletischen Trainings um eine trainingsbegleitende Diagnostik sowie der darauf abgestimmten ergänzenden Trainingsmaßnahmen scheint demnach dazu beizutragen etwaigen Dysbalancen innerhalb der triceps surae Muskel-Sehnen-Einheit erwachsener Spitzenathletinnen und -athleten verschiedener Disziplinen vorzubeugen.

In Folge einer Achillessehnenrekonstruktion (Einzelfallstudie) konnte trotz intensiven Trainings über 2,5 Jahre ein deutlich geringeres Muskelkraftpotential im operierten gegenüber dem nicht betroffenen Bein festgestellt werden. Die Sehnensteifigkeit wies dagegen zu jedem Messzeitpunkt ähnliche bzw. leicht erhöhte Werte im operierten Bein auf. Vorangegangene Studien zeigten in diesem Zusammenhang 2-6 Jahre nach der operativen Versorgung einer Achillessehnenruptur sogar signifikant höhere Steifigkeitswerte für die betroffene Sehne (Agres et al., 2015), was auf eine veränderte Funktionalität des regenerierten Sehnengewebes verweist. Die aktuelle Einzelfallstudie zeigte darüber hinaus keine erkennbaren Veränderungen von Muskelkraft und Sehnensteifigkeit über einen Trainingszeitraum von 2,5 Jahren. Regelmäßiges leichtathletisches Training scheint demnach nicht in der Lage zu sein der Dysbalance innerhalb der triceps surae Muskel-Sehnen-Einheit infolge einer Achillessehnenrekonstruktion effektiv entgegenzuwirken. Damit könnte eine Achillessehnenruptur bzw. -rekonstruktion eine mögliche Ursache für die Entstehung einer – durch konventionelle Trainingsmethoden irreversiblen – Dysbalance innerhalb der Muskel-Sehnen-Einheit darstellen.

5 Das Projekt in Zahlen

Anzahl analysierter Athletinnen und Athleten: 71 (♀: 31; ♂: 40); Anzahl Messungen Muskel-Sehnen-Diagnostik: ca. 1.250; Anzahl Messplätze innerhalb Deutschlands: 11 (Olympiastützpunkte/Trainingsorte: Hamburg, Berlin, Dresden, Chemnitz, Stuttgart, Saarbrücken, Frankfurt am Main, Köln, Leverkusen, Heidelberg, Münster); zurückgelegte Distanz: ca. 20.000 km.

6 Literatur

Ackermans, T. M. A., Epro, G., McCrum, C., Oberländer, K. D., Suhr, F., Drost, M. R., Meijer, K. & Karamanidis, K. (2016). Aging and the effects of a half marathon on Achilles tendon force–elongation relationship. *European journal of applied physiology, 116*, 2281-2292.

Agres, A. N., Duda, G. N., Gehlen, T. J., Arampatzis, A., Taylor, W. R. & Manegold, S. (2015). Increased unilateral tendon stiffness and its effect on gait 2–6 years after Achilles tendon rupture. *Scandinavian journal of medicine & science in sports, 25*, 860-867.

Arampatzis, A., Karamanidis, K. & Albracht, K. (2007). Adaptational responses of the human Achilles tendon by modulation of the applied cyclic strain magnitude. *The Journal of experimental biology, 210*, 2743-2753.

Fung, D. T., Wang, V. M., Laudier, D. M., Shine, J. H., Basta-Pljakic, J., Jepsen, K. J., Schaffler, M. B. & Flatow, E. L. (2009). Subrupture tendon fatigue damage. *Journal of orthopaedic research, 27*, 264–273.

Fung, D. T., Wang, V. M., Andarawis-Puri, N., Basta-Pljakic, J., Li, Y., Laudier, D. M., Sun, H. B., Jepsen, K. J., Schaffler, M. B. & Flatow, E. L. (2010). Early response to tendon fatigue damage accumulation in a novel in vivo model. *Journal of biomechanics, 43*, 274–279.

Hof, A. L., Van Zandwijk, J. P. & Bobbert, M. F. (2002). Mechanics of human triceps surae muscle in walking, running and jumping. *Acta Physiologica Scandinavica, 174*, 17-30.

Kannus, P. & Józsa, L. (1991). Histopathological changes preceding spontaneous rupture of a tendon. A controlled study of 891 patients. *The Journal of bone and joint surgery, 73*, 1507–1525.

Kubo, K., Ikebukuro, T., Yata, H., Tsunoda, N. & Kanehisa, H. (2010). Effects of Training on Muscle and Tendon in Knee Extensors and Plantar Flexors in Vivo. *Journal of applied biomechanics, 26*, 316-323.

Kubo, K., Ikebukuro, T., Maki, A., Yata, H. & Tsunoda, N. (2012) Time course of changes in the human Achilles tendon properties and metabolism during training and detraining in vivo. *European journal of applied physiology, 112*, 2679-2691.

Lantto, I., Heikkinen, J., Flinkkilä, T., Ohtonen, P. & Leppilahti, J. (2014) Epidemiology of Achilles tendon ruptures: increasing incidence over a 33-year period. *Scandinavian journal of medicine & science in Sports, 25*, 133-138.

Lieber, R. L. & Ward, S. R. (2011) Skeletal muscle design to meet functional demands. *Philosophical Transactions of the Royal Society B, 27*, 366.

Neviaser, A., Andarawis-Puri, N. & Flatow E. (2012). Basic mechanisms of tendon fatigue damage. *Journal of shoulder and elbow surgery, 21*, 158-163.

Wren, T. A. L., Lindsey, D. P., Beauppré, G. S. & Carter, D. R. (2003). Effects of creep and cyclic loading on the mechanical properties and failure of human Achilles tendon. *Annals of biomedical engineering, 31*, 710-717.

Projektbezogene Veröffentlichungen

Karamanidis, K., Epro, G., König, M., McCrum, C., Ackermans, T., Thomaskamp, H.-J. & Schade, F. (2016) Strukturanalyse der Muskel-Sehnen-Einheit von Spitzensportlern im Jahresverlauf. *Leistungssport, 46*, 15-21.

McCrum, C., Oberländer, K. D., Epro, G., Krauss, P., James, D. C., Reeves, N. D. & Karamanidis, K. (2017) *Loading rate and contraction duration effects on in vivo human Achilles tendon mechanical properties. Clinical Physiology and Functional Imaging*. doi: 10.1111/cpf.12472

Wissenstransfer Forschung-Praxis

Epro, G. (2016, November). *Applied tendon stiffness analysis*. Vortrag auf der 7. European Pole Vault and High Jump Conference in Köln.

Karamanidis, K. (2017, Februar). *Strukturanalyse der Muskel-Sehnen-Einheit von Spitzensportlern*. Vortrag auf dem 1. Kölner Symposium für konservative Sportorthopädie in Köln.

Karamanidis, K. & Schade, F. (2017, März). Muskel-Sehnen-Funktionslabor. Vortrag auf dem 6. BISp-Symposium in Kaiserau.

Schade, F. (2016, September). *Aus Wissenschaft und Praxis: Anpassung des Muskel-Sehnenapparates durch Training*. Vortrag im Rahmen der Fortbildung der Athletiktrainer der Allianz FFBL in Kaiserau.

Schade, F. (2016, Oktober). *Impulsreferat Muskel-Sehnen-Komplex*. Vortrag bei der Spitzensportkonferenz DLV (Bereich Sprung) in Kienbaum.

Schade, F. (2016, November). *Muskel-Sehnen-Mechanik, Agility und konzeptioneller Ansatz Athletiktraining*. Vortrag auf dem 20. DHB-Trainersymposium in Köln.

Entwicklung und wissenschaftliche Überprüfung einer Testbatterie zur Bestimmung der sportart-spezifischen, motorischen Leistungsfähigkeit in der Sportart Rollstuhl-Basketball

(AZ 072063/ 16-17)

Thomas Abel (Projektleitung) & Daniel Jacko
Deutsche Sporthochschule Köln

1 Problem

Die Sportart Rollstuhlbasketball gehört zu den bekanntesten paralympischen Sportarten und erfreut sich einer hohen Aufmerksamkeit (Abel et al., 2008; Tweedy & Vanlandewijck, 2011). Sowohl hinsichtlich der Anzahl von aktiven Athletinnen und Athleten als auch im Bereich der Medienpräsenz darf die Entwicklung des Rollstuhl-Basketballs als erfolgreich eingestuft werden. In Deutschland wird die Sportart vom Deutschen Rollstuhlsportverband (DRS), dem Fachverband im Deutschen Behindertensportverband (DBS), organsiert. Der DBS ist gleichzeitig das Nationale Paralympische Komitee (NPC). Im internationalen Vergleich gehören die deutschen Rollstuhlbasketballnationalmannschaften seit Jahren mit zu den erfolgreichsten Teams weltweit.

In den letzten Jahren hat sich die Sportart hinsichtlich der Dynamik des Spielgeschehens, dem notwendigen Organisationsgrad und der Professionalität der beteiligten Personen intensiv verändert. Von zentraler Bedeutung ist dabei die sportartspezifische Leistungsfähigkeit innerhalb der motorischen Hauptbeanspruchungen Schnelligkeit, Kraft, Ausdauer, Koordination und Flexibilität geworden (Goosey-Tolfrey & Leicht, 2013). Um im internationalen Wettbewerb die aktuelle gute nationale Position zu erhalten sowie zu verbessern, sind Anstrengungen notwendig, die im Ligasystem, dem Training der Athleten und Athletinnen und bei Systemen der Talentidentifikation eine gesteigerte Professionalisierung und Systematisierung erzeugen. Für den Bereich der Sportwissenschaft bedeutet dies, forschungsbasiert Grundlagen zu erheben, die Trainern und Athleten helfen, anwendungsorientiert Prozesse zu optimieren.

Untersuchungsziel war es, innerhalb des durchgeführten Forschungsprojekts eine sportartspezifische Testbatterie für die Sportart Rollstuhl-Basketball zu entwickeln und zu validieren.

2 Methodik

Probandinnen und Probanden: An den Testungen für die Reliabilitätsprüfung nahmen insgesamt 18 Athleteninnen und Athleten aus der deutschen 1. und 2. Rollstuhlbasketball Bun-

Tab. 1: Platzierung der Nationalmannschaften des DRS bei Paralympics von 2000-2016

Paralympics	**Platzierung**	
	Nationalmannschaft Männer	Nationalmannschaft Frauen
Sydney 2000	8.	7.
Athen 2004	5.	4.
Peking 2008	5.	2.
London 2012	6.	1.
Rio de Janeiro 2016	8.	2.

desliga (RBBL) teil (Alter: 27,5 ± 8,5; darunter 3 weibliche und 17 männliche Spieler). Test und Re-Test fanden jeweils in einem Abstand von 4 bis 7 Tagen statt. Die systematische Erhebung von Leistungsdaten von Athletinnen und Athleten mit nationaler und internationaler Erfahrung erfolgte mit Mannschaften der deutschen 1. und 2 Bundesliga. Es wurden Testdaten von insgesamt 70 Athleten bzw. Athletinnen erhoben, wobei insbesondere alle Kaderathletinnen und Kaderathleten des DRS untersucht wurden. Zur Ermittlung der Inter-Rater Reliabilität bei Items, die ein analoges Ablesen und damit fehlerträchtiges Erheben von Testergebnissen erfordern, wurden Tests von zwei unterschiedlichen Testleitern als Wiederholung durchgeführt, miteinander verglichen und statistisch berechnet. Statistische Verfahren: Die Untersuchungen zur Reliabilität der Testungen erfolgte unter Einsatz eines t-Test für verbundene Stichproben sowie durch Berechnungen der Intraclass correlation coefficient: (Modell zweifach gemischt; Typ: absolute Übereinstimmung) für alle Testungen bzw. für jedes Item der Testungen. Die Inter-Rater Reliabilität wurde ebenfalls zunächst mittels t-Test für verbundene Stichproben bzgl. unterschiedlicher Wertungen zwischen den zwei erfahrenen Testleitern und anschließend hinsichtlich der Inter-Rater-Reliabilität statistisch geprüft. Hier kam erneut das Modell Intraclass correlation coefficient: zweifach gemischt; Typ: absolute Übereinstimmung zur Anwendung. Die Vergleiche der Leistungsdaten der Athleten aus den unterschiedlichen Wettkampfklassen erfolgte als einfaktorielle Anova. Als post hoc Verfahren wurde anschließend unter Umständen der Sidak´s Test für multiple Vergleiche angewendet.

3 Ergebnisse

3.1 Modulare Testbatterie

Die Entwicklung der Testbatterie erfolgte nach Durchsicht international veröffentlichter Literatur bzgl. gängiger Diagnostischer Verfahren und in Abstimmung mit dem RBB Bundestrainer sowie dem Athletiktrainer. Die vorgenommene Zusammenstellung der Testungen ist dabei eine Synthese aus international bereits beschriebenen und etablierten sowie eigens entwickelten und angepassten Verfahren, mit dem Ziel RBB relevante konditionelle Fähigkeiten systematisch abzubilden. Die Testbatterie besteht aus den folgenden Items in sechs Modulen:

- 20-m-Linearsprint (20mLS)
- Zeiterfassung nach 2, 5, 10 und 20 m
- Medizinballwürfe (MB)
- Brustpass (BP)
- Überkopfpass (ÜKP)
- Krafttestungen (3er Wiederholungsmaximum [3WM])
- Bankdrücken
- Bankziehen
- Rumpfstabilitäts-/Reichweitentest (Rw)
- nach links(RwL) (Stabilität bzw. Kraftfähigkeit der kontralateralen Seite)
- nach rechts (RwR) (Stabilität bzw. Kraftfähigkeit der kontralateralen Seite)
- nach vorne (RwV) (Stabilität bzw. Kraftfähigkeit des Oberkörperstreckapparates)
- Ausdauer
- Laktat-Feldstufentest (FST)
- Illiois Agility Test.

Der Linearsprint (Croft et al., 2010), der Ilinois Agility Test sowie das 3WM (McCurdy et al., 2004; McMaster et al., 2014) sind international etablierte und bzgl. ihrer Reliabilität und auch Validität beschriebene Verfahren. Andere Testungen wie der Rw-Test, die MB und der FST im Rollstuhl bedurften einer Überprüfung hinsichtlich der Reliabilität, da sie entweder zum ersten Mal angewendet wurden (Rw), in der Praxis zwar standardmäßig Anwendung finden, jedoch bzgl. ihrer Reliabilität keine Literaturbefunde vorhanden sind (MB) oder sie zwar im Fußgängerbereich ein etabliertes Testverfahren darstellen, aber keine Reliabilitätsdaten für die Durchführung im Rollstuhlsport existieren (FST).

Aus diesen Gründen erfolgte nach der Testentwicklung eine Prüfung der zuvor genannten Testungen hinsichtlich ihrer Re-Test Reliabilität.

3.2 Reliabilitätsprüfung

Die statistische Prüfung auf Unterschiede zwischen den beiden Testtagen 1 und 2 (t-Test für verbundene Stichproben) lieferte in keiner der o. g. Testungen signifikante Ergebnisse ($p < 0,05$) .

Gleichzeitig ergab die Prüfung der Re-Test Reliabilität (Modell: zweifach gemischt; Typ: absolute Übereinstimmung) für alle drei Testungen bzw. für jedes Item der 3 Testungen (insgesamt 6 Testitems) sehr hohe ICC Scores (Intraclass correlation coefficient) (vgl. Tab. 2) und damit eine hohe Reliabilitätsgüte.

4 Diskussion

Ziel des Projekts war es, eine Testbatterie zur Untersuchung der motorischen Hauptbeanspruchungsformen Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit, Koordination und Flexibilität zu entwickeln und wissenschaftlich zu überprüfen. Hierzu wurden umfangreiche Literatursichtungen und Expertengespräche durchgeführt, um entsprechende Items zu entwickeln. Die Ergebnisse der Validierung der entwickelten Testbatterie hinsichtlich des t-Tests für verbundene Stichproben sowie die Berechnungen der verschiedenen Intraclass correlation coefficient bezüglich unterschiedlicher Untersuchungsleiter zeigen eine akzeptable Güte der entwickelten Items. Alle Ergebnisse im Bereich der Gütekriterien sind akzeptabel und sichern die erhobenen Daten auf wissenschaftlicher Ebene. Für die verschiedenen Klassen und Positionen im Männerbasketball konnten Referenzwerte erhoben werden, für den Bereich des Frauenbasketballs individuelle Orientierungen. Die entwickelte Testbatterie wird inzwischen bei der sportwissenschaftlichen Betreuung und Begleitung alle Kaderathleten des DRS eingesetzt.

Die erhobenen und in Zukunft zu erhebenden Daten sollen zukünftig in ein Datenbanksystem eingepflegt werden, welches sowohl eine Dokumentation von leistungsphysiologischen Parametern als auch von Trainingsinhalten ermöglicht.

Tab. 2: Deskriptive Statistik und Reliabilitätsparameter ausgewählter Testungen. MW=Mittelwert; N=Anzahl; Stabw=Standardabweichung; Δ=Differenz; ICC=Intraclass Correlation Coefficient bzw. Intraklasen Korrelationskoeffizient.

Test	Tag	MW	N	Stabw	Test-Paarung	Δ der MW	Stabw der Δ der MW	ICC
Feldstufentest	**Tag 1**	3,92	17	0,47	**Tag 1 – Tag 2**	-0,018	0,167	,969c
	Tag 2	3,94	17	0,47				
Brustpass	**Tag 1**	6,88	13	1,28	**Tag 1 – Tag 2**	-0,073	0,165	,995c
	Tag 2	6,95	13	1,27				
Überkopfpass	**Tag 1**	6,34	13	1,46	**Tag 1 – Tag 2**	-0,100	0,257	,991c
	Tag 2	6,44	13	1,43				
Stabilitäts-/ Reichweitentest (vorne)	**Tag 1**	42,64	13	15,51	**Tag 1 – Tag 2**	0,050	4,652	,978c
	Tag 2	42,59	13	15,13				
Stabilitäts-/ Reichweitentest (rechts)	**Tag 1**	27,90	13	7,14	**Tag 1 – Tag 2**	-1,300	3,276	,942c
	Tag 2	29,20	13	7,34				
Stabilitäts-/ Reichweitentest (links)	**Tag 1**	26,98	13	5,89	**Tag 1 – Tag 2**	-1,865	3,531	,904c
	Tag 2	28,85	13	6,97				

5 Literatur

Abel, T., Platen, P., Rojas Vega, S., Schneider, S., & Strüder, H. K. (2008). Energy expenditure in ball games for wheelchair users. Spinal cord, 46 (12), 785-90. doi:10.1038/sc.2008.54

Bloxham, L. A, Bell, G. J., Bhambhani, Y. & Steadward, R. D. (2001). Time motion analysis and physiological profile of Canadian world cup wheelchair basketball players. Research in sports medicine, 10 (3), 183-198.

Croft, L., Dybrus, S., Lenton, J., & Goosey-Tolfrey, V. (2010). A comparison of the physiological demands of wheelchair basketball and wheelchair tennis. International journal of sports physiology and performance, 5 (3), 301-315. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20861521

De Groot, S., Balvers, I. J. M., Kouwenhoven, S. M. & Janssen, T. W. J. (2012). Validity and reliability of tests determining performance-related components of wheelchair basketball. Journal of sports sciences, 30 (9), 879-887. doi: 10.1080/02640414.2012.675082

Gómez, M. Á., Pérez, J., Molik, B., Szyman, R. J., & Sampaio, J. (2014). Performance analysis of elite men's and women's wheelchair basketball teams. Journal of sports sciences, 32 (11), 1066-1075. doi:10.1080/02640414.2013.879334

Goosey-Tolfrey, V., Castle, P., Webborn, N., & Abel, T. (2006). Aerobic capacity and peak power output of elite quadriplegic games players. British journal of sports medicine, 40 (8), 684-687. doi:10.1136/bjsm.2006.026815

Goosey-Tolfrey, V. L., & Leicht, C. A. (2013). Field-based physiological testing of wheelchair athletes. Sports medicine (Auckland, N.Z.), 43 (2), 77-91. doi:10.1007/s40279-012-0009-6

Janssen, T. W., van Oers, C. A., Hollander, A. P., Veeger, H. E., & van der Woude, L. H. (1993). Isometric strength, sprint power, and aerobic power in individuals with a spinal cord injury. Medicine and science in sports and exercise, 25 (7), 863-870. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8350710

Mason, B. S., Lemstra, M., van der Woude, L. H. V, Vegter, R., & Goosey-Tolfrey, V. L. (2015). Influence of wheel configuration on wheelchair basketball performance: wheel stiffness, tyre type and tyre orientation. Medical Engineering & Physics, 37 (4), 392-399. doi:10.1016/j.medengphy.2015.02.001

McCurdy, K., Langford, G. A., Cline, A. L., Doscher, M., & Hoff, R. (2004). The Reliabilty of 1- and 3RM Tests of Unilateral Strength in Trained and Untrained Men and Woman. Journal of sports science and medicine, 3 (3), 190-196.

McMaster, D. T., Gill, N., Cronin, J., & McGuigan, M. (2014). A brief review of strength and ballistic assessment methodologies in sport. Sports medicine, 44 (5), 603-623. doi: 10.1007/s40279-014-0145-2

Schmid, A., Huonker, M., Stober, P., Barturen, J. M., Schmidt-Trucksäss, A., Dürr, H., ... Keul, J. (1998). Physical performance and cardiovascular and metabolic adaptation of elite female wheelchair basketball players in wheelchair ergometry and in competition. American Journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists, 77 (6), 527-33. Retrieved from http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9862541

Tweedy, S. M., & Vanlandewijck, Y. C. (2011). International Paralympic Committee position stand – background and scientific principles of classification in Paralympic sport. British journal of sports medicine, 45 (4), 259-269. doi:10.1136/bjsm.2009.065060

Vanlandewijck, Y. C., Daly, D. J., & Theisen, D. M. (1999). Field test evaluation of aerobic, anaerobic, and wheelchair basketball skill performances. International journal of sports medicine, 20 (8), 548-554. doi:10.1055/s-1999-9465

Entwicklung und systematischer Einsatz einer Wettkampf- und Trainingsmethode zur Analyse und Optimierung der strategisch-taktischen und koordinativ-technischen Fähigkeiten im Fechten

(AZ 072070/16-17)

Mario Weichenberger & Martin Halle (Projektleitung)
Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München,
Zentrum für Prävention und Sportmedizin

1 Probleme und Ziele

Die Wettkampfleistung im Fechten wird stark beeinflusst von den strategisch-taktischen und den koordinativ-technischen Fähigkeiten der Athletinnen und Athleten und ist das Ergebnis eines komplexen Zusammenspiels verschiedener Leistungsfaktoren (Roi & Bianchedi, 2008). Durch eine systematische Analyse des technisch-taktischen Verhaltens des eigenen Fechters und der Gegner im Wettkampf können individuelle Stärken und Schwächen identifiziert und durch gezielte Trainingsmaßnahmen optimiert werden.

In der Praxis des Deutschen Fechter-Bundes erfolgt die Beurteilung des technisch-taktischen Verhaltens im Wettkampf aktuell meist nur durch eine einfache Ergebnisinterpretation oder sie basiert auf subjektiven Beobachtungen der Trainer und Athleten. Wettkampfanalysen auf der Basis einer systematischen Auswertung von Videoaufzeichnungen der Gefechte wurden im Deutschen Fechter-Bund in der Vergangenheit durch einige Wettkampfbeobachter mit Hilfe unterschiedlicher Auswerteschemata durchgeführt. Die geringe Anzahl an Wettkampfbeobachtern, die unabhängig voneinander unterschiedliche Auswerteroutinen nutzten, führte in der Vergangenheit zu erheblichen zeitlichen Verzögerungen bei der Bereitstellung der Analyseergebnisse. Aufgrund der uneinheitlichen Analyseschemata konnte keine zentrale Wettkampf-Datenbank entwickelt werden, auf der alle Analyseergebnisse und Videoaufzeichnungen zusammengeführt und den Trainern und Athleten bereitgestellt werden konnten.

Die Trainer und die Athleten des Deutschen Fechter-Bundes benötigten eine zentrale Wettkampf-Datenbank mit aktuellen und nach einem einheitlichen Analyseschema erstellten Wettkampfanalysen, um ihr technisch-taktisches Verhalten an der Weltspitze besser orientieren und sich vor dem Wettkampf gezielt und systematisch auf internationale Gegner vorbereiten und zu können.

Die Wettkampfvorbereitung erfolgt im Fechtsport neben der Wettkampfanalyse durch Trainingsmaßnahmen wie der Fechtlektion, um gezielt das technisch-taktische Verhalten der Fechterinnen und Fechter zu optimieren. In der Fechtlektion stehen sich Trainer und Fechter in einer 1-zu-1-Situation gegenüber und trainieren z. B. das Erkennen und Finden des optimalen räumlichen Angriffsabstands (Mensur) und des Angriffszeitpunktes (Tempo, Moment) oder sie optimieren die technische Ausführung und die Bewegungsgeschwindigkeit der Angriffsaktion. Informationen zur optimalen Mensur oder der Bewegungsgeschwindigkeit werden bisher ausschließlich durch die subjektive Wahrnehmung des Trainers gewonnen. Rückmeldung zum taktischen Verhalten oder der technischen Ausführung wird überwiegend verbal vermittelt.

Anhand von zusätzlichen Videoaufzeichnungen der Gefechtssituationen während der Lektion könnten die Athleten ein besseres Feedback erhalten (Meinel & Schnabel, 2015). Zusätzliche

kinematische Daten wie z. B. zur Mensur oder zur Bewegungsgeschwindigkeit, die i. d. R. durch markerbasierte Bewegungsanalyse-Systeme gewonnen werden, könnten helfen, die subjektive Wahrnehmung des Trainers und des Athleten zu überprüfen und zu optimieren. Aufgrund der hohen technologischen Anforderungen wurden Bewegungsanalyse-Systeme bisher allerdings nur im biomechanischen Labor und nicht im Fechttraining genutzt.

Informationen zur bevorzugten Mensur des Gegners und der Bewegungsgeschwindigkeit während verschiedener Angriffsaktionen im Wettkampf wären hilfreich, um die eigenen Athletinnen und Athleten im Training optimal auf verschiedene Wettkampfgegner vorzubereiten. Da im Wettkampf jedoch keine Marker an den Fechtern angebracht werden dürfen, waren Bewegungsanalysen unter Wettkampfbedingungen bisher nicht möglich und die benötigten Informationen über Mensur und Bewegungsgeschwindigkeit der Gegner waren deshalb nicht verfügbar.

Wir verfolgten in unserem Service-Forschungsprojekt drei Zielstellungen:

1. Aufbau einer zentralen Wettkampfdatenbank mit Entwicklung einer Analysemethode bei der ein einheitliches Analyseschema mit durch den Deutschen Fechter-Bund definierten Beurteilungskriterien hinterlegt ist. Durch die neue Wettkampfanalyse-Methode sollte eine Möglichkeit geschaffen werden, mit der nach kurzer Einarbeitungszeit jeder qualifizierte Trainer oder Athlet Wettkampfanalysen durchführen kann. Durch die neu geschaffene zentrale Wettkampfdatenbank sollte die Zusammenarbeit in einem größeren Team aus Wettkampfbeobachtern ermöglicht werden, um dadurch den Trainern und Athleten zeitnah eine größere Anzahl an aktuellen Wettkampfanalysen bereitstellen zu können.
2. Entwicklung einer Feedback-Methode im Training, die während der Fechtlektion genutzt werden kann. Mit Hilfe der neuen Trainingsmethode sollte eine Möglichkeit geschaffen werden, damit Trainer und Athleten unmittelbar während der Lektion neben einem Video-Feedback zusätzlich auch Messdaten zur Mensur und zur Bewegungsgeschwindigkeit während der Angriffsaktion erhalten.
3. Überprüfung der Einsatzmöglichkeiten eines markerlosen Bewegungsanalyse-Systems zur Bestimmung der Mensur und der Bewegungsschnelligkeit während Wettkampfgefechten.

2 Methoden

Die Fragestellungen wurden in zwei Entwicklungsprojekten, zwei Trainingsstudien und zwei Wettkampfstudien untersucht. Der Bundestrainer Ausbildung und Wissenschaft des Deutschen Fechter-Bundes, mehrere Bundes- und Landestrainer sowie aktuelle und ehemalige Top-Athleten wurden von Beginn an in die Planung, Entwicklung und Durchführung einbezogen, um eine hohe Praxisrelevanz und einen optimalen Wissenstransfer zu gewährleisten.

2.1 Wettkampfdatenbank

Für die Analyse des technisch-taktischen Verhaltens der Fechter im Wettkampf wurde eine bereits in anderen Sportarten etablierte Taktik-Analyse-Software (SIMI Scout, SIMI, Unterschleißheim, Deutschland) weiterentwickelt und im Fechtsport eingesetzt. Zur Überprüfung der Bedienbarkeit wurde die neue Methode bei 8 Fechtexperten eingesetzt, die in einem Entwicklungsprojekt 25 Gefechte analysierten. In einer anschließenden Wettkampfstudie analysierten insgesamt 15 Wettkampfbeobachter über 600 Gefechte (internationale Top-32-Athleten + die 64 besten Athleten eines Weltcup-Turniers). Als zentrale Datenbank für den Austausch von Video- und Analysedateien diente ein Cloud-Server. Die Videoaufzeichnungen konnten von einer frei zugänglichen Videoplattplattform bezogen werden (www.fencing-vision.com).

Für die Technikanalyse im Training und im Wettkampf wurden in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung verschiedene Hard- und Softwarelösungen der Firma SIMI (Unterschleißheim, Deutschland) genutzt. Bei allen Lösungen wurde das gleiche Aufnahmesystem eingesetzt. Das Aufnahmesystem bestand aus bis zu 8 Industriekameras (Matrix Vision Blue-

COUGAR–XD104dC, 100 Bilder/s, 2 Megapixel), einem Steuerungsgerät zur Synchronisierung der Kameras sowie einem leistungsstarken Rechner (Intel Xeon CPU E5-2650, 2x 2,2GHz, 64GB RAM, 2 TB SSD, 20 TB HD) zur Aufnahme und Videobearbeitung.

2.2 Trainingsmethode

Ein einfaches markerbasiertes Bewegungsanalyse-System (SIMI Aktisys 3D, SIMI, Unterschleißheim, Deutschland), das bisher überwiegend in der Ganganalyse zum Einsatz kam, wurde für den Einsatz im Fechttraining weiterentwickelt und optimiert. Außerdem wurde der Einsatz eines markerlosen Bewegungsanalyse-Systems (SIMI Shape 3D, SIMI, Unterschleißheim, Deutschland) im Training geprüft und Voraussetzungen für den Praxiseinsatz im Wettkampf geschaffen. In einer Querschnittsstudie zum Vergleich der Mensur und der Bewegungsgeschwindigkeit bei Fechtern unterschiedlicher Leistungsniveaus wurden 19 Bundes- und Landeskaderathleten des Deutschen Fechter-Bundes untersucht. Zur Überprüfung des Einflusses des Feedbacktrainings mit der neuen Trainingsmethode auf das technisch-taktische Verhalten während der Fechtlektion wurden 10 Bundes- und Landeskader-Athleten untersucht.

2.3 Überprüfung Einsatzmöglichkeit Bewegungsanalyse im Wettkampf

Es wurde untersucht, inwieweit das zuvor im Training evaluierte markerlose Bewegungsanalyse-System (SIMI Shape 3D, SIMI, Unterschleißheim, Deutschland) für die Bewegungsanalyse im Wettkampf geeignet ist. Bei einem Weltcup-Turnier und einer Weltmeisterschaft wurden mehrere Gefechte mit der oben beschriebenen Hardware aufgezeichnet und mit SIMI Shape 3D analysiert.

3 Ergebnisse

3.1 Wettkampfdatenbank

Als essentielle Voraussetzung für eine einheitliche und strukturierte Wettkampfanalyse konnte im ersten Entwicklungsprojekt gemeinsam mit dem Bundestrainer Ausbildung/Wissenschaft, den Bundes- und Landestrainern, sowie weiteren Trainern und Fechtexperten des Deutschen Fechter-Bundes ein Analyseschema zur systematischen Taktikanalyse entwickelt werden. Das Analyseschema wurde als Attributsliste, anhand derer verschiedene Merkmale und Merkmalsausprägungen für jede Angriffs- und Verteidigungssituation festgelegt werden konnten, in die Taktik-Analyse-Software SIMI Scout integriert. Außerdem wurden die Anforderungen an eine für die Taktikanalyse im Fechten geeignete Benutzeroberfläche erarbeitet und in der Software umgesetzt. Die finale Version der für das Fechten adaptierten Analysesoftware SIMI Scout wurden auf den Rechnern aller beteiligten Fechtexperten des Deutschen Fechter-Bundes installiert (Abb. 1).

Über 600 Videoaufzeichnungen zu analysierender Gefechte der international besten 64 Fechter wurden auf einem Cloud-Server hinterlegt, der als zentrale Datenbank diente. Die beteiligten Fechtexperten des Deutschen Fechter-Bundes erhielten einen personalisierten Zugang zur zentralen Datenbank, konnten die hinterlegten Videodateien in die Taktik-Analyse-Software importieren und am eigenen Rechner anhand des Analyseschemas analysieren. Nach abgeschlossener Analyse wurde die Datei auf die zentrale Datenbank hochgeladen und stand damit allen beteiligten Fechtexperten zur Verfügung. Auf diese Weise konnte in einem Experten-Team eine größere Anzahl an Gefechtsanalysen bearbeitet und bereitgestellt werden. Die Ergebnisse konnten lokal auf dem Rechner gesichert und detailliert analysiert werden.

Für eine besonders zeitnahe Wettkampfanalyse, wurde die Methode auch vor Ort während eines Weltcup-Turniers und während der Fecht-Weltmeisterschaft 2017 eingesetzt. Dabei konnten durch die Mitwirkung von insgesamt 13 Wettkampfbeobachtern noch am Wettkampftag 45 Gefechte vollständig analysiert werden. Für das Projekt wurde außerdem eine Website entwickelt, über die die Analyseergebnisse mit Gefechtsvideos noch am Wettkampftag den Trainern und Athleten bereitgestellt werden konnten.

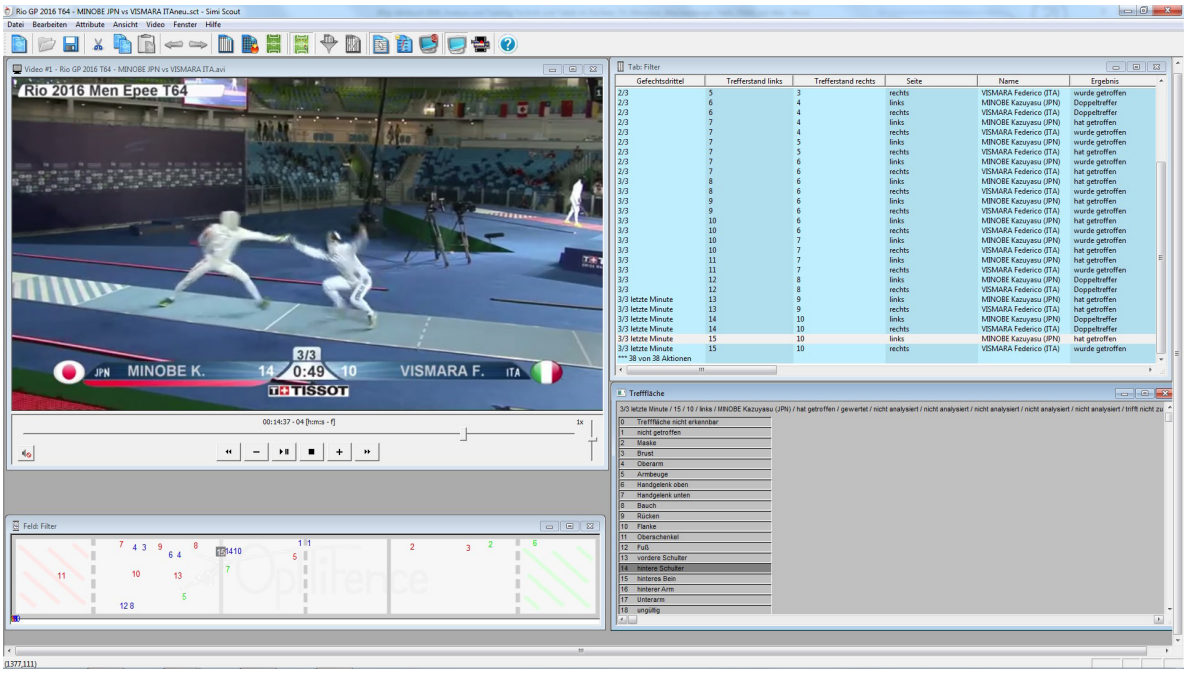


Abb. 1: Analysiertes Gefecht mit tabellarischer Darstellung der Angriffs- bzw. Verteidigungsaktionen beider Fechter

3.2 Trainingsmethode

Für das Technik-Taktik-Training wurde eine Feedback-Trainingsmethode für den praktischen Einsatz während der Fechtlektion entwickelt. Das System bestand aus 4 Hochgeschwindigkeitskameras, die neben dem Videobild auch zwei LED-Marker an der Schulter des Trainers und am Handgelenk des Athleten erfassten. Durch diesen Aufbau waren die Bestimmung der Mensur und die Messung der Geschwindigkeit der Waffenhand während des Fechttrainings in Echtzeit möglich (Abb. 2).

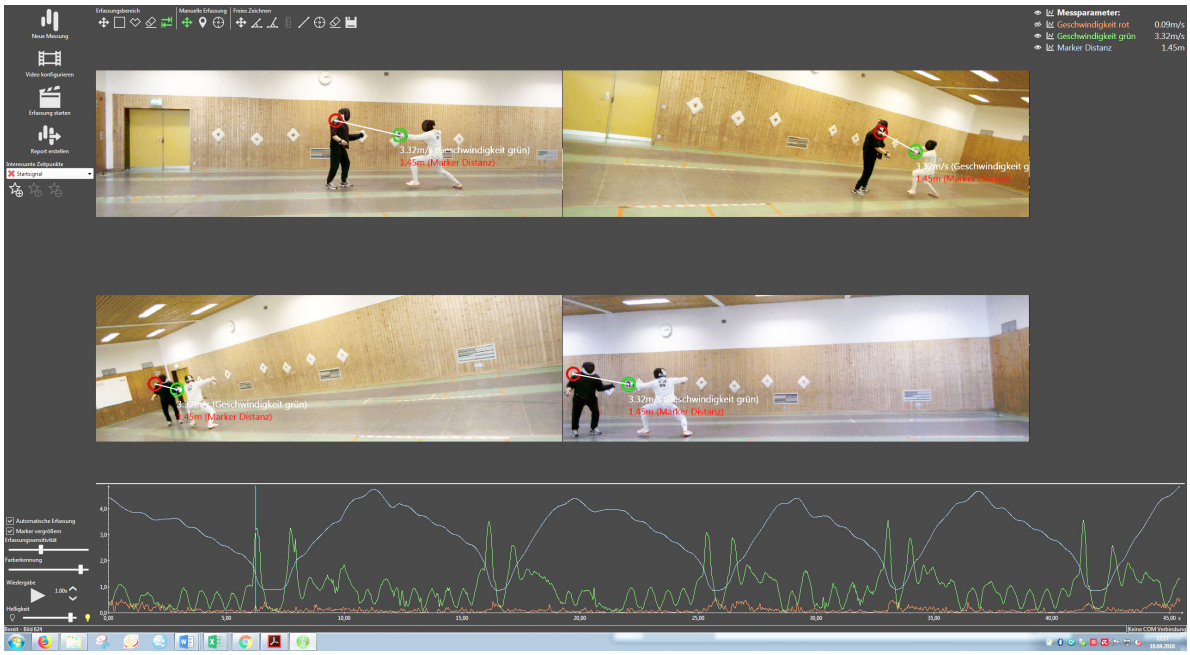


Abb. 2: Überlagerte Videodarstellung der Positionen der Marker (rot: Trainer, grün: Athlet), der Mensur und der Geschwindigkeit der Waffenhand des Fechters während einer Fechtlektion. Unter den Videos werden zusätzlich die Abstandskurve (blau) und die Geschwindigkeit der Waffenhand des Athleten (grün) in einer Grafik dargestellt.

Für die Vorbereitung des Athleten mit der Anbringung nur eines Markers wurde eine vergleichsweise kurze Zeit von 2 Minuten benötigt. Der Trainingsbetrieb wurde dadurch nicht verzögert. Das Feedback durch das Analyse-System konnte unmittelbar nach oder bereits während der Fechtaktion gegeben werden. Durch die Entwicklung der neuen Trainingsmethode ist es erstmalig möglich, die Mensur (Abstand) und die Bewegungsgeschwindigkeit während der Fechtlektion in Echtzeit zu überprüfen und zu optimieren.

Der Vergleich zwischen Fechtern unterschiedlicher Leistungsniveaus (Bundes- vs. Landeskader) zeigte tendenziell höhere Bewegungsgeschwindigkeiten und geringere Abstände zu Beginn des Angriffs (Mensur) bei den leistungsstärkeren Fechtern. Durch ein akustisches Feedback während der Angriffsaktion konnte bei allen Fechtern die Mensur signifikant verbessert und die Bewegungsschnelligkeit erhöht werden.

3.3 Überprüfung Einsatzmöglichkeit Bewegungsanalyse im Wettkampf

Wir führten vorab im Training einen Vergleich eines markerbasierten (SIMI Motion 3D) und eines markerlosen Bewegungsanalysesystems (SIMI Shape 3D) durch und verglichen 12 Gelenkspositionen. Bei der für die Bestimmung der Bewegungsgeschwindigkeit und der Mensur besonders wichtigen Waffenhand fanden wir bei vier verschiedenen Angriffsaktionen eine mittlere Differenz der räumlichen Position von 11 ± 5 mm. Für die Hüft- und Schultergelenke waren die Differenzen insbesondere bei komplexen Angriffsaktionen z. T. deutlich größer. Der Vergleich der Gittermodelle des Athleten, die mit den beiden Methoden generiert wurden, zeigte in den überlagerten Videobildern gute Ergebnisse für beide Methoden.

Wir setzten das Bewegungsanalyse-System SIMI Shape 3D bei einem Weltcup-Turnier und der Fecht-Weltmeisterschaft 2017 ein. Es ist bei beiden Turnieren gelungen, Gefechte aufzuzeichnen und zu analysieren. In Abb. 3 sind exemplarisch neben der Videosequenz und den Gittermodellen der beiden Fechter u. a. der Abstand (Mensur) und die Geschwindigkeiten der Waffenhände abgebildet.

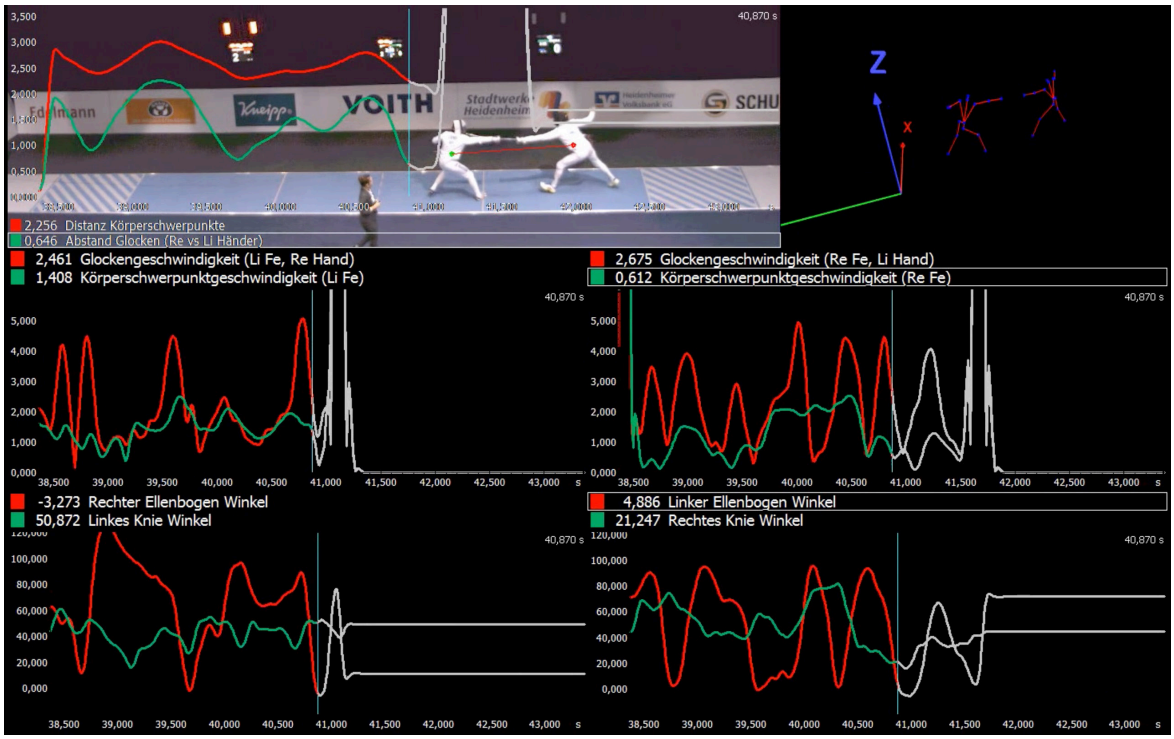


Abb. 3: Grafische Darstellung ausgewählter kinematischer Daten beider Athleten während eines Wettkampfgefechts.

4 Diskussion

In unserem Service-Forschungsprojekt konnten alle Zielstellungen erreicht werden. Die Methoden konnten erfolgreich in die Praxis des Spitzensports implementiert und sowohl in Wettkämpfen als auch im Training systematisch eingesetzt werden.

Mit Hilfe der neuen Wettkampfanalyse-Methode konnten von mehreren Wettkampfbeobachtern nach kurzer Einarbeitungsphase strukturierte Taktik-Analysen nach einem einheitlichen Analyseschema mit der identischen Analyse-Software durchgeführt werden. Die Analyseergebnisse und Wettkampfvideos konnten den Trainern und Athleten zeitnah auf einer zentralen Plattform bereitgestellt werden. Die neu entwickelte Wettkampfanalyse-Methode ist für den Einsatz in der Praxis sehr gut geeignet, und der Deutschen Fechter-Bund wird die Methode zukünftig systematisch nutzen, um die entwickelte Wettkampfdatenbank weiter auszubauen.

Zur Analyse und Optimierung des technisch-taktischen Verhaltens im Training wurde eine Trainingsmethode für die Sportart Fechten entwickelt, mit der während der Fechtlektionen eine einfache Bewegungsanalyse durchgeführt werden kann. Die gewonnen kinematischen Daten sind für die Optimierung des technisch-taktischen Verhaltens im Fechten essentiell und konnten bisher nur in der Laborsituation gewonnen werden (Bottoms et al. 2013, Frere et al. 2011, Morris et al., 2011, Mantovani, 2010). Durch gezielte Trainingsinterventionen mit verschiedenen Feedbackmöglichkeiten konnte das technisch-taktische Verhalten im Training optimiert werden. Bereits während der Fechtlektion stehen zusätzliche Informationen bereit, anhand derer die subjektive Wahrnehmung von Trainer und Athlet durch Videoaufnahmen und Messdaten überprüft und optimiert werden können. Für die Fechtlektion steht damit erstmalig eine Bewegungsanalyse-Methode zur Verfügung, über die wichtige Messdaten bereitgestellt werden können und die im Trainingsalltag praktisch nutzbar ist.

Wir konnten zeigen, dass mit Hilfe der im Projekt für die Sportart Fechten weiterentwickelten markerlosen Bewegungsanalyse-Methode Messergebnisse gewonnen werden können, die mit den Ergebnissen einer markerbasierten Methode hinreichend vergleichbar sind (vgl. Corazza et al. 2010). Die Athleten und der Wettkampf wurden durch die markerlose Bewegungsanalyse-Methode nicht beeinflusst, da keine Vorbereitungen an den Athleten vorgenommen werden müssen. Dadurch steht erstmalig eine Methode zur Verfügung, durch die eine Bewegungsanalyse während des Wettkampfes im Fechten möglich ist.

Die Kombination aus zentraler Taktik-Datenbank, auf die ein Team aus Wettkampfbeobachtern, Trainer und Athleten Zugriff haben und automatisierter markerloser Technikanalyse könnte in den nächsten Jahren ein wichtiges Instrument zur Analyse und Optimierung des technisch-taktischen Verhaltens sowohl in der Sportart Fechten als auch in vielen anderen Zweikampf- und Spielsportarten werden.

5 Literatur

Bottoms, L., Greenhalgh, A., & Sinclair, J. (2013). Kinematic determinants of weapon velocity during the fencing lunge in experienced épée fencers. *Acta of bioengineering and biomechanics, 15* (4), 109-113.

Corazza, S., Mündermann, L., Gambaretto, E., Ferrigno, G., & Andriacchi, T. P. (2010). Markerless Motion Capture through Visual Hull, Articulated ICP and Subject Specific Model Generation. *International journal of computer vision, 87* (1), 156-169.

Frere, J., Göpfert, B., Nüesch, C., Huber, C., Fischer, M., Wirz, D. & Friederich, N. F. (2011). Kinematical and EMG-Classifications of a Fencing Attack. *International journal of sports medicine, 32*, 28-34.

Mantovani, G., Ravaschio, A., Piaggi, P., & Landi, A. (2010). Fine classification of complex motion pattern in fencing. *Procedia engineering, 2* (2), 3423-3428.

Morris, N., Farnsworth, M., & Robertson, D.G.E. (2011). Kinetic analyses of two fencing attacks - lunge and fleche. *ISBS-Conference Proceedings Archive, 1* (1), 343-346.

Roi, G. S. & Bianchedi, D. (2008). The science of fencing: Implications for performance and injury prevention. *Sports medicine, 38* (6), 465-481.

Talentselektion im Deutschen Volleyball-Verband: Entwicklung eines standardisierten Erhebungsinstruments zur Erfassung psychologischer Leistungskomponenten DTB

(AZ 072071/16-17)

Frank Hänsel[1] (Projektleitung), Sören Daniel Baumgärtner[2] (Projektleitung) & Jessica Oppawsky[1]

[1]Technische Universität Darmstadt, Institut für Sportwissenschaft

[2]Goethe-Universität Frankfurt am Main, Institut für Sportwissenschaften

1 Problem

Bei Selektionsentscheidungen, wie Kadernominierungen, werden in der Sportpraxis neben objektiven Daten häufig auch Trainerurteile herangezogen (Christensen, 2009). Obwohl die Expertise von Trainern nicht unterschätzt werden sollte, ist gerade bei Selektionsentscheidungen die mögliche Subjektivität des Urteils, z. B. aufgrund von Urteilsverzerrungen, nicht zu vernachlässigen (Jonas, Stroebe & Hewstone, 2007).

Der Deutsche Volleyball-Verband (DVV) führt alle zwei Jahre im Rahmen einer viertägigen Talentsichtung eine Selektion ihrer Hallenvolleyballer(-innen) für den C-/D-Kader durch. Für diese Selektionsentscheidung werden nicht nur Wettkampfformen, Technik/Koordinations/Athletiktests, Funktionstests und anatomische Aspekte herangezogen, sondern auch psychologische Leistungskomponenten. Zur Erfassung der psychologischen Selektionskriterien wird bisher ein intuitiv entwickelter, teilstandardisierter Beobachtungsbogen verwendet. Fundiert diagnostisch wurde bisher in diesem Bereich nur unterstützend – nicht als Selektionskriterium – mit einem Screeninginstrument zur Erfassung des Athletenverhaltens in kritischen Wettkampfsituationen (FAV; Baumgärtner, 2012) gearbeitet. Darüber hinaus kamen ggf. weiterführende Diagnostikinstrumente aus dem Bereich der Leistungsmotivation zum Einsatz. Die Screeningergebnisse und Befunde dienten lediglich der Unterstützung der Athleten im weiteren Karriereverlauf und wurden den Spielern und Trainern erst nach der Selektionsentscheidung zugänglich gemacht.

In der sportwissenschaftlichen Forschung zur Talentselektion und -entwicklung wird die Bedeutung psychologischer Merkmale beschrieben (Hohmann, 2014). Dabei werden unterschiedliche psychologische Aspekte diskutiert, vielfach aber motivationale und volitionale sowie Bewältigungsprozesse (zsf. Baumgärtner, 2012). Obwohl in den letzten Jahren vermehrt sportspezifische Fragebögen entwickelt wurden, ist die Verhaltensbeobachtung bei vielen diag-nostischen Entscheidungen in der Praxis des Leistungssports üblich (Beckmann & Kellmann, 2008).

Ob Persönlichkeitsfragebögen überhaupt zur Talentselektion und zur Prognostik der Talententwicklung sowie des Erfolgs geeignet sind, wird durchaus auch kritisch diskutiert. Vor allem in Selektionssituationen ist nicht davon auszugehen, dass Selbstauskünfte vollständig wahrhaftig ausfallen (Problematik der sozialen Erwünschtheit). Zudem wird diskutiert, dass die generalisierenden, situationsunabhängigen Selbsturteile in Persönlichkeitsfragebögen für die Prognostik der Talententwicklung ebenfalls nur von eingeschränktem Wert sind, und zwar vor allem bei der Differenzierung von hoch ausgeprägten Leistungsmerkmalen. Das ist zwar bei Fragebögen, die eher situationsorientiert Verhaltensweisen erfassen, wie beispielsweise dem FAV (Baumgärtner, 2012), weniger von Bedeutung, die Problematik der sozialen Erwünschtheit lässt sich hier aber auch aufgrund der Augenscheinvalidität der Items nicht ausschließen. Bei der

Fremdbeurteilung besteht dagegen die Schwierigkeit, dass sich psychologische Leistungskomponenten der direkten Beobachtung entziehen und aus Verhaltens-Situationskonstellationen erschlossen werden müssen. Für eine Annäherung an nicht direkt beobachtbare psychologische Konstrukte ist im Umkehrschluss also eine möglichst gute Konkretisierung von Verhaltens-Situationskonstellationen zu fordern, wie sie etwa im Act Frequency Approach (Handlungshäufigkeits-Ansatz) von Buss und Craik (1983) vorgeschlagen wird. Hier werden beobachtete Häufigkeiten prototypischer manifester Verhaltensweisen in konkreten Situationsklassen als Indikator für latente Eigenschaften im Sinne „natürlicher" kognitiver Kategorien (Amelang, Schwarz & Wegemund, 1989) betrachtet.

Im Rahmen des Service-Forschungsprojekts sollte daher die Erfassung psychologischer Leistungskomponenten im gegebenen Kontext der DVV-Sichtungen, durch die Entwicklung eines standardisierten Erhebungsinstruments, optimiert werden. Die konkretisierte Zielstellung beinhaltete dabei sowohl die Beantwortung der Frage nach den zu erfassenden relevanten Leistungskomponenten im Volleyball als auch nach der Möglichkeit einer objektivierten Erfassung dieser Faktoren sowie der Optimierung der Übereinstimmung der Trainerurteile.

2 Methode

Das methodische Vorgehen orientierte sich an den drei Phasen des Handlungshäufigkeits-Ansatzes (Buss & Craik, 1983) für die Entwicklung eines Fragebogens:

Phase 1. Bestimmung der psychologischen Faktoren und der zugehörigen prototypischen Verhaltensweisen (sog. Acts: konkrete Handlungen in definierten Situationen)

Phase 2. Prototypizitätsprüfung (Beurteilung der Verhaltensbeschreibungen)

Phase 3. Einsatz und Evaluation (Verhaltensbeobachtung und Überprüfung)

In **Phase 1** wurden aufbauend auf den derzeit verwendeten Leistungskomponenten (Einsatz, Umgang mit Misserfolg, soziale Kompetenz, Lernfähigkeit, Lernbereitschaft und volleyballspezifischer Motivation) Trainerinnen und Trainer in Experteninterviews nach leistungsrelevanten psychologischen Komponenten befragt. Dies erfolgte in Form von problemzentrierten, leitfadengestützten Einzelinterviews mit N = 9 Volleyball Bundes-/Landestrainern (Durchschnittsalter = 50 Jahre, zu 91 %. männlich, Durchschnittserfahrung 29 Jahre). Des Weiteren wurden N = 2 erfahrene Nationalspieler (jeweils mehr als 75 A-Länderspiele) interviewt. Die Interviewfragen bezogen sich auf die Eigenschaften hochtalentierter Spieler („Welche Eigenschaften zeichnen Spieler aus psychologischer Sicht aus, die es in die Nationalmannschaft schaffen? Nennen Sie entsprechende Talentkriterien."). Außerdem sollten deren typische Verhaltensweisen beschrieben werden („Welche Verhaltensweisen zeigen Topathleten, an denen Sie diese Eigenschaften festmachen?"). Parallel dazu erfolgte eine Literaturrecherche, um die relevanten Leistungskomponenten im Nachwuchsvolleyball zu bestimmen. Diese wurden unterstützend den Trainern zur Bewertung vorgelegt. Die geführten Interviews wurden nach der vollständigen Transkription qualitativ inhaltsanalytisch (Mayring, 2015) ausgewertet. Anschließend wurden die Trainerinnen und Trainer nach manifesten Verhaltensweisen in konkreten Situationen (Acts) befragt, die sie als besonders leistungsorientiert beurteilen („Wie verhalten sich Spielerinnen bzw. spieler„ die die zu bestimmenden Eigenschaften besitzen?").

Auf dieser Basis, nämlich der vom DVV bereits verwendeten Talentkriterien, der Literaturrecherche und den inhaltsanalytisch extrahierten Expertenaussagen, wurde eine Liste von psychologischen Talentkriterien erstellt und den *N* = 40 Teilnehmern des 41. Internationalen Symposiums des Deutschen Volleyball-Verbandes zur Einschätzung der Relevanz vorgelegt. Abschließend wurden die relevanten Kriterien nach Themen geordnet (Clusterbildung) und mit Cluster-Labels (übergreifenden Talentkriterien) versehen. Hieraus resultierten fünf Talentkriterien, zu denen unter Zuhilfenahme der ausgewerteten Interviews typische Verhaltensweisen (Acts) formuliert wurden.

Diese Verhaltensweisen wurden in der darauffolgenden **Phase 2** von weiteren N = 7 Bundestrainern (86 %. männlich) bezüglich ihrer Proto-

typizität, mittels einer siebenstufigen Likertskala (von 1 = gar nicht prototypisch bis 7 = sehr prototypisch), für das jeweilige zu untersuchende Konstrukt beurteilt. Der resultierende Fragebogen ermöglicht die quantitative Erfassung der gezeigten typischen Verhaltensweisen in einem bestimmten Zeitraum.

In **Phase 3** wurde der konstruierte Beobachtungsbogen von N = 20 Trainern (davon 1 Trainerin) bei der männlichen Kadersichtung im November 2016 in Kienbaum eingesetzt und evaluiert. Anschließend erfolgte eine zweite Testung und Evaluation im Rahmen einer Trainerfortbildung bei einem WM-Qualifikationsspiel des C-Kaders (männlich) im Dezember 2016 in Frankfurt mit N = 15 Trainern (93 %. männlich). Der Beobachtungsbogen wurde abschließend auf Basis der beiden Evaluationsergebnisse überarbeitet.

3 Ergebnisse

Über die Literaturrecherche, die ausgewerteten Interviews und die Expertenbefragung konnten in Phase 1 fünf Talentkriterien für das Sportspiel Volleyball extrahiert werden: (1) Guter Umgang mit Misserfolg, (2) Lernbereitschaft, (3) Handlungsbereitschaft, (4) Lösungsorientierung, (5) Einsatz und Leidenschaft. Die Definitionen der Kriterien sind ebenso wie Beispielaussagen aus den Experteninterviews und prototypische Verhaltensweisen Tab. 1 zu entnehmen.

Tab. 1: Ergebnisse der Inhaltsanalyse und Prototypisierung zur Erfassung psychologischer Kriterien der Talentselektion im Volleyball.

Kriterium	Definition	Beispielaussagen	Prototypische Verhaltensweisen
Guter Umgang mit Misserfolg	Fähigkeit einen Fehler sofort zu akzeptieren und auf den nächsten Ball zu fokussieren bzw. die eigene Unzufriedenheit zu verarbeiten, sie aber nicht dem Team zu zeigen.	„Jeder macht im Leben Fehler, Volleyball bedeutet ständig Fehler zu machen, und wir wollen, dass die Leute Fehler machen. Aber die Frage ist, wie Sie damit umgehen!“	• Der Spieler bereitet sich nach einem Eigenfehler schnell wieder auf den nächsten Ballwechsel vor. • ... zeigt direkt nach einem Eigenfehler eine erfolgreiche Aktion.
Lernbereitschaft	Bereitschaft Hilfe einzufordern sowie (Trainer-) Anweisungen umzusetzen und dabei auch Rückschritte in Kauf zu nehmen, ohne vorschnell wieder in alte Muster zurückzufallen.	„Auch Sachen machen, die sie noch nie gemacht haben und dann schnell lernen.“ „Lernen ist eine Grenzsituation, da muss man lernen mit Unsicherheit umgehen zu können.“	• Der Spieler lässt sich auf Korrekturen ein und versucht sein Verhalten/seine Technik zu verändern. • ... saugt förmlich Informationen auf, wenn eine Übung o. ä. erklärt wird.
Handlungsbereitschaft	Fähigkeit emotionalen oder kritischen Situationen schnell abzuhaken, also zügig wieder handlungsorientiert und handlungsbereit für die nächste Aktion zu sein.	„Wichtig ist das sich freuen können, aber dann im Grunde schnell abhaken.“ „Sich auf das was kommt konzentrieren.“	• Der Spieler tauscht sich gleich nach einer emotionsgeladenen Situation wieder über das weitere Vorgehen mit Mitspielern aus.
Lösungsorientierung	Fähigkeit in Grenzsituationen gute Lösungen zu finden, zielgerichtet und konsequent zu handeln, Dinge – auch nach Anweisung – schnell zu lernen oder umzusetzen (hohe Auffassungsgabe) und nach Erfolg zu streben.	„Der sucht auch in kritischen Situationen eine kreative Lösung.“ „Wenn der den Ball bekommt, der versucht nicht noch irgendeinen Schnörkel, sondern der weiß im Vorhinein, wo er den Ball hinknallen muss.“	• Der Spieler zeigt in einer Drucksituation eine positive Körperspannung. • ... versucht verschiedene Lösungswege. • ... setzt Hinweise bzw. Korrekturen schnell erfolgreich um.
Einsatz und Leidenschaft	Fähigkeit sich mit positiver Gestimmtheit beharrlich, ausdauernd, konzentriert und fokussiert – ggf. durch Rituale unterstützt – anzubieten und mit großem Engagement einzusetzen, sowie den Willen und die Überzeugung zu besitzen an Grenzen zu gehen und hierfür auch die eigene Komfortzone zu verlassen und Risiken einzugehen.	„Denen erklärst du die Übung und sie stellen sich als erstes nach vorne und machen.“ „Die Beißermerkmale, wenn es eine schwierigere Übung ist, oder eine anspruchsvolle Übung mit Erfolgscharakter, ob sie aufgeben oder versuchen das Ziel zu erreichen.“	• Der Spieler kämpft in einer scheinbar aussichtslosen Situation bis zum Schluss. • ... zeigt ehrliche Freude über einen Erfolg oder Lernfortschritt. • ... kämpft in einer scheinbar aussichtslosen Situation bis zum Schluss. • ... sticht durch seine Körpersprache aus der Gruppe heraus.

Aus Phase 2 resultiert ein Beobachtungsbogen, der die quantitative Erfassung der gezeigten Acts zu den Talentkriterien ermöglicht und im Rahmen der Talentsichtung und Trainerfortbildung eingesetzt wurde.

Für die Nominierungsentscheidung wurden die erhobenen Daten in einer Auswertungsmatrix abgebildet, in der die Einzel- und Summenwerte der Verhaltensbeobachtungen für jeden Spieler und jeden Faktor dargestellt wurden. Diese vergleichende Darstellung wurde von den Trainern bei der Nominierungsentscheidung unterstützend eingesetzt.

Im Rahmen der Talentsichtung in Kienbaum bewerteten N = 12 Landes-/Bundestrainer (davon 1 Trainerin) bei in einer schriftlichen Evaluation den Bogen als sehr gut strukturiert, sehr verständlich und ökonomisch anwendbar. Darüber hinaus wurden der Bogen und die Ergebnisdarstellung als hilfreich zur Unterstützung der Nominierungsentscheidung bezeichnet. Nichtsdestotrotz beurteilten die Trainer die Möglichkeiten einer Verhaltensbeobachtung im Rahmen der Kadersichtung noch als verbesserungswürdig.

Bei der kommunikativen Evaluation am Ende der Trainerfortbildung gaben N = 15 Trainer (93 %. männlich) an, dass sich zum gut strukturierten und äußerst verständlichen Aufbau des Bogens, je nach situativem Beobachtungskontext, ob im Training oder Wettkampf, die inhaltliche Passung der Items unterschiedlich gut darstellt.

Daher wurde sich nach Analyse der Evaluationen für die Erstellung drei verschiedener Varianten des Beobachtungsbogens entschieden:

1. Zur **Spielerbeobachtung im Training** durch den Trainer, Betreuer, Sportpsychologen etc.
2. Zur **Spielerbeobachtung im Wettkampf** durch den Trainer, Betreuer, Sportpsychologen etc.
3. Zur **Allgemeinen Bewertung** in Form von **Selbstreflektion** durch den Spieler/Athleten sowie zur **Fremdbeobachtung** durch den Trainer, Betreuer, Sportpsychologen etc.

4 Diskussion

Die im Projektantrag formulierten Ziele

- Optimierung der Erfassung psychologischer Leistungskomponenten im gegebenen Kontext und
- Entwicklung eines standardisierten Erhebungsinstruments als Element der Nominierungsentscheidung

sind mit den vorliegenden Ergebnissen erreicht worden. Mit Hilfe der geführten Experteninterviews, der Bewertung der Talentkriterien nach deren Prototypizität, der Testung der Beobachtungsbögen in der Volleyballpraxis und der finalen Evaluation durch Volleyball-Experten zeichnet sich das Resultat durch einen umfassenden Wissens- und Erfahrungsschatz aus der Praxis und für eben diese aus.

Aufgrund der Evaluationsrückmeldungen zeigte sich, dass der Beobachtungsbogen in der volleyballspezifischen Wettkampfpraxis den Anforderungen entsprechend eingesetzt und auch für Nominierungsentscheidungen als hilfreiche Unterstützung herangezogen werden konnte. Dennoch wurde in dem Zuge auch dem Optimierungswunsch der Trainer Rechnung getragen, indem weitere Varianten des Beobachtungsbogens für unterschiedliche Kontexte in der Volleyballpraxis erstellt wurden, um alle möglichen Einsatzszenarien abdecken zu können.

Schon in der Entwicklungsphase wurde das Projekt Teilnehmern des DVV-Symposiums vorgestellt (Baumgärtner, Oppawsky & Hänsel, i. D.) und nach Finalisierung des Beobachtungsbogens auch auf dem Sportpsychologie-Kongress der asp 2017 in Bern im Rahmen eines Arbeitskreises präsentiert (Baumgärtner, Oppawsky & Hänsel, 2017).

In weiteren Studien sind die einschlägigen Gütekriterien sowie die prognostische Qualität zu prüfen. Außerdem bietet sich die Möglichkeit der Prüfung, inwieweit der Beobachtungsbogen nach einer entsprechenden Anpassung in ballsportartverwandten Disziplinen und deren Spit-

zensportverbänden eingesetzt werden könnte.

Zusammenfassend ermöglicht das nach dem Handlungshäufigkeits-Ansatz entwickelte Beobachtungsinstrument über die Erfassung der Anzahl manifester Verhaltensweisen eine Konkretisierung und Objektivierung latenter Talentkriterien aus der Perspektive von Experten und liefert damit ein Tool für Trainer, Betreuer, Sportpsychologen und Athleten, um auch im Bereich der Talentsichtung und -entwicklung relevante psychologische Leistungsfaktoren wissenschaftlich fundiert erfassen zu können.

5 Literatur

Amelang, M., Schwarz, G. & Wegemund, A. (1989). Soziale Intelligenz als Trait-Konstrukt und Test-Konzept bei der Analyse von Verhaltenshäufigkeiten. *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie, 10* (1), 37-57.

Baumgärtner, S. D. (2012). *Fragebogen zum Athletenverhalten in kritischen Wettkampfsituationen (FAV). Ein situationsspezifisches Screeningverfahren* (Reihe Sportpsychologie, Bd. 8). Frankfurt/Main: Peter Lang.

Baumgärtner, S. D., Oppawsky, J. & Hänsel, F. (i. D.). Psychologische Talentauswahlkriterien im Nachwuchsleistungsvolleyball. In K. Langolf & R. Roth (Hrsg.), *Volleyball international in Forschung und Lehre*. 41. Internationales Hochschul-Symposium des deutschen Volleyball-Verbandes. Hamburg: Feldhaus.

Baumgärtner, S. D., Oppawsky, J. & Hänsel, F. (2017). Talentselektion im Deutschen Volleyball-Verband: Entwicklung eines Erhebungsinstrumentes zur Erfassung psychologischer Leistungskomponenten. In A. Conzelmann (Hrsg.), *Gelingende Entwicklung im Lebenslauf*. 49. Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie (asp) vom 25. bis 27. Mai 2017 in Bern. Unveröffentlichter Tagungsband: Universität Bern.

Beckmann, J. & Kellmann, M. (2008). Von der Diagnostik zu Training und Intervention. In J. Beckmann & M. Kellmann (Hrsg.), *Anwendungen der Sportpsychologie* (Enzyklopädie der Psychologie, Serie 5: Sportpsychologie, Bd. 2, S. 1-39). Göttingen: Hogrefe.

Buss, D. M. & Craik, K. H. (1983). The act frequency approach to personality. *Psychological review, 90* (2), 105-126.

Christensen, M. K. (2009). "An eye for talent": Talent identification and the "practical sense" of top-level soccer coaches. *Sociology of sport journal, 26* (3), 365-382.

Hohmann, A. (2014). Talent im Sport. In M. Stamm (Hrsg.), *Handbuch Talententwicklung* (S. 513-536). Bern: Hans Huber.

Jonas, K., Stroebe, W., & Hewstone, M. (2007). *Sozialpsychologie* (5. vollständig überarbeitete Aufl.). Heidelberg: Springer.

Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken* (12. vollständig überarbeitete und aktualisierte Aufl.). Weinheim: Beltz.

Dopingbekämpfung im Kontext Olympischer Spiele

(AZ 072082/16-17)

Martin Nolte
Deutsche Sporthochschule Köln

Die Olympischen Spiele sind die bedeutendsten Wettkämpfe des organisierten Sports. Veranstaltet werden diese vom Internationalen Olympischen Komitee (IOC), bei dem es sich um einen eingetragenen Verein mit Sitz in Lausanne, Schweiz, handelt. Funktionen und Aufgaben des IOC sind in der Olympischen Charta geregelt. Mit dieser Charta hat sich das IOC auch dem Anti-Doping-Kampf verschrieben und sich an die Spitze der Dopingbekämpfung weltweit gesetzt. Dies gilt in besonderem Maße für die vom IOC organisierten Olympischen Spiele. Die Bekämpfung von Doping stellt mithin eine zentrale Aufgabe im Kontext Olympischer Spiele dar und bezweckt in erster Linie den Schutz der Gesundheit der Athletinnen und Athleten sowie die Sicherung von Fairness und Chancengleichheit.

Dem Schutz dieser Positionen dient der Welt Anti Doping Code (WADC) der Welt Anti Doping Agentur (WADA). Er enthält Verbote und normiert Zuständigkeiten sowie Verfahren von der Durchführung von Dopingkontrollen über den Ausspruch von Sanktionen bis zur Überprüfung der verhängten Maßnahmen. Seinen Vorgaben und Rahmenvorschriften haben die Anti-Doping-Regularien der Sportfachverbände und der Nationalen Anti-Doping Agenturen zu genügen.

Rechtsgrundlage für den Erlass von sportverbandlichen Anti-Doping-Regularien ist die Vereinigungsfreiheit, welche dem organisierten Sport das Recht zur Formulierung sportethischer Moralvorstellungen verleiht. Die Ingerenzen und Grenzen dieser privat geregelten Dopingbekämpfung ergeben sich aus (zwischen)staatlichem Recht, etwa den anerkannten Verfahrensgrundsätzen des freiheitlichen Rechtsstaats sowie den Ansprüchen von Athleten auf Justizgewährung, Berufsfreiheit und informationelle Selbstbestimmung. Diese dem Sportrecht immanenten Wechselwirkungen zwischen sportverbandlichen Regeln und den Normen (zwischen) staatlichen Rechts werfen spezielle Fragestellungen – nicht zuletzt im Kontext Olympischer Spiele – auf. Einigen dieser praxisrelevanten Rechtsfragen im Spannungsfeld zwischen Anti-Doping-Codes, sportverbandlichen Anti-Doping-Bestimmungen sowie grundrechtlichen Verbürgungen und Normen des jüngsten Anti-Doping-Gesetzes ist dieses Projekt gewidmet.

1. **So geht es im ersten Teil um die Frage,** für welchen Zeitraum die Zuständigkeit der Welt Anti Doping Agentur für die Durchführung von Dopingkontrollen bei Olympischen Spielen gegeben ist. Die Regelungen des IOC für die Olympischen Spiele in Rio des Janeiro im Jahre 2016 beispielsweise wurden so offen formuliert, dass die Zuständigkeit der WADA nicht zweifelsfrei von den Zuständigkeiten anderer (nationaler) Anti-Doping-Agenturen abgrenzbar ist. Das IOC beansprucht zwar seine Zuständigkeit für den Zeitraum der Olympischen Spiele 2016. Unklar bleibt allerdings, ob es sich hierbei um eine ausschließliche Zuständigkeit handelt und was unter „Zeitraum der Olympischen Spiele“ zu verstehen ist. Beginnt der Zeitraum der Olympischen Spiele mit der Anreise der Athletinnen und Athleten, mit dem tatsächlichen Beginn der Wettkämpfe, mit der feierlichen Eröffnung? Auch das Ende des Zeitraums ist nicht hinreichend präzisiert. Klare Zuständigkeitsregelungen sind aber zwingende Voraussetzungen für die rechtliche Verwertbarkeit der genommenen Dopingproben.

   Auch die spezifischen Anti-Doping-Regelwerke der Sportfachverbände sowie der Nationalen Anti-Doping-Agenturen beantworten die Zuständigkeitsfragen nicht

präzise. Auch wenn die Verantwortung zur Durchführungen von Dopingkontrollen bei internationalen Sportwettkämpfen grundsätzlich in der (alleinigen) Verantwortung des jeweiligen Veranstalters liegt, was insbesondere auch für das IOC gilt, so enthalten auch diese Regularien keine Definition oder Bestimmung des relevanten Zeitraums.

Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass die Zuständigkeit für die Durchführung von Dopingkontrollen (Wettkampf- wie Trainingskontrollen) während des Zeitraums der Olympischen Spiele beim IOC liegt. Dabei erfolgt auch eine Definition des „Zeitraums der Olympischen Spiele" als Zeitraum zwischen der Eröffnung des Olympischen Dorfes und der Schlussfeier. Eine nähere Betrachtung der einschlägigen Vorschriften zeigt jedoch, dass die Zuständigkeit des IOC während des Zeitraums der Olympischen Spiele weder innerhalb noch außerhalb der Wettkampfstätten eine ausschließliche ist. Vielmehr kommen den anderen Anti-Doping-Organisationen wie der WADA, den internationalen Fachverbänden und den Nationalen Anti-Doping-Agenturen ebenfalls Kontrollkompetenzen zu, welche allerdings abhängig sind von der Genehmigung des IOC. Während des Zeitraums der Olympischen Spiele besteht somit eine Hauptverantwortung des IOC für die Dopingkontrollen bei den für die Olympischen Spiele eingeschriebenen Athleten bzw. Athletinnen, während den Nationalen Anti-Doping-Agenturen lediglich eine subsidiäre Zuständigkeit gegeben ist.

2. **Der zweite Teil geht der Frage nach,** ob sich die sportverbandliche Dopingbekämpfung auf der Grundlage des WADC und des NADC in den Grenzen des (zwischen-)staatlichen Rechts bewegt. Potenzielle Grenzziehungen ergeben sich dabei insbesondere aus den kollidierenden Ansprüchen betroffener Athletinnen und Athleten wie die Berufsfreiheit (a) und das Recht auf informationelle Selbstbestimmung (b).

   a) Mit Blick auf die Berufsfreiheit von Athleten erscheint die Länge der Dopingsperre nicht unproblematisch. So wird der erstmalige Verstoß gegen Anti-Doping-Regularien nach dem aktuellen WADC 2015 mit einer Regelsperre von vier Jahren belegt. Beleuchtet werden insbesondere die Verhältnismäßigkeit einer derartigen Regelsperre und denkbare Rechtsfolgen, die sich aus einer etwaigen Ungültigkeitserklärung der vierjährigen Regelsperre ergeben könnten. Nicht zuletzt im Hinblick auf die internationale Entwicklung, wonach die Regelunkonformität mancher Staaten gravierende Reaktionen von WADA bzw. IOC veranlasst, drängt sich die Beantwortung dieser Fragen auf.

      Nach der vorzunehmenden Abwägung der kollidierenden und grundrechtlich geschützten Interessen dürften die ordentlichen Gerichte im Ergebnis im Sinne der Sportorganisationen und somit zu Gunsten der Verhältnismäßigkeit der mit der Revision des WADC eingeführten Regelsperre von vier Jahren entscheiden. Anders als in früheren Entscheidungen werden heute weitere Gesichtspunkte im Rahmen der Abwägung berücksichtigt, die die Gewichtung der einzelnen Rechtspositionen zu Gunsten der Bejahung der Verhältnismäßigkeit verlagern.

   b) Auch das Recht auf informationelle Selbstbestimmung begrenzt die Zulässigkeit der Anti-Doping-Regularien. Es gibt jedermann das Recht, über seine personenbezogenen Daten selbst zu verfügen. Dies steht in einem Spannungsverhältnis mit den Anti-Doping-Regularien, welche die Preisgabe von personenbezogenen Daten der Sportlerinnen und Sportler einschließlich ihrer Verwendung zur Durchführung unangekündigter Dopingkontrollen als Voraussetzung für eine effiziente Dopingbekämpfung verlangen. Eine formell-gesetzliche Legitimierung dürfte mit dem Ende 2015 in Kraft getretenen Anti-Doping-Gesetz (AntiDopG), welches die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung (bestimmter) personenbezogener Daten zur Durchführung des Dopingkontrollsystems durch die NADA erlaubt, herbeigeführt

worden sein. Inhaltlich ist die Reichweite nach wie vor am Verhältnismäßigkeitsgrundsatz zu messen, dessen Beachtung der Europarat mit Blick auf europäisches Datenschutzrecht in Zweifel gezogen hat.

3. **Der dritte Teil widmet sich der Frage,** ob die üblicherweise zwischen Aktiven und Sportorganisationen geschlossenen Schiedsvereinbarungen in unzulässiger Weise den Justizgewährungsanspruch von Athletinnen und Athleten beschränken. Gerade die im Kontext der Olympischen Spiele vereinbarten Schiedsklauseln sehen eine exklusive Zuständigkeit des Internationalen Sportschiedsgerichtshofs (CAS) in Lausanne unter gleichzeitigem Ausschluss staatlicher Gerichtsbarkeit vor. Die Wirksamkeit derartiger Schiedsvereinbarungen zugunsten des CAS dürfte mit Blick auf das Pyramidalsystem des organisierten Sports trotz einer positiven Entscheidung des Bundesgerichtshofs („Pechstein") sowie des neuen, die Schiedsgerichtsbarkeit begünstigenden § 11 AntiDopG weiterhin angezweifelt werden.

   Als Ergebnis der Untersuchung ist festzuhalten, dass der Justizgewährungsanspruch von Athleten und Athletinnen durch die Sportschiedsgerichtsbarkeit nicht verletzt, sondern konkretisiert wird. Der Verzicht auf den Zugang zu staatlichen Gerichten zu Gunsten der Sportschiedsgerichtsbarkeit erscheint im Sinne einer Sicherung der Gleichbehandlung und Chancengleichheit für die Athleten zumutbar – zumindest solange die angerufenen Schiedsgerichte die grundlegenden Anforderungen an ein unabhängiges und unparteiliches Verfahren erfüllen. Sportverbände dürfen demnach trotz marktbeherrschender Stellung die Teilnahme von Athleten an Wettkämpfen und sonstigen Verbandmaßnahmen vom Abschluss einer Schiedsvereinbarung abhängig machen. Dies betrifft auch Schiedsvereinbarungen bei Olympischen Spielen, wo die Herbeiführung einer schnellen Entscheidung, beispielsweise im Rahmen der ad-hoc-Schiedsgerichtsbarkeit des CAS, von besonderer Bedeutung ist. Aber auch Streitigkeiten, die nicht durch die ad-hoc-Schiedsgerichte des CAS entschieden werden, können durch die einheitliche Durchsetzung einer Schiedsklausel bei allen Athletinnen und Athleten konsequent und homogen entschieden werden. Auch etwaige Bedenken, z. B. hinsichtlich des Verfahrensablaufs beim CAS, vermögen dieses Ergebnis letztlich nicht in Frage zu stellen. Ein Vergleich mit der Sportschiedsgerichtordnung des Deutschen Sportschiedsgerichts zeigt jedoch, dass dieses den Anforderungen an ein rechtsstaatliches Verfahren mit seiner Reform im Jahre 2016 gerechter wird als die Schiedsordnung des CAS. Dies kommt auch in § 11 AntiDopG zum Ausdruck, das zwar keine Aussage darüber trifft, ob Schiedsvereinbarungen einer Inhaltskontrolle standhalten, allerdings voraussetzt, dass die rechtstaatlichen Anforderungen durch das Deutsche Sportschiedsgericht gewahrt werden.

Für die Ausarbeitung und Untersuchung der projektrelevanten Fragen bedienten sich die Verfasser rechtwissenschaftlicher Methoden. So erfolgte eine normorientierte Auswertung des maßgeblichen Schrifttums sowie der einschlägigen Rechtsprechung. Dabei brachten die Verfasser insbesondere die anerkannten Auslegungsmethoden der Rechtswissenschaften zur Anwendung und nahmen den Wortlaut der gegenständlichen Normen als Ausgangspunkt für Ihre Ausführungen. Diese wurden mithilfe der Entstehungsgeschichte und der Genese der entsprechenden Norm eingeordnet und durch systematische Auslegung in ihren Kontext eingebettet. Schließlich erfolgte unter Heranziehung der sogenannten teleologischen Auslegung die Ermittlung von Sinn und Zweck der betreffenden, in Augenschein genommenen Vorschrift.

Literatur

Nolte, M. & Ragaller, A. (Hrsg.) (2017). *Dopingbekämpfung im Kontext Olympischer Spiele, Kölner Studien zum Sportrecht – Band 10,* Institut für Sportrecht.
Dieser Band enthält weitere Literaturnachweise.

Bundesinstitut für Sportwissenschaft
Graurheindorfer Str. 198 · 53117 Bonn
Telefon +49 (0) 228 99 640-0
Telefax +49 (0) 228 99 640-9008
info@bisp.de
www.bisp.de

ISBN: 978-3-96523-004-0