Bundesinstitut
für Sportwissenschaft

Wir helfen
dem Sport

BISp-Jahrbuch

Forschungsförderung 2016/17

Bundesinstitut für Sportwissenschaft

BISp-Jahrbuch

Forschungsförderung 2016/17

SPORTVERLAG *Strauß*

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 2017

BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2016/17
SPORTVERLAG *Strauß*, Hellenthal – 1. Auflage 2018
ISBN 978-3-86884-634-8

Druck
druckhaus köthen GmbH & Co KG, Köthen

Verlag
SPORTVERLAG Strauß
Neuhaus 12 - 53940 Hellenthal
Tel.: (02448) 247 00 40
Fax: (02448) 919 56 10
info@sportverlag-strauss.de
http://www.sportverlag-strauss.de

Printed in Germany

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.

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit schriftlicher Genehmigung des Herausgebers.

Editorial

Auch in diesem Jahr möchten wir das „BISp-Jahrbuch Forschungsförderung“ als Instrument nutzen, um durch die Veröffentlichung einzelner Beiträge aufzuzeigen, wie vielfältig das Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) Projekte im Bereich der sportwissenschaftlichen Forschung unterstützt.

Ein wesentliches Anliegen ist es, dafür zu sorgen, dass Ergebnisse sportwissenschaftlicher Forschung in die Praxis des Spitzensports umgesetzt werden können und die Transparenz in der Forschungsförderung stetig weiterentwickelt wird. Mit kurzen Berichten über die im Berichtszeitraum abgeschlossenen Projekte wenden wir uns an Akteure in (Sport)praxis und (Sport)wissenschaft, um Forschungsergebnisse zu umreißen und Trends aufzuzeigen.

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

Seit Februar 2016 fördert das BISp einen weiteren Projekttyp – die sogenannten Service-Forschungsprojekte, um den olympischen und paralympischen Spitzensport wissenschaftlich zu unterstützen. Anders als z. B. bei den mehrjährig angelegten WVL-Projekten handelt es sich dabei um zeitlich beschränkte Projekte, die unmittelbar die seitens der olympischen Spitzenverbände und des Deutschen Behindertensportverbandes (DBS) artikulierten Forschungs- und Entwicklungsbedarfe mit wissenschaftlicher Unterstützung aufgreifen, Lösungsansätze entwickeln und diese dann kurzfristig und praxisnah umsetzen. Weitere Informationen zu diesem Projekttyp finden Sie auf unserer Homepage unter der Rubrik „Forschung fördern / Service-Forschung“ sowie im aktuellen BISp-Report 2016/17.

Im Kapitel „Medizin und Naturwissenschaften“ werden 26 abgeschlossene Forschungs- und Transferprojekte vorgestellt, im Bereich „Sozial- und Verhaltenswissenschaften“ sind es 14 Projekte. Bei den Service-Forschungsprojekten sind 18 Projekte zu finden, und bei den „WVL-Projekten“ werden die Ergebnisse von 1 Forschungsvorhaben dargestellt.

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

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

Jürgen Fischer

Direktor
des Bundesinstituts für Sportwissenschaft

Inhalt

Medizin und Naturwissenschaften 11

Risikofaktoren für Verletzungen im Feld- und Hallenhockey bei Leistungs- und Nachwuchssportlern und -sportlerinnen 13
Astrid Zech (Projektleitung), Klaus-Michael Braumann & Kai Wellmann

Gelenkkontrolle von Personen mit chronischer Sprunggelenkinstabilität – Analyse der Effekte einer Trainingsintervention 17
Patrick Fürst, Albert Gollhofer (Projektleitung), Heinz Lohrer & Dominic Gehring

Expertise zum Umgang mit Schädel-Hirn-Verletzungen im deutschen Spitzensport 23
Claus Reinsberger (Projektleitung), Katrin Hemschemeier, Dirk Stengel (Co-Projektleitung), Justus Scheder-Bieschin, Romy Scholz, Claas Güthoff, Moritz Weigeldt, Ingo Schmehl, Bernd Wolfarth, Maximilian Grummt, Chris Batz, Tim Meyer, Florian Beaudouin & Frank Mayer

Streckenprofiltraining und Doppelstocktraining für die Optimierung der Vorschubleistung im Nordischen Skisport von Paralympischen Athletinnen und Athleten 33
Veit Wank (Projektleitung), Corinna Coenning, Benedikt Ferstl, Hendrik Heger, Walter Rapp & Ralf Rombach

Vergleich verschiedener Verfahren zur Bestimmung der sportartspezifischen Schwellenleistung hinsichtlich der Prognose für eine Dauerbelastung im Handcycling 41
Carolin Stangier, Sebastian Zeller, Oliver Jan Quittmann, Claudio Perret & Thomas Abel (Projektleitung)

Evaluation eines Modells zur Talentidentifikation im Grundschulalter 47
Andreas Hohmann (Projektleitung), Ulrich Fehr, Maximilian Siener & Stefan Hochstein

Entwicklung und Evaluation von Trainingsprogrammen zur Steigerung muskulärer Leistung (Peak Power) für sportartübergreifende motorische Grundfähigkeiten (Sprint, Sprung, Wurf, Schlag) mit Elektromyostimulation und deren Integration in das Anforderungsprofil verschiedener Disziplinen im Leistungssport 57
Florian Micke, Nicolas Wirtz, Ulrike Dörmann & Heinz Kleinöder (Projektleitung)

Power Profiling als leistungsdiagnostisches Tool im Radsport – Identifizierung leistungsrelevanter physiologischer Zubringergrößen 63
Patrick Wahl (Projektleitung) Sarah Strütt & Prisca Volmary

Konzeption und Evaluation eines Repeated Sprint Ability (RSA) Testverfahrens für die Disziplin Mountainbike Cross-Country (MTB XCO) 71
Hubert Mahler, Mareike Röll, Yannic Corinth, Alexander Bietz, Kai Röcker & Albert Gollhofer (Projektleitung)

Eye-Tracking im Spitzensport – Validität, Grenzen und Möglichkeiten 79
Florian Loffing, Judith Tirp, Norbert Hagemann & Jörg Schorer (Projektleitung)

Wettkampfdiagnostik im Tischtennis 85
Martin Lames (Projektleitung), Michael Fuchs & Sebastian Wenninger

Steigerung des motorischen Lernens in den technisch-akrobatischen Sportarten durch Optimierung der Konsolidierungsphase: eine Labor- und Feldstudie 93
Marco Taubert (Projektleitung)& Jürgen Krug

Beeinflussung zentralnervaler Aktivierungszustände innerhalb des motorischen Lernprozesses: ein Ansatz zur Verkürzung von Lernzeiten in den technisch-akrobatischen Sportarten 101
Marco Taubert (Projektleitung) & Maike Hoff

Analyse und Entwicklung von Startstrategien im Ski Cross und Snowboard Cross 107
Matthias Olvermann, Andreas Huber & Peter Spitzenpfeil (Projektleitung)

Untersuchung der Blickbewegungsstrategien von Badmintonspielern und -spielerinnen der nationalen Spitze 111
Wolf Gawin (Projektleitung), Udo Fries, Jasmin Gaudel, Katharina Zwingmann, Nicholas Hugo Müller & Benny Liebold

Vergleich eines polarisierten Trainingsmodells mit dem aktuellen Trainingsmodell des Deutschen Ruderverbandes 119
Gunnar Treff (Projektleitung), Kay Winkert, Mahdi Sareban, Jürgen M. Steinacker, Martin Becker & Billy Sperlich

Modellbasierte Zeitoptimierung von Pacingstrategien für das Zeitfahren im Straßenradrennsport 123
Markus Gruber (Projektleitung), Raphael Bertschinger & Thomas Kaufmann

Kraftasymmetrie der Beinstrecker: Neuronale oder muskuläre Ursachen? 129
Robert Bollinger, Dieter Bubeck & Wilfried Alt (Projektleitung)

Effekte eines systematischen Trittfrequenz-Trainings auf zentralnervale und muskuläre Aktivität sowie Leistungsfähigkeit im Radsport 139
Manuel Mücke, Elisabeth Lutzke & Kuno Hottenrott (Projektleitung)

Leistungsoptimierung Biathlonschießen – Diagnostik der Schießleistung und Schießmessplatztraining der deutschen Biathlon-Nationalmannschaft in Vorbereitung auf die Olympischen Winterspiele 2018 (Pyeongchang/Südkorea) 147
Dirk Siebert (Projektleitung) & Nico Espig

Sportartspezifische Leistungsdiagnostik und Hilfsmitteloptimierung im paralympischen Hochleistungssport 155
Anja Hirschmüller (Projektleitung), Florian Blab & Patrick Kromer

Mannschaftssynchronisation und Stemmbrett im Nachwuchstraining 2016 161
Klaus Mattes (Projektleitung), Stefanie Manzer, Nina Schaffert & Martin Reischmann

Mannschaftssynchronisation und Stemmbrett im Hochleistungstraing 2016 167
Klaus Mattes (Projektleitung), Stefanie Manzer, Nina Schaffert & Martin Reischmann

Wettkampfbetreuung im Goalball 2016..... 173
Daniel Link (Projektleitung), Christoph Weber & Thomas Prokein (Goalball Bundestrainer)

Beachvolleyball 2016 177
Daniel Link (Projektleitung), Sebastian Wenninger & Jörg Ahmann (Leitender Bundestrainer Beachvolleyball)

Sozial- und Verhaltenswissenschaften 181

Teambuilding: Eine ethnografische Studie zum Verhältnis von Organisation und Disposition im professionellen Volleyball..... 183
Matthias Michaeler & Thomas Alkemeyer (Projektleitung)

Risiko- und Schutzfaktoren für depressive Syndrome und Burnout im Nachwuchsleistungssport – Identifizierung, Diagnostik und Prävention von Vulnerabilitäten 189
Jürgen Beckmann (Projektleitung), Insa Nixdorf & Raphael Frank

Zur Evaluation der Eliteschulen des Sports im Deutschen Leichtathletik-Verband 193
Arne Güllich (Projektleitung)

Sportpsychologische Betreuung der deutschen Biathlon-Nationalmannschaft in den Jahren 2015/16 199
Thomas Ritthaler (Projektleitung) & Jürgen Beckmann

Sportpsychologische Betreuung ausgewählter Athleten und Athletinnen des Bayerischen Schwimmverbandes (BSV)..... 203
Jürgen Beckmann (Projektleitung), Insa Nixdorf & Raphael Frank

Implementierung der sportpsychologischen Betreuung in die deutsche Skilanglauf Nationalmannschaft (DSV) 207
Dorothee Alfermann (Projektleitung) & Marie Hengst

Sportpsychologische Betreuung der Nationalmannschaft Behindertensport – Schwimmen sowie Entwicklung eines sportpsychologischen Ausbildungscurriculums für paralympische Coaches 211
Anke Delow & Ralf Brand (Projektleitung)

Sportpsychologische Betreuung der Nationalmannschaft Behindertensport Boccia sowie Coaching des Bundestrainers innerhalb der Saison 2016 217
Karin Kerschensteiner-Steurenthaler & Ralf Brand (Projektleitung)

Sportpsychologische Eingangsdiagnostik und Betreuung der Herren-Nationalmannschaft Rollstuhlbasketball 221
Dafni Bouzikou & Ralf Brand (Projektleitung)

Sportpsychologische Eingangsdiagnostik und Betreuung der Nationalmannschaft Behindertensport – Sportschützen 225
Dafni Bouzikou & Ralf Brand (Projektleitung)

Erstmalige sportpsychologische Betreuung der Nationalmannschaft im Paracycling des DBS in Vorbereitung auf Olympia in Rio de Janeiro 2016 229
Markus Raab, Babett Lobinger (Projektleitung) Anja Steinbacher & Grit Moschke

Förderung der Sozialkompetenz von Trainerinnen und Trainern im Spitzensport. Leitfadenentwicklung und Multiplikatorenschulung 235
Carmen Borggrefe (Projektleitung), Uwe Blank, Klaus Cachay & Rebecca Dölling

Sportpsychologische Betreuung zur Optimierung der Trainings- und Wettkampfqualität der Abteilung Tischtennis des Deutschen Behindertensport-verbandes e. V. 241
Oliver Höner (Projektleiter) & Thorsten Leber

Bundes- und mischfinanzierte Trainerinnen und Trainer im deutschen Spitzensport – Standortbedingungen und Migrationsanalyse 247
Christoph Breuer (Projektleitung), Pamela Wicker (Projektleitung) & Johannes Orlowski

Service-Forschungsprojekte 251

Vergleichende kinematische Analyse des Sprintschrittes, der maximalen Sprintgeschwindigkeit und Pick-Up-Beschleunigung in verschiedenen Leistungsklassen 253
Klaus Mattes (Projektleitung), Stefanie Manzer & Martin Reischmann

Übertragbarkeit des sportpsychologischen Rahmenkonzepts im Deutschen Handballbund auf den Deutschen Schützenbund 259
Jeannine Ohlert (Projektleitung), Marion Sulprizio, Pia von Keutz & Jens Kleinert

Biomechanische Technikanalyse zum Skiaufkantwinkel im Skisprung 263
Johannes Petrat, Veronica Bessone & Ansgar Schwirtz (Projektleitung)

Einsatz des psychophysiologischen Parameters Cortisol zur Erfassung der Wettkampf- und Trainingsbelastung im Taekwondo 269
Babett Lobinger, Franziska Lautenbach (Projektleitung) & Werner Mickler

PedalMedal – Optimierung des Pedal-SchuhSystems für das Bahnradfahren 275
Eckehard F. Moritz (Projektleitung) & Ingo P. Valtingoier

Optimierung und Validierung eines Messplatzes zur anschließenden Evaluation der Testgütekriterien von Concept 2-Ruderergometern und des FES-Ruder-ergometer Messsystems (TRuE). 279
Gunnar Treff (Projektleitung), Jürgen Bopp, Philipp Weng, Lennart Mentz, J. M. Steinacker, Georg Schulz & Thomas Engleder

Blickstrategien von Badmintonspielerinnen und -spielern der nationalen Spitze unter Belastung 285
Wolf Gawin (Projektleitung), Udo Fries, Katharina Zwingmann, Jasmin Gaudel, Jan-Philipp Stein, Kevin Koban & Karsta Kühnlein

Entwicklung und Evaluation eines Systems zur Bestimmung der Halteruhe von Pistolenschützen auf Basis des Scatt Shooter Training Systems 291
Marian Hoffmann, Gunther Kurz & Thorsten Stein (Projektleitung)

Evaluation eines innovativen Monitoringsystems zur uniaxialen Stockkraftmessung mittels applizierter Dehnmessstreifen – EviS 297
Robin Höhne, Angelos Filippatos, Roman Pärschke, Niels Modler (Projektleitung), Axel Schürer & André Wilhelm

Prävention von Schulterbeschwerden im Speerwurf – 6 Jahres Follow Up-Untersuchung 303
Christoph Köble, Florian Kreuzpointner, Klaus Wörtler, Peter U. Brucker & Ansgar Schwirtz (Projektleitung)

Entwicklung, Erprobung und Implementierung eines videobasierten Feedbacktools zur Optimierung des Trainerverhaltens im leistungssportlichen Training 311
Dennis Drieschner, Markus Finck, Lutz Nordmann & Harald Lange (Projektleitung)

Evaluierung von Talenterfassungs- und Förderungsmaßnahmen des Deutschen Volleyball-Verbandes (DVV) 319
Holger Preuß (Projektleitung), Mathias Schubert, Helmut Scholl, Gerald Fritz & Marcel Diekmann

OptiKnie – Optimierung der Gelenke von Knieorthesen für den alpinen Rennsport auf Basis der Analyse der wahren Kniegelenkskinematik zur Steigerung der Akzeptanz bei den Athletinnen und Athleten 327
Ingo P. Valtingoier & Hannes Lechner (Projektleitung)

Optimierung der Messstrecken im Schwimmen im Bereich Start & Wende (2016-2017) 333
Sebastian Fischer & Armin Kibele (Projektleitung)

Desoxygenierung der Muskulatur im Training und Wettkampf bei den Sportarten Ski Alpin und Snowboard 337
Michael Behringer(Projektleitung), Patrick Wahl, Theresa Schörkmaier, Leonie Fiebig, Claudius Müller & Joachim Mester

Entwicklung und Implementierung erster Elemente eines Qualitätsmanagementsystems sportpsychologisch unterstützter Talententwicklung mit dem Deutschen Segler-Verband 345
Ole Benthien & Nadine Thomas

Systemisches Prozess-Coaching 349
Wolfgang Klöckner (Projektleitung), NewIntelligence

Erstellung und Erprobung einer Konzeption zur Trainerteamentwicklung in der Deutschen Triathlon Union (DTU) 353
Ralf Brand (Projektleitung), Ole Benthien & Birte Steven-Vitense

WVL-Projekte 357

Optimierung von Training und Wettkampf –Regenerationsmanagement im Spitzensport („REGman“) 359
Tim Meyer (Projektleitung), Anne Hecksteden, Sabrina Skorski, Jan Schimpchen, Alexander Ferrauti (Projektleitung), Thimo Wiewelhove, Christoph Schneider, Alexander Döweling, Michael Kellmann (Projektleitung), Sarah Kölling, Maximilian Pelka, Mark Pfeiffer (Projektleitung), Christian Rasche & Stefan Endler

Medizin und Naturwissenschaften

Risikofaktoren für Verletzungen im Feld- und Hallenhockey bei Leistungs- und Nachwuchssportlern und -sportlerinnen

(AZ 070111/15-16)

Astrid Zech (Projektleitung), Klaus-Michael Braumann & Kai Wellmann
Universität Jena, Institut für Sportwissenschaft, Lehrstuhl Trainingswissenschaft

1 Problem

Feldhockey zählt nach Fußball zu den Sportarten mit der höchsten Verletzungswahrscheinlichkeit. Im Vergleich zu anderen Individual- und Spielsportarten findet sich hier eine relativ hohe Anzahl an Verletzungen pro Spieleinheit (Junge et al., 2006). Wenige Übersichtsarbeiten (Murtaugh, 2009) bzw. epidemiologische Studien (Dick et al., 2007; Murtaugh, 2001), die während eines Saisonverlaufs bzw. über mehrere Spielsaisons systematisch hockeyspezifische Verletzungen erfasst haben, lassen neben der Inzidenz auch Rückschlüsse auf Art der Verletzung, Schweregrad, betroffene Körperregionen und Begleitumstände zu. In Deutschland sind Hockeyspieler und -spielerinnen in den Bundes-, Regional-, Ober- und Verbandsligen zudem einer Doppelbelastung von Feld- und Hallenhockeysaison ausgesetzt. Hier ist insbesondere fraglich, ob die kurzen Pausenzeiten zwischen den Spielsaisonzeiten des Feld- und Hallenhockeys möglicherweise einen nachteiligen Einfluss auf die Verletzungsinzidenz im internationalen Vergleich haben. Diesbezüglich geäußerten Vermutungen von Trainern und Spielern fehlt jedoch aufgrund unzureichender Daten die gesicherte Erkenntnisbasis. Zudem gibt es bisher kaum Erkenntnisse zu möglichen Risikofaktoren von Verletzungen im Hockeysport. Obwohl hier, vergleichbar zu anderen Sportarten, eine Reihe von intrinsischen und extrinsischen Einflussfaktoren wirksam sind, kann aufgrund der Doppelbelastung von Hallen- und Feldhockeysaison von einem weitaus multipleren Risikopotential für Verletzungen ausgegangen werden. Genaue Aussagen können diesbezüglich jedoch aufgrund fehlender Daten nicht getroffen werden.

Ausgehend von dem oben beschriebenen Forschungsdefizit war das übergeordnete Ziel des Forschungsvorhabens die Identifikation von Risikofaktoren für Verletzungen im Hockeysport. Gleichzeitig wurden Verletzungen über eine Feld- und Hallenhockeysaison dokumentiert und somit erstmals Daten für geschlechts-, leistungs- und altersbedingte Unterschiede erhoben.

2 Methodik

Der Beobachtungszeitraum umfasste die Feld- und Hallensaison 2015/2016. Rekrutiert wurde in allen Vereinen des Hamburger Hockey-Verbands. Eingeschlossen wurden alle weiblichen und männlichen Spieler der Mannschaften, die in der ersten Bundesliga, zweiten Bundesliga, Regionalliga, Verbandsliga oder Jugend-Regionalliga spielen. Alle Teilnehmer unterzeichneten eine Einwilligungserklärung inklusive Datenschutzerklärung. Bei minderjährigen Teilnehmern wurde das Einverständnis der Eltern eingeholt. Für das Forschungsprojekt liegt ein positives Votum der Ethik-Kommission der Ärztekammer Hamburg vor (PV4893).

In Rahmen der vorsaisonalen Untersuchungen wurden neben Fragebogenerhebungen (Vorverletzungen, psychische Belastung) folgende Beweglichkeits- und Balancetests durchgeführt: Sit&Reach, Weight Bearing Lunge Test (WBLT), Star Excursion Balance Tests (SEBT) und Balance Error Scoring System (BESS Test). Nach einem fünfminütigen Aufwärmprogramm wurden zudem Tests zur Erfassung der Sprung- und Reaktivkraft (Squat Jump, Counter Movement Jump, Drop Jump), Sprintzeiten (30 Meter) und

Gewandtheit (Change-of-Direction and Acceleration Test = CODAT) absolviert.

Zum Zeitpunkt des ersten Saisonspieles startete die Dokumentation der individuellen Spiel- und Trainingsbelastungen sowie die Erfassung sämtlicher Verletzungen und Erkrankungen, durch die eine Teilnahme des Spielers/der Spielerin am regulären Trainings- oder Spielbetrieb nicht möglich war. Die Dokumentation für die einzelnen Mannschaften endete mit dem letzten Pflichtspiel der Saison. Die individuellen Expositionszeiten wurden mit Hilfe eines standardisierten Dokumentationsbogens erfasst. Der Bogen umfasste das Datum und die Dauer der jeweiligen Aktivität in Minuten. Zusätzlich wurde bei Nicht-Teilnahme an Training oder Spiel der Grund der Abwesenheit abgefragt. Die Dokumentationsbögen wurden auf wöchentlicher Basis von den Vereinen eingesammelt oder per Fax oder E-Mail an den Versuchsleiter übermittelt und anschließend in eine elektronische Datenbank übertragen.

Die Dokumentation der Verletzung erfolgte über einen standardisierten Erfassungsbogen. Dabei wurden Zeitpunkt (Training/Spiel), Lokalisation, Art und Grund der Verletzung erfasst. Zudem wurde die Ausfallzeit in Training und Wettkampf in Tagen dokumentiert. Die Verletzungsbögen sollten von den Mannschaftsärzten und Physiotherapeuten ausgefüllt werden. In den Fällen, wo kein medizinisches Personal dauerhaft zur Verfügung stand, erfolgte die Dokumentation der Verletzungen direkt über die Trainer. Für die Berechnung der Verletzungsraten wurden die Prävalenz, kumulative Inzidenz und Inzidenzraten ermittelt. Die Berechnung der Inzidenzraten erfolgte dabei über die Formel: Anzahl der Verletzungen/Expositionszeit x 1000. Mögliche Unterschiede in der Verletzungsinzidenz zwischen der Feld- und Hallensaison, zwischen den Geschlechtern, so wie zwischen den Spielklassen wurden mit Hilfe des Student´s t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt. Die Analyse der Risikofaktoren erfolgte durch Zweigruppenvergleich der verletzten Spieler vs. der unverletzten Spieler. Intervallskalierte Parameter wurden mittels t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt, für kategoriale Variablen kamen der Person's Chi2 test und Fisher's exact test zum Einsatz.

3 Ergebnisse

Insgesamt nahmen 232 Spieler und Spielerinnen aus 14 Mannschaften und 6 Vereinen (68,1 % Männer und 31,9 % Frauen) teil. Davon fielen 84,5 % auf den Erwachsenenbereich und 15,5 % auf den Jugendbereich. Differenziert nach Ligazugehörigkeit waren die meisten Spieler bzw. Spielerinnen aus der 1. Bundesliga (31,9 %), gefolgt von der 2. Bundesliga (19,0 %), Regionalliga / Oberliga (18,5%), sowie Verbandsliga (15,1 %) und Jugendmannschaften (15,5 %).

Im Beobachtungszeitraum haben sich 84 der 232 Spieler bzw. Spielerinnen verletzt. In der Feldsaison waren 61,0 % und in der Hallensaison 36,0 % der Spieler bzw. Spielerinnen ($p = 0.314$) betroffen. Die Verletzungsinzidenz lag bei 3,74 Verletzungen pro 1000 h Expositionszeit. Im Spiel zeigten sich höhere Inzidenzen (Feld: 11,11; Halle 7,61 Verletzungen pro 1000 h) als im Training (Feld: 2,83; Halle 2,44 Verletzungen pro 1000 h) ($p < 0.001$). Differenziert nach Geschlecht, lag die Inzidenz pro 1000 h bei Männern bei 3,81 und bei Frauen bei 3,54 ($p = 0.747$). Unterteilt nach Spielklasse, zeigte sich die höchste Verletzungsinzidenz in der Regionalliga/Oberliga mit 4,42 Verletzungen pro 1000 h, gefolgt von der 1. Bundesliga mit 4,26 Verletzungen pro 1000 h, der Jugend Regionalliga mit 3,53 Verletzungen pro 1000 h, der Verbandsliga mit 2,69 Verletzungen pro 1000 h und der 2. Bundesliga mit 2,09 Verletzungen pro 1000 h. Verletzungen traten häufiger ohne (57,4 %) als mit Kontakt (36,1 %) auf. Die meisten Verletzungen wurden als leicht (38,0 %) eingestuft, gefolgt von den schweren Verletzungen mit 31,5 % und den mittleren Verletzungen mit 30,5 %. Am häufigsten traten Verletzungen im Bereich der unteren Extremitäten (59,3 %) auf. Hier waren überwiegend die Oberschenkel (18,5 %), die Kniegelenke (10,2 %) und die Sprunggelenke (10,2 %) betroffen. Bei den oberen Extremitäten trat mit 14,8 % die häufigste Verletzung im Bereich der Hände/Finger auf.

Als Risikofaktoren für Verletzungen der unteren Extremität konnten die Expositionszeit, das Geschlecht und die Sprintzeiten über 30 Meter identifiziert werden. Hinsichtlich die Expositionszeiten wiesen die verletzten Athletinnen/Athleten im Durchschnitt 29 Stun-

den mehr Gesamtexpositionszeit (p = 0,002; 95 %-CI: 11-48 h), 19 Stunden mehr Trainingszeit (p = 0,023; 95 %-CI: 3 - 35 h) und 8 Stunden mehr Spielzeit (p < 0,001; 95 %-CI: 5-11 h) auf. Frauen zeigten zudem ein erhöhtes Risiko für Verletzungen der unteren Extremität (p = 0,046). Im 30-Meter Sprint absolvierten die verletzten Athleten die Laufstrecke im Durchschnitt 0,130 Sekunden (95 %-Konfidenzintervall 0,030-0,230 s) schneller als die nicht-verletzten Athleten (p = 0,011). Die Beweglichkeit, Balance, Sprungleistung und Gewandtheit waren hingegen nicht unterschiedlich zwischen Athletinnen/Athleten mit und ohne Verletzungen der unteren Extremität.

4 Diskussion

In der durchgeführten Untersuchung konnte gezeigt werden, dass Verletzungen im Hockey häufiger während der Feldsaison als in der Hallensaison und meist innerhalb eines Spiels auftreten. Die in dieser Studie erfassten Verletzungsinzidenzen liegen leicht über zuvor berichteten Verletzungsraten von Murtaugh (2001) und Kumar et al. (2015), aber deutlich unter den Angaben von Jung et al. (1998) und Kirr et al. (2007) lagen. Ursachen hierfür könnten in methodischen Unterschieden liegen. Als Risikofaktoren für Verletzungen konnten hohe Expositionszeiten (Gesamt, Training, Spiel), hohe Sprintleistungen und Geschlechterunterschiede identifiziert werden. Andere Kenngrößen hinsichtlich der Vorverletzung, der Balance (BESS-Test), der dynamischen posturalen Kontrolle (SEBT), sowie der Flexibilität (Sit and Reach, WBLT) waren hingegen keine Risikofaktoren für Verletzungen der unteren Extremität. Dies steht teilweise im Gegensatz zu den Ergebnissen aus anderen Studien, in denen sowohl eine eingeschränkte Sprunggelenksbeweglichkeit (de Noronha et al. 2009), als auch eine verminderte dynamische Posturale Kontrolle (Plisky et al., 2006) mit einer erhöhten Verletzungsinzidenz assoziiert waren. Trotz einiger methodologischer Einschränkungen, zeigt die Untersuchung, dass eine systematische Dokumentation von Trainings- und Spielbelastungen, sowie eine standardisierte Erfassung von Verletzungen einen sinnvollen Beitrag für gezielte Handlungsmaßnahmen ermöglicht.

5 Literaturverzeichnis

De Noronha, M., Refshauge, K. M., Herbert, R. D. & Kilbreath, S. L. (2006). Do voluntary strength, proprioception, range of motion, or postural sway predict occurrence of lateral ankle sprain? *British journal of sports medicine, 40*, 824-828.

Dick, R., Hootman, J. M., Agel, J., Vela, L., Marshall, S. W. & Messina, R. (2007). Descriptive epidemiology of collegiate women's field hockey injuries: National Collegiate Athletic Association injury surveillance system, 1988-1989 through 2002-2003. *Journal of athletic training, 42* (2), 211-220.

Eggers-Ströder, G. & Hermann, B. (1994). Verletzungen beim Feldhockey. *Sportverletzung Sportschaden, 8*, 93-97.

Hermann, B., Eggers-Ströder, G. & Steiner, D. (1991). Hallenhockey: Verletzungen und Prävention. *Sportverletzung Sportschaden, 5*, 85-89.

Jung, R., Dufek, P. & Traut, R. (1998). Feld- und Hallenhockey: Belastung und Gefährdung des Bewegungsapparates durch Verletzugen und Sportschäden. Deutsche *Zeitschrift für Sportmedizin, 49* (11+12), 332-339.

Junge, A., Langevoort, G., Pipe, A., Peytavin, A., Wong, F., Mountjoy, M., Beltrami, G., Terrell, R., Holzgraefe, M., Charles, R. & Dvorak, J. (2006). Injuries in team sport tournaments during the 2004 Olympic games. *American journal of sports medicine, 34* (4), 565-576.

Kirr, R., Gaulrapp, H. & Zenker, H. (2007). Verletzungen und Überlastungssyndrome beim Hockeysport. *Sporthorthopädie Sporttraumatologie, 23*, 119-125.

Kumar, S., Kulandaivelan, S., Kaur, J., Chaturvedi, R., Malik, A. S., Punia, S., Singh, V. & Kumar, V. (2015). One year prevalence of muskuloskeletal disorder among field hockey players in Haryana: A retrospective study. *Journal of physical education research 2* (IV), 48-56.

Murtaugh, K. (2001). Injury patterns among female field hockey players. *Medicine & science in sports & exercise, 33* (2), 201-207.

Murtaugh, K. (2009). Field Hockey Injuries. *Current sports medicine reports, 8* (5), 267-272.

Plisky, P. J., Gorman, P. P., Butler, R. J., Kiesel, K. B., Underwood, F. B. & Elkins, B. (2009). The reliability of an instrumented device for measuring components of the star excursion balance test. *North American journal of sports physical therapy 4* (2), 92-99.

Gelenkkontrolle von Personen mit chronischer Sprunggelenkinstabilität – Analyse der Effekte einer Trainingsintervention

(AZ 070103/16)

Patrick Fürst[1], Albert Gollhofer (Projektleitung)[1], Heinz Lohrer[2] & Dominic Gehring[1]

[1] Universität Freiburg, Institut für Sport und Sportwissenschaft
[2]European SportsCare Network (ESN), Zentrum für Sportorthopädie

1 Problem

In vielen populären Sportarten ist das Sprunggelenk eine der am häufigsten verletzten Strukturen des Athleten (Fong et al., 2007). Eine initiale Verletzung des lateralen Sprunggelenkkomplexes zieht bei einer großen Zahl der Betroffenen langwierige Beschwerden wie Instabilitätsgefühl, Schmerzen und wiederholtes Umknicken nach sich (Braun, 1999; Verhagen, de Keizer, & van Dijk, 1995; Yeung et al., 1994).

Sensomotorische Trainingsprogramme, deren Ziel es ist, diesen Folgen vorzubeugen, konnten Verletzungszahlen bereits erfolgreich reduzieren (Bahr & Bahr, 1997; Mohammadi, 2007). Die genauen Wirkmechanismen dieser Trainingsprogramme wurden bislang jedoch kaum evaluiert (Kaminski et al., 2013). Die Kenntnis dieser Wirkmechanismen ist notwendig, um Trainingsinterventionen zukünftig weiter zu verbessern und zielgenau auf die Bedürfnisse von Athleten und Patienten anzupassen. Von besonderer Bedeutung sind daher Trainingsprogramme, von denen sowohl die Auswirkung auf Verletzungszahlen als auch die durch das Training hervorgerufenen Veränderungen bekannt sind.

Daher sollten im vorliegenden Studienvorhaben die Auswirkungen einer nachgewiesenermaßen wirksamen Trainingsintervention (Hupperets, Verhagen, & van Mechelen, 2009) auf verschiedene Parameter der neuromuskulären Kontrolle des Sprunggelenks bei Personen mit chronischer Sprunggelenkinstabilität (CAI) untersucht werden. Zu diesem Zweck durchliefen die Testpersonen vor und nach der Trainingsintervention eine multistationäre Testbatterie. Um etwaige Veränderungen auf das Trainingsprogramm zurückführen zu können, wurde eine Kontrollgruppe ins Studiendesign miteinbezogen. Wir nahmen an, dass die Trainingsintervention eine Zunahme der isometrischen Maximalkraft der sprunggelenkumgreifenden Muskulatur, eine Verbesserung in der Reproduktion von Gelenkwinkeln, eine verbesserte Gleichgewichtsfähigkeit sowie eine Verbesserung der subjektiven Wahrnehmung der Stabilität des Sprunggelenks bewirken würde.

Außerdem sollte mit der vorliegenden Studie die Frage beantwortet werden, ob sich die Belastung des Sprunggelenkkomplexes bei verletzungsnahen simulierten Umknickvorgängen verringern lässt. Wir gingen davon aus, dass die Trainingsgruppe nach der Intervention reduzierte maximale Inversionswinkel und Inversionswinkelgeschwindigkeiten im Sprunggelenk aufweisen würde.

2 Methodik

Für die Teilnahme an der vorliegenden Studie wurden lediglich Personen mit funktioneller Sprunggelenkinstabilität berücksichtigt, die zu Studienbeginn mindestens in einer Risikosportart für Sprunggelenkverletzungen (Fußball, Handball, Basketball, Hockey) aktiv waren, eine Verletzungshistorie von mindestens zwei Supinationstraumata am selben Sprunggelenk aufwiesen sowie einen CAIT-Score von ≤ 24 erzielten (BISp-Projekt IIA1-070114/12; Gehring et al., 2014). Personen mit bestehenden orthopädischen oder neurologischen

Beschwerden wurden von der Teilnahme ausgeschlossen. 30 sportlich aktive Personen mit funktioneller Sprunggelenkinstabilität wurden paarweise (nach Alter, Größe, Gewicht, CAIT-Score) gematcht und randomisiert auf eine Kontroll- und eine Trainingsgruppe aufgeteilt. Alle Testpersonen erteilten vor Studienbeginn ihr schriftliches Einverständnis zur Teilnahme an der Studie, deren Durchführung von der Ethikkommission der Universität Freiburg genehmigt wurde.

Die Trainingsgruppe führte das bereits erwähnte Trainingsprogramm von Hupperets et al. (2009) über einen Zeitraum von acht Wochen selbstständig durch. Das Training bestand aus sechs verschiedenen Übungen, deren Schwierigkeitsgrade über den Trainingszeitraum kontinuierlich gesteigert wurden (Hupperterts, Verhagen, & van Mechelen, 2008). Um das Trainingsprogramm weiter zu optimieren, wurden dem Training in einer siebten Übung einbeinige Sprünge und Landungen hinzugefügt.

Ausgehend von der Vermutung, dass Adaptionen an Trainings-Stimuli in mehreren Dimensionen unseres neuromuskulären Systems auftreten können, wurde ein multimodaler Testaufbau gewählt, den die Personen aus beiden Gruppen vor und nach der Trainingsphase durchliefen.

Zunächst wurde mithilfe eines in Freiburg entwickelten 2D-Sprunggelenk-Testgerätes die Reproduktion von Gelenkwinkeln überprüft. Allen Versuchspersonen wurden 3 verschiedene Winkelstellungen vorgegeben, die im Anschluss aktiv reproduziert werden sollten: 10° Inversion, 20° Inversion und 10° Eversion. Aus den so aufgenommenen Werten wurde der prozentuale Fehler in allen drei Richtungen bestimmt.

Für die Analyse der Maximalkraft in In- und Eversion wurde das Sprunggelenk des Probanden im eben beschriebenen Testgerät in der Frontalebene um 10° ausgelenkt und fixiert und der Proband versuchte in dieser Position seine maximale isometrische Kraft in die Gegenrichtung (in Richtung Nullstellung) zu entwickeln. Der Mittelwert dreier Messdurchgänge wurde für die statistische Analyse genutzt.

Zur Untersuchung der Gleichgewichtsfähigkeit diente der Star Excursion Balance Test (SEBT), der bei Personen mit CAI einen Zusammenhang zum Verletzungsrisiko aufweist (Hegedus et al., 2015). Bewegungen nach anteromedial, medial und posteromedial wurden analysiert (Hertel et al., 2006).

Die Analyse von simulierten Umknickvorgängen erfolgte mithilfe einer ebenfalls in Freiburg konstruierten Supinationsplattform (Gehring et al., 2014). Die Platte wurde für die Probanden unter zwei Bedingungen ausgelöst: a) während des aufrechten Beidbeinstands, b) während des beidbeinigen Hüpfens auf der Plattform. Der genaue Zeitpunkt des Umknickens war den Probanden dabei nicht bekannt. Um die Bewegungen des Sprunggelenks in drei Dimensionen zu untersuchen, wurden reflektierende Hautoberflächenmarker (Æ 14 mm) auf Knie, Unterschenkel, Sprunggelenk und Fuß angebracht und mithilfe eines aus 12 Kameras bestehenden 3D-Bewegungsanalysesystems (VICON MX System, Vicon, Oxford, Großbritannien) aufgezeichnet. Gelenkrotationen in drei Dimensionen wurden auf Grundlage der Empfehlungen der International Society of Biomechanics ermittelt (Wu et al., 2002). Der Fokus der Analyse lag dabei auf maximalen Inversionswinkeln und –winkelgeschwindigkeiten im Sprunggelenk während der Auslenkung der Plattform.

Abschließend wurde die subjektive Wahrnehmung der Gelenkstabilität mit dem ins Deutsche übersetzten und validierten Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT) (Gehring et al., 2014; Hiller et al., 2006) erhoben, um festzustellen, ob die Effekte der Trainingsintervention spürbare Veränderungen für die Teilnehmer mit sich brachten.

Die statistische Überprüfung hinsichtlich signifikanter Trainingseffekte erfolgte mittels einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung auf dem Faktor „Zeit“ (prä vs. post) und dem Zwischensubjektfaktor „Gruppe“ (Trainings- vs. Kontrollgruppe) sowie mit post-hoc t-tests (alpha-Level: $p = 0,05$).

3 Ergebnisse

In der Varianzanalyse zeigte sich ein signifikanter Trainingseffekt im SEBT. Sowohl nach anteromedial ($p < 0,001$) als auch nach medial ($p = 0,004$) und posteromedial ($p = 0,025$) wies die Trainingsgruppe signifikant größere Verbesserungen auf als die Kontrollgruppe (Abb. 1).

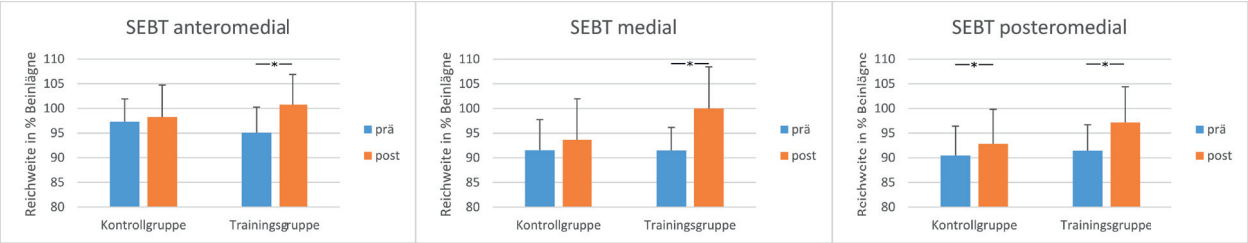


*Abb. 1: Resultate des Star Excursion Balance Test. Abgebildet sind die erzielten Ergebnisse in Prozent der Beinlänge in den drei untersuchten Richtungen. * = signifikanter Unterschied zwischen den Messzeitpunkten.*

Post-hoc Vergleiche ergaben, dass sich nach anteromedial lediglich die Trainingsgruppe signifikant verbesserte ($p < 0{,}001$). Nach medial wiesen beide Gruppen Verbesserungen über den Interventionszeitraum auf: Die Kontrollgruppe steigerte ihre Werte um durchschnittlich 2 Prozent ($p = 0{,}057$), wohingegen die Verbesserung bei der Trainingsgruppe 9 Prozent betrug ($p < 0{,}001$). Ähnliche Entwicklungen waren nach posteromedial zu beobachten, wobei die Kontrollgruppe sich um 3 Prozent ($p = 0{,}009$) und die Trainingsgruppe um 7 Prozent ($p < 0{,}001$) steigern konnte.

Alle anderen Parameter zeigten keine signifikante Veränderung durch die Intervention. Weder für die Winkelreproduktion ($p > 0{,}337$) noch für die maximale isometrische Kraft in Inversion- ($p = 0{,}412$) und Eversionsrichtung ($p = 0{,}902$) oder für die Inversionswinkel ($p \geq 0{,}081$) und –winkelgeschwindigkeiten ($p \geq 0{,}184$) auf der Supinationsplattform ergaben sich Effekte durch das Trainingsprogramm. Auch die subjektive Wahrnehmung der Sprunggelenkstabilität veränderte sich durch das Training über den Untersuchungszeitraum nicht ($p = 0.882$).

4 Diskussion

Defizite in der Kraftfähigkeit der sprunggelenkumgebenden Muskulatur, Beeinträchtigungen der Gleichgewichtsfähigkeit und Defizite in der Propriozeption werden häufig mit chronischer Instabilität des Sprunggelenks in Verbindung gebracht (Hertel, 2002). Daher sollte im vorliegenden Studienvorhaben untersucht werden, ob ein Trainingsprogramm Verbesserungen der isometrischen Maximalkraft, der Gleichgewichtsfähigkeit und der Reproduktion von vorgegebenen Gelenkwinkeln bewirkt.

Die Trainingsintervention hatte lediglich in Bezug auf die Gleichgewichtsfähigkeit signifikante Veränderungen zur Folge. Einerseits konnte also ein wichtiger Parameter der Sprunggelenkskontrolle durch das Training verbessert werden, andererseits zeigten alle anderen gemessenen Parameter keinen Trainingseffekt, und es konnte kein Transfer hinüber in die tatsächliche Umknicksituation auf der Supinationsplattform festgestellt werden.

Die Bedeutung einer gut ausgeprägten Gleichgewichtsfähigkeit in Bezug auf die Prävention von Sprunggelenkverletzungen zeigt sich zunächst indirekt in Berichten über eine defizitäre Balancefähigkeit von Personen mit CAI (Doherty et al., 2016; Linens et al., 2014). Auf einen Zusammenhang zwischen Balancefähigkeit und Verletzungsprävention deutet auch eine Studie von Eils et al. (2010) hin, deren Trainingsintervention sowohl Verletzungszahlen reduzierte, als auch positive Effekte auf den Schwankweg im Einbeinstand und die Wahrnehmung der Gelenkposition zeigte. Dies legt den Schluss nahe, dass die verbesserte Balancefähigkeit und die verbesserte sensorische Wahrnehmung mit der Reduktion der Verletzungszahlen in Verbindung stehen. Die vorliegende Studie bestätigt, dass ein nachgewiesenermaßen erfolgreiches Präventionsprogramm die Balancefähigkeit im SEBT verbessert. Die unterschiedlich starken Veränderungen der beiden Untersuchungsgruppen belegen, dass die beobachteten Verbesserungen nicht nur einem Gewöhnungseffekt durch die wiederholte Ausführung des Tests geschuldet sind, sondern dass das Training einen zusätzli-

chen positiven Effekt auf die Gleichgewichtsfähigkeit hat, der ungleich größer ist als der vermutlich vorhandene Gewöhnungseffekt.

Frühere Studien konnten darüber hinaus Effekte von Präventionsmaßnahmen auf die Wahrnehmung der Gelenkposition (Eils et al., 2010), auf die Kinematik des Sprunggelenks bei Landungen und die subjektive Wahrnehmung der Sprunggelenkstabilität nachweisen (O'Driscoll, Kerin, & Delahunt, 2011). Ein Überblick über verschiedene Studien erlaubt außerdem vorsichtige Rückschlüsse auf die Effektivität von Trainingsmaßnahmen in Hinblick auf Zuwächse der isometrischen Maximalkraft sowie auf veränderte Latenzzeiten der sprunggelenkumgreifenden Muskulatur (O'Driscoll & Delahunt, 2011). In der vorliegenden Studie bewirkte das achtwöchige Training jedoch weder Zuwächse der Maximalkraft noch eine verbesserte Gelenkwinkelwahrnehmung oder subjektive Einschätzung der Sprunggelenkstabilität. Genauso wenig konnten Anpassungen in der Reaktion auf simulierte Umknickvorgänge auf der Supinationsplattform beobachtet werden.

Dafür könnten verschiedene Faktoren verantwortlich sein: Im Hinblick auf die Dauer der Intervention sind acht Wochen möglicherweise nicht ausreichend, um die gewünschten Effekte nachweisen zu können. Außerdem könnte das Probandenkollektiv vor dem Hintergrund dessen, dass sowohl die Defizite als auch die Verbesserungen durch ein Training bei Personen mit chronischer Instabilität eher gering und sehr individuell sein könnten, nicht groß genug gewesen sein. Weiterhin wurden lediglich Personen eingebunden, die am regulären Wettkampfbetrieb auf hohem Niveau teilnahmen, was dafür gesorgt haben könnte, dass sich das Probandenkollektiv insgesamt bereits vor Studienbeginn auf einem hohen Leistungsniveau befand. Eine weitere Leistungssteigerung könnte dadurch im betrachteten Zeitraum erschwert worden sein.

Natürlich besteht auch die Möglichkeit, dass die im Trainingsprogramm enthaltenen Übungen ungeeignet waren, um die angenommenen Veränderungen hervorzurufen. Die Auswahl des Trainingsprogramms erfolgte auf Grundlage der Reduktion von Verletzungszahlen, die durch das Trainingsprogramm belegt sind (Hupperets et al., 2009). Darüber hinaus wurde eine weitere Übung mit einbeinigen Sprüngen und Landungen implementiert, um dem Trainingsprogramm ein dynamisches Element hinzuzufügen. Diese Übungen erfordern eine ständige Kontrolle des Sprunggelenks, wodurch sowohl die afferenten Rückmeldungen als auch die efferente Ansteuerung der sprunggelenkumgreifenden Muskulatur beansprucht werden. Daher nahmen wir an, dass dadurch die Wahrnehmung von Gelenkwinkeln positiv beeinflusst werden würde. Möglicherweise sind die Belastungsparameter dagegen nicht geeignet, um Verbesserungen der isometrischen Maximalkraft hervorzurufen. Ebenso könnte das eher statische Training im Einbeinstand auch trotz des Hinzufügens der dynamischen Sprünge zu weit von der Testbedingung auf der Supinationsplattform entfernt sein, um einen Transfer möglicher positiver Effekte auf die Kinematik des Sprunggelenks in verletzungsnahen Situationen zu ermöglichen (Kümmel et al., 2016).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das in der vorliegenden Studie durchgeführte achtwöchige Trainingsprogramm eine Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit bewirkte, was sich durchaus positiv auf die Vermeidung zukünftiger Verletzungen auswirken könnte. Weitere Effekte des Trainings wurden nicht beobachtet. Zukünftige Studien sollten die Effekte unterschiedlich aufgebauter Trainingsprogramme beleuchten. Darüber hinaus sind weitere Untersuchungen nötig, um die Belastungsprofile von Präventionsprogrammen zu optimieren.

5 Literatur

Bahr, R., & Bahr, I. A. (1997). Incidence of acute volleyball injuries: a prospective cohort study of injury mechanisms and risk factors. *Scandinavian journal of medicine & science in sports, 7* (3), 166-171.

Braun, B. L. (1999). Effects of ankle sprain in a general clinic population 6 to 18 months after medical evaluation. *Archives of family medicine, 8* (2), 143-8.

Doherty, C., Bleakley, C., Hertel, J., Caulfield, B., Ryan, J., & Delahunt, E. (2016). Dynamic balance deficits in individuals with chronic ankle instability compared to ankle sprain copers 1 year after a first-time lateral ankle sprain injury. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy, 24* (4), 1086-1095.

Eils, E., Schröter, R., Schröder, M., Gerss, J., & Rosenbaum, D. (2010). Multistation proprioceptive exercise program prevents ankle injuries in basketball. *Medicine and science in sports and exercise, 42* (11), 2098-2105.

Fong, D. T.-P., Hong, Y., Chan, L.-K., Yung, P. S.-H., & Chan, K.-M. (2007). A systematic review on ankle injury and ankle sprain in sports. *Sports medicine (Auckland, N.Z.), 37* (1), 73-94.

Gehring, D., Faschian, K., Lauber, B., Lohrer, H., Nauck, T., & Gollhofer, A. (2014). Mechanical instability destabilises the ankle joint directly in the ankle-sprain mechanism. *British journal of sports medicine, 48* (5), 377-382.

Hegedus, E. J., McDonough, S. M., Bleakley, C., Baxter, D., & Cook, C. E. (2015). Clinician-friendly lower extremity physical performance tests in athletes: a systematic review of measurement properties and correlation with injury. Part 2 – the tests for the hip, thigh, foot and ankle including the star excursion balance test. *British journal of sports medicine*, 1-8.

Hertel, J. (2002). Functional Anatomy, Pathomechanics, and Pathophysiology of Lateral Ankle Instability. *Journal of athletic training, 37* (4), 364-375.

Hertel, J., Braham, R. A., Hale, S. A., & Olmsted-Kramer, L. C. (2006). Simplifying the Star Excursion Balance Test : Chronic Ankle Instability. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy, 36* (3), 131-137.

Hiller, C. E., Refshauge, K. M., Bundy, A. C., Herbert, R. D., & Kilbreath, S. L. (2006). The Cumberland ankle instability tool: a report of validity and reliability testing. *Archives of physical medicine and rehabilitation, 87* (9), 1235-1241.

Hupperts, M. D., Verhagen, E. A., & van Mechelen, W. (2008). The 2BFit study: is an unsupervised proprioceptive balance board training programme, given in addition to usual care, effective in preventing ankle sprain recurrences? Design of a Randomized Controlled Trial. *BMC Musculoskeletal disorders, 9* (1), 71.

Hupperets, M. D., Verhagen, E. A., & van Mechelen, W. V. (2009). Effect of unsupervised home based proprioceptive training on recurrences of ankle sprain: randomised controlled trial. *BMJ, 339*, b2684.

Kaminski, T. W., Hertel, J., Amendola, N., Docherty, C. L., Dolan, M. G., Hopkins, J. T., ... Richie, D. (2013). National Athletic Trainers' Association position statement: conservative management and prevention of ankle sprains in athletes. *Journal of athletic training, 48* (4), 528–545.

Kümmel, J., Kramer, A., Giboin, L.-S., & Gruber, M. (2016). Specificity of Balance Training in Healthy Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports medicine, 46* (9), 1261-1271.

Linens, S. W., Ross, S. E., Arnold, B. L., Gayle, R., & Pidcoe, P. (2014). Postural-stability tests that identify individuals with chronic ankle instability. *Journal of athletic training, 49* (1), 15–23.

Mohammadi, F. (2007). Comparison of 3 preventive methods to reduce the recurrence of ankle inversion sprains in male soccer players. *The American journal of sports medicine, 35*, 922-926.

O'Driscoll, J., & Delahunt, E. (2011). Neuromuscular training to enhance sensorimotor and functional deficits in subjects with chronic ankle instability: A systematic review and best evidence synthesis. *Sports medicine, arthroscopy, rehabilitation, therapy & technology: SMARTT, 3* (1), 19.

O'Driscoll, J., Kerin, F., & Delahunt, E. (2011). Effect of a 6-week dynamic neuromuscular training programme on ankle joint function: A Case report. *Sports medicine, arthroscopy, rehabilitation, therapy & technology: SMARTT, 3*, 13.

Verhagen, R. A. W., de Keizer, G., & van Dijk, C. N. (1995). Long-term follow-up of inversion trauma of the ankle. *Archives of orthopaedic and trauma surgery, 114* (2), 92-96.

Wu, G., Siegler, S., Allard, P., Kirtley, C., Leardini, A., Rosenbaum, D., ... Stokes, I. (2002). ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion – part I: ankle, hip, and spine. International Society of Biomechanics. *Journal of biomechanics, 35* (4), 543-8.

Yeung, M. S., Chan, K. M., So, C. H., & Yuan, W. Y. (1994). An epidemiological survey on ankle sprain. *British journal of sports medicine, 28* (2), 112-116.

Expertise zum Umgang mit Schädel-Hirn-Verletzungen im deutschen Spitzensport

(AZ 080101/15-16)

Claus Reinsberger[1] (Projektleitung), Katrin Hemschemeier[1], Dirk Stengel[2] (Co-Projektleitung), Justus Scheder-Bieschin[2], Romy Scholz[2], Claas Güthoff[2], Moritz Weigeldt[2], Ingo Schmehl[2], Bernd Wolfarth[3], Maximilian Grummt[3], Chris Batz[3], Tim Meyer[4], Florian Beaudouin[4] & Frank Mayer[5]

[1]Universität Paderborn, Sportmedizinisches Institut
[2]BG Klinikum Unfallkrankenhaus Berlin gGmbH
[3]Humboldt Universität zu Berlin, Institut für Sportwissenschaft, Abteilung Sportmedizin, Charité Universitätsmedizin Berlin
[4]Universität des Saarlandes, Institut für Sport- und Präventivmedizin
[5]Universität Potsdam, Zentrum für Sportmedizin, Freizeit-, Gesundheits- und Leistungssport

1 Problem

Leichte, sportassoziierte Schädel-Hirn-Traumen (SHT) im Spitzensport (engl.: mild traumatic brain injury, mTBI oder Concussion) treten zunehmend in das öffentliche Interesse. Exemplarisch genannt sei hier das Beispiel von Christoph Kramer, der im Finale der Fußball Weltmeisterschaft in Brasilien 2014 nach einem Schulter-Kopf-Treffer in der 17. Minute sichtbar benommen zu Boden ging, kurz behandelt wurde, dann zunächst weiterspielte, bevor er durch verwirrte Fragen auffiel und in der 31. Minute ausgewechselt wurde. Diagnose: Gehirnerschütterung. Darüber hinaus dominieren Fallbeschreibungen von Footballspielern der National Football League (NFL) die US-amerikanischen Medien. Dort liegt derzeit ein besonderes Augenmerk auf rezidivierenden SHT und der chronisch traumatischen Enzephalopathie (CTE) (Maroon, et al., 2015).

Auch klinisch-wissenschaftlich stehen die sportassoziierten SHT seit den beginnenden 90er Jahren zunehmend im Fokus. Seit 2001 trägt die Concussion in Sport Group regelmäßig den aktuellen Stand der internationalen Literatur zusammen und führt diesen in „Consensus Statements“ zusammen. Die aktuelle, 5. Version wurde nach der 5. Internationalen Konsensus Konferenz in Berlin (Oktober 2016) im März 2017 online publiziert und geht aus einer 18-monatigen Vorbereitung des Wissenschaftskomitees und einem 33-köpfigen Experten Panel hervor (Meeuwisse, 2017). Flankierend entstanden 12 systematische Reviews zu den Themen (McCrory et al., 2017):

- „Recognise“ (Verständnis, Klassifizierung, Definition)
- Remove (spezifische und sensitive Diagnostik am „point of care)
- Re-evaluate (umfassende, detaillierte Folgediagnostik)
- Rest (Gestaltung der Akutphase)
- Rehabilitation (Potential von therapeutischen Maßnahmen in der Rehabilitation)
- Refer (persistierende Symptome)
- Recovery (Faktoren, die das Outcome nach Concussion beeinflussen)
- Return to sport (stufenförmige Protokolle zur optimalen Rehabilitationsstrategie)
- Reconsider (besondere Voraussetzungen bestimmter Athletengruppen)
- Residual effects and sequelae (Langzeitfolgen)
- Risk reduction (Präventions- und Schutzmaßnahmen).

Der größte Teil der wissenschaftlichen Literatur stammt aus dem anglo-amerikanischen Sprachgebiet. Hier liegen zum Teil andere Voraussetzungen als in Deutschland vor, insbesondere im Hinblick auf den Spitzensport. An vielen Stellen ist daher noch unklar, ob und wie sich die klinisch-wissenschaftlichen Ergebnisse auf die Situation im Spitzensport in Deutschland übertragen lassen. Allgemein anerkannt ist jedoch, dass sich durch SHT vielschichtige und relevante gesundheitliche Probleme ergeben können.

Ziel der Expertise war es, einen umfassenden, zuverlässigen und realitätsnahen Status quo des aktuellen wissenschaftlichen und klinischen Informationsstands zu erheben und den Umgang mit Concussion im Deutschen Spitzensport abzubilden, um künftige Handlungsfelder für Forschung und Maßnahmenkataloge präziser umreißen zu können.

2 Methoden

2.1 Systematische Literaturübersicht

Der klinisch-epidemiologische Teil der Expertise umfasste eine strukturierte und reproduzierbare Literaturrecherche in einschlägigen klinisch-medizinischen und wissenschaftlichen Datenbanken (Ovid Medline, PubMed, Ovid Embase, u. a.). Die Suchstrategie erfolgte mit gezielten Ein- und Ausschlusskriterien, verschiedenen Kombinationen von Suchbegriffen zum Management von leichten SHTs (mild traumatic brain injuries, mTBI) und Concussions sowie einem iterativen bzw. Schneeballsystem zur vertiefenden Suche in den Literaturverzeichnissen der identifizierten Publikationen (Abb. 1).

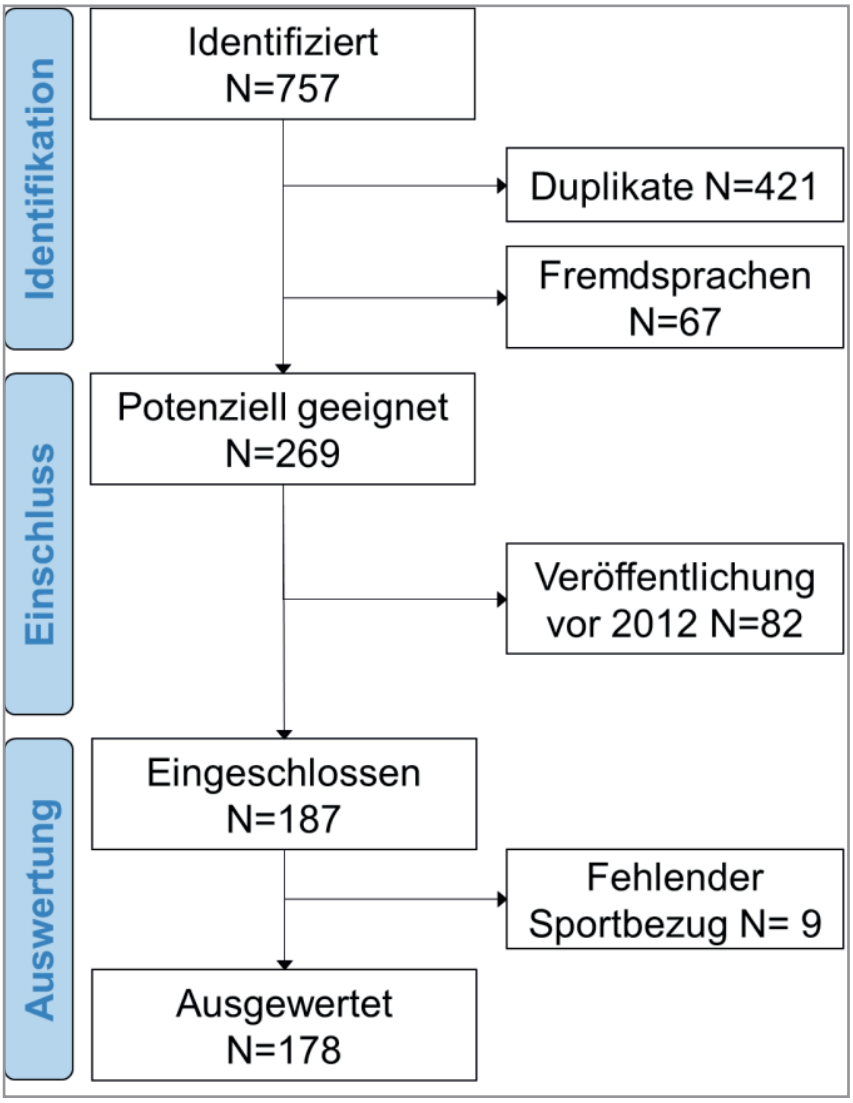


Abb. 1: PRISMA-Flussdiagramm

Die identifizierten Artikel wurden durch zwei Reviewer kategorisiert (Tab. 1). Alle extrahierten relevanten Textpassagen, Empfehlungen, Aussagen und Informationen wurden qualitativ ausgewertet und semantisch analysiert.

Zur Formulierung und Strukturierung von Fragebögen und Interviewleitfäden wurden die im Antrag zur Expertise formulierten Zielstellungen sowie aktuelle Studien und Fachpublikationen mit relevanten Aspekten zu den Themenbereichen und Forschungsfragen einbezogen.

Tab. 1: Kategorisierung der identifizierten Literatur

Jahr	2016	2015	2014	2013	2012	Gesamt
Orginalien o. Fokus	6	13	12	14	6	51
Diagnostik	1	7	8	9	4	30
Leitlinien	-	1	5	7	-	13
Empfehlungen	1	2	6	1	3	13
Concussion	-	2	6	-	2	11
CTE	-	5	2	2	1	10
Therapie	1	1	2	5	1	10
Langzeitfolgen	-	1	2	2	-	5
Kinder	1	-	3	1	-	5
Epidemiologie	1	1	1	1	-	4
Gender	1	1	-	1	-	3
Education	-	2	-	-	1	3
Sonderfälle	1	6	2	4	1	14
Summe	**13**	**44**	**52**	**48**	**19**	**178**

2.2 Retrospektive und prospektive Befragung in den deutschen Spitzensportverbänden

Die 2-stufige Befragung erfolgte per Onlinesurvey bei allen Verbandsärzten der Deutschen olympischen Spitzensportverbände und via Interview mit den Verbandsärzten der Risikosportarten für Concussion (Abb. 2). Flankierend wurde eine Internetrecherche zu den Risikosportarten durchgeführt mit Augenmerk auf sportartspezifische Regelwerke, Empfehlungen der Verbände oder medizinischen Kommissionen zum Umgang mit Concussion, Aufklärungs- oder Präventionskampagnen und Fallbeispiele aus den Sportarten.

Zu den übergeordneten Themenbereichen Epidemiologie, Diagnostik, Behandlung/Therapie, Folgen und Prävention von Concussion im Sport wurden konkrete Fragestellungen für Fragebögen und Interviewleitfäden entwickelt und – in Abstimmung mit dem Vorsitzenden der medizinischen Kommission des DOSB – auf deutsche Verbandsstrukturen und zugehörige medizinische Betreuungsspezifika abgestimmt, um höchstmögliche Qualität und Praxisrelevanz zu gewährleisten. Für beide Erhebungsinstrumente wurden Vortests zur Evaluation von Qualität und Anwenderfreundlichkeit durchgeführt. Die Erstellung und Umsetzung erfolgte für beide Stufen unter ethischen, methodischen

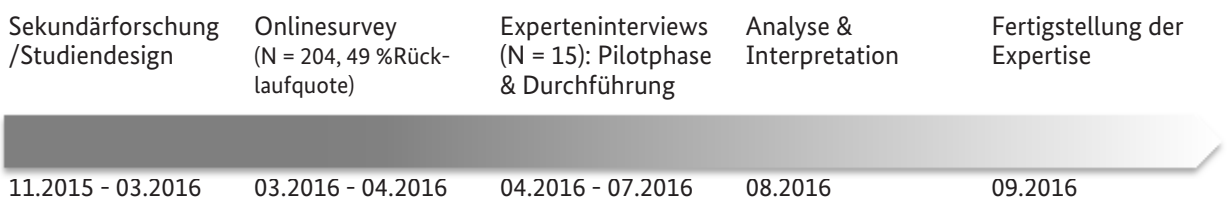


Abb. 2: Stufenweise Befragung zum Umgang mit Concussion in den deutschen Spitzensportverbänden

und rechtlichen Grundlagen, entsprechend der Prinzipien

- Wissenschaftlichkeit mit strikter Fokussierung auf forschungsrelevante Themen
- Verwendung etablierter und validierter Fragetypen
- Freiwilligkeit der Teilnahme
- Anonymisierung der erhobenen Daten und ausschließliche Verwendung für die beschriebenen Forschungszwecke.

2.3 Untersuchung der Effektivität einer Regeländerung im Fußball im Hinblick auf die Reduktion von Concussions und Folgeverletzungen

Im Fußball wurde zur Saison 2006/2007 eine Regeländerung eingeführt, die Ellenbogenstöße zum Kopf des Gegners mit einer roten Karte bestraft. Im Rahmen der Expertise wurde eine retrospektive Analyse zu Inzidenzen und Mechanismen von Schädel- und Schädel-Hirn-Verletzungen vor und nach dieser Regeländerung in der Fußball-Bundesliga ausgewertet.

Dazu wurden verfügbare Daten zu Verletzungen für die Zeiträume 2001/2002 bis 2005/2006 und 2007/2008 bis 2012/2013 zusammengetragen und ausgewertet. Für alle identifizierten Kopfverletzungen wurden die Videosequenzen in Bezug auf Verletzungsmechanismen analysiert (Fuller et al., 2005; Tscholl et al., 2007a, 2007b).

3 Ergebnisse

3.1 Epidemiologie

Die literaturbasierten Daten zur Epidemiologie von Concussions beruhen meist auf eigenanamnestischen Angaben und differieren stark sowohl auf internationaler Ebene als auch zwischen den Sportarten. Unterschiedliche Definitionen und Klassifikationen machen Schätzungen anfällig gegenüber eines „missclassification bias“.

Es existiert keine offizielle Statistik zur Inzidenz von sportassoziierten Concussions in Deutschland (Daten der Literatur v. a. aus USA, High-School- und College-Sport).

Die publizierten Daten beschreiben die Inzidenz /Expositionszeit im Wettkampf 5-10mal höher als im Training und im Amateursport 3-6mal höher als im Profisport (Hrysomalis, 2013; Pfister et al., 2016; Ruhe et al., 2014). Die berichtete Inzidenz liegt zwischen 0,2 und 6,5/1000 Spielstunden sowie zwischen 0,72 und 1,81/1000 Athlete-Exposures. Der Anteil von Concussions unter allen Verletzungen ist in Nordamerika und Kanada (5,3-18,6 %) im Vergleich zu europäischen Ländern (2,0-7,0 %) deutlich höher (Ruhe et al., 2014).

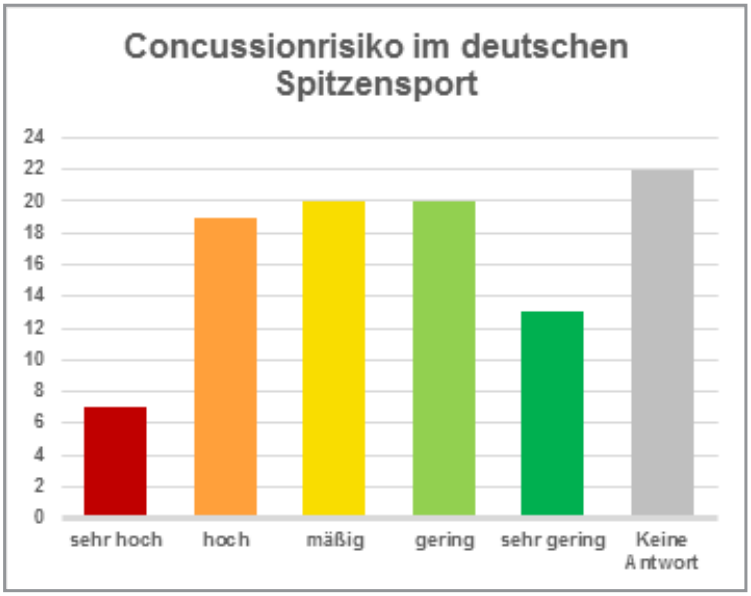


Abb. 3: Einschätzung der deutschen Verbandsärzte zum Concussionrisiko in der jeweiligen Sportart.

40% der Verbandsärzte der 34 olympischen Spitzensportverbände schätzen das Risiko, bei der Ausübung der Sportart eine Concussion zu erleiden, für Athletinnen und Athleten ihres Verbands als gering oder mäßig ein, 13 % der Befragten sehen kein Risiko und immerhin 26 % ein hohes oder sehr hohes Risiko in ihrer Sportart (Abb. 3).

2/3 der betreuenden Ärzte haben sportartübergreifend mindestens einmal die Diagnose Concussion gestellt – die Hälfte davon mehr als einmal. 19 Ärzte gaben an, bei einer Sportlerin oder einem Sportler bereits mehrfach Concussions diagnostiziert zu haben.

Als Risikosportarten wurden Spielsportarten (Basketball, Eishockey, Fußball, Handball), Sturzsportarten (z. B. Bob/Skeleton, Ski, Reiten, Turnen, ...) Kampfsport (z. B. Taekwondo, Judo, ...) und Kontaktsportarten (American Football, Boxen, ...) eingestuft.

Nur 3 % aller Verbände erfassen (Kopf-) Verletzungen systematisch.

Wesentliche, das Risiko beeinflussende Faktoren scheinen, nach Literaturübersicht und Einschätzung der Verbandsärzte, Alter (signifikant höhere Inzidenz und stärkere Symptome bei Kindern und Jugendlichen), Geschlecht (höhere Inzidenz, stärkere Symptome und längere Symptompersistenz bei Frauen) und Sportart (höchste Inzidenzdichte im Rugby; aufgrund der Popularität ist in Deutschland die Häufigkeit beim Fußball am höchsten) zu sein. Außerdem bestätigten die Erfahrungen der Befragten die genannten Literaturdaten, die ein höheres Risiko im Wettkampf (als im Training) und im Amateursport (als im Profisport) berichten.

3.2 Diagnostik

Die Diagnose Concussion wird auch im Sport primär klinisch gestellt, z. B. mittels Erhebung und Klassifikation verschiedener Symptome. Klinische Symptome und Zeichen sind individuell, multidimensional, heterogen und treten z. T. deutlich zeitverzögert auf (McCrory et al., 2017). Concussions im Spitzensport müssen oft unter großem Zeit- und Erfolgsdruck erkannt werden und können durch die Vorgeschichte beeinflusst werden. Athletinnen und Athleten erkennen die Symptome evtl. selbst nicht direkt, weil die Wahrnehmung eingeschränkt sein kann oder weil die Ausprägung bewusst oder unbewusst unterschätzt wird (Kaut et al., 2003; McCrea et al., 2004). Bis dato werden leichte SHTs von Trainerinnen und Trainern, Sportlerinnen und Sportlern oft bagatellisiert.

Tests im Sport sollen direkt am Spielfeldrand das Auftreten und die Schwere einer Concussion sensibel und sensitiv erfassen. Bestehende Tests/Testbatterien untersuchen einzelne oder mehrere der genannten Symptomgruppen, die durch eine Concussion hervorgerufen werden können (Giza et al., 2013; McCrory et al., 2013; Okonkwo et al., 2014). Die in der Literatur und von den Verbandsärztinnen und -ärzten am häufigsten genannte Testbatterie ist das Sports Concussion Assessment Tool (SCAT), welches aktuell in der Version SCAT 5 empfohlen wird (McCrory et al., 2017). Viele der deutschen Verbandsärzte wählen für die Verdachtsdiagnostik die Glasgow Coma Scale (CGS) oder auch die klinische Symptom-orientierte Anamnese. Nur 8 % der Befragten gaben an, dass vor der Saison spezifische Baseline-Untersuchungen durchgeführt würden, die zur individuellen Diagnostik herangezogen werden könnten. Aufgrund organisatorisch-struktureller Voraussetzungen in den Verbänden, erfolgen Erstdiagnosen auch durch nicht-medizinische Laien (Trainer, Betreuer, Physiotherapeuten).

Laut Interviews werden Sportlerinnen und Sportler nach einer Verdachtsdiagnose Concussion oft weitergeleitet in die nächstgelegene Klinik zur 24-stündigen Beobachtung. Im Onlinesurvey wurde angegeben, dass zur vertiefenden Diagnostik und weiterführenden Versorgung Neurologen (64 %), Neuroradiologen (44 %), Physiotherapeuten (28 %) und selten Neuropsychologen (12 %) hinzugezogen werden (Abb. 3). Der Zugriff auf Neuropsychologen scheint in Deutschland laut Interviewaussagen nur eingeschränkt möglich, da es noch kein flächendeckendes Netz von Experten gibt.

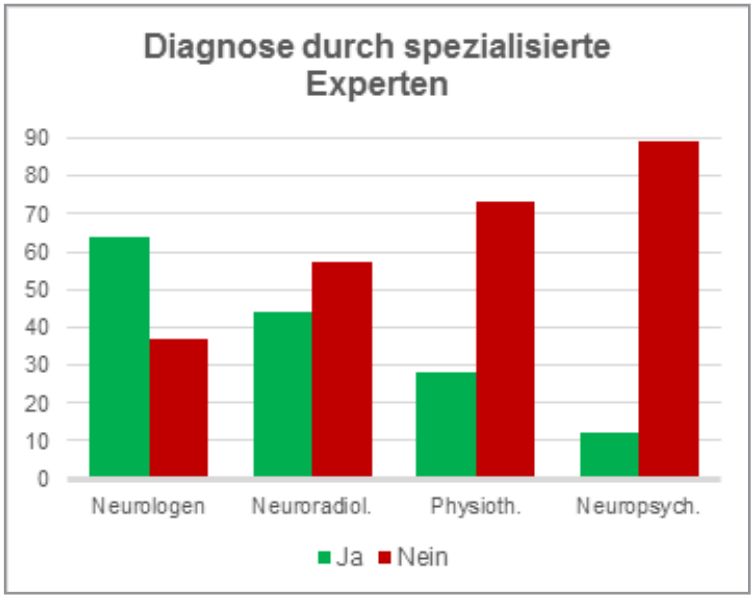


Abb. 4: Spezialisten, die im Spitzensport in Deutschland zur differenzierte Diagnostik, Behandlung, Therapie und „das Management des Return to Competition" einbezogen werden.

3.3 Therapie und Rehabilitation

Evidenzbasierte Behandlungs- und Rehabilitationspfade gibt es kaum. Physische und kognitive Ruhe wird in der Literatur und in der Befragung als erste und wichtigste therapeutische Maßnahme nach einer Concussion betrachtet. Diese Empfehlung wird zunehmend durch die wissenschaftliche Datenbasis unterstützt (Brown et al., 2014; Johnson et al., 2016; Moser et al., 2012). Unklar sind Dauer, Ausmaß und Gestaltung der einzuhaltenden Ruheperiode. Erhöhte kognitive Aktivität nach einer Concussion ist mit einer längeren Symptompersistenz assoziiert. Durch Studien belegt ist die positive Wirkung von aufklärenden Maßnahmen und kognitiver Restrukturierung nach Concussions (Nygren-de Boussard, 2014; Schneider et al., 2013; Semple et al., 2015).

Akute körperliche Symptome einer Concussion, sekundäre und Langzeitfolgen werden auch medikamentös behandelt, u. a. mit Analgetika und Antiphlogistika, Antiemetika oder anderen Substanzklassen gegen Schlafstörungen oder Depressionen, Kopfschmerzen, ... Belastbare Daten aus klinisch-experimentellen Studien liegen dazu noch nicht vor (McCrory, 2002). Es ist zu berücksichtigen, dass der Einsatz von Medikamenten die objektive medizinische Beurteilung verfälschen kann und so die Return-to-Play Entscheidung erschwert wird (Harmon et al., 2013; Zasler, 2015).

Körperliche Aktivität kann sich gemäß Datenlage günstig auf die Symptomlinderung auswirken (Petraglia et al., 2012; Cancelliere et al., 2014; Theeler et al., 2013). Einigkeit besteht darin, dass in Abhängigkeit von den physischen und neurokognitiven Symptomen ein graduiertes und individuell angepasstes Return-to-Play-Protokoll befolgt werden muss. Eine Rückkehr in den normalen Wettkampf- und Trainingsbetrieb ist nach den Leitlinien der Concussion in Sports Group, frühestens nach einer Woche möglich (McCrory et al., 2013).

Unklar ist sowohl in der Literaturübersicht als auch nach Angaben der Befragten, wie lange ein Sportler nach multiplen Concussions aussetzen muss, bzw. wann Sportlerinnen bzw. Sportlern ein Karriereende nahegelegt werden sollte.

In ein individuelles Return-to-Play-Protokoll müssen individuelle, beeinflussende Faktoren wie Alter, Geschlecht, Sportart, Baselinewerte etc. einfließen. Hierzu zählt auch eine Risikobewertung zu den Folgen einer Concussion, wie Post-Concussion Syndrome, Second Impact Syndrome, muskuloskeletale Folgeverletzungen und mögliche Spätschäden.

3.3 Prävention

Zur Prävention von Concussions werden verschiedene Maßnahmen diskutiert: Schutzausrüstung (Helm, Mundschutz, Protektoren), sicherheitstechnische Maßnahmen (Banden, Hindernisse, Matten), spezifische Trainingsprogramme (z. B. zur Stabilisierung und Stärkung der Nackenmuskulatur), Regeländerungen (z. B. härtere Strafen oder Herausnahme risikoreicher Situationen, ...), Fair-Play- und Verhaltenskampagnen sowie Aufklärung bzw. Sensibilisierung. Der Einfluss dieser Maßnahmen auf die Epidemiologie, Diagnose, Therapie, Rehabilitation und das Outcome von Concussions ist nicht hinreichend oder nur heterogen beschrieben. Es konnte z. B. gezeigt werden, dass Schutzausrüstungen in einigen Sportarten die Inzidenz oder den Schweregrad der Concussion positiv beeinflussen konnten, allerdings führten die gleichen Maßnahmen im Langzeitverlauf zu aggressiverem Verhalten (Biasca et al., 2002).

Die im Rahmen der Expertise systematisch untersuchte Regeländerung im Fußball zeigte, dass es zu einer signifikanten Abnahme der Inzidenz aller Kopfverletzungen (von 2,37 auf 1,70 pro 1000 Spielstunden), nicht jedoch zu einer signifikanten Abnahme an diagnostizierten Concussions kam (von 0,61 auf 0,43, $p = 0{,}12$ bei einem 95 %-Konfidenzintervall von 0,91-2,17).

Für den deutschen Spitzen- und Amateursport besteht in diesem Feld hoher Bedarf für die Entwicklung von Präventionsmaßnahmen und die Überprüfung ihrer klinischen Wirksamkeit.

4 Diskussion

Die Expertise stellt den derzeitigen Stand im Umgang mit Concussions im deutschen Spitzensport dar. Dem aktuellen Stand der internationalen Literatur werden die Strukturen und Standards, vornehmlich in den olympischen Risikosportarten, gegenübergestellt. Dabei zeigt sich ein enormes Forschungsdefizit in vielen Bereichen.

Viele offene Fragen bedürfen einer systematischeren Erfassung von klinischen, epidemiologischen und mechanistischen Daten von Concussions, insbesondere unter Berücksichtigung nationaler Besonderheiten, damit sich gewonnene Erkenntnisse anwenden lassen. Terminologie, Definition und Klassifikation von leichten Schädel-Hirn-Verletzungen in Deutschland unterscheiden sich (wertfrei) von denen in anderen Ländern (insbesondere im europäischen Raum und Nordamerika).

Es existiert derzeit kein allgemein akzeptierter Referenzstandard für die Diagnose von Concussions. Dies erschwert die Validierung klinischer, neurophysiologischer, -kognitiver und -psychologischer, laborchemischer und bildgebender Methoden von der Point-of-Care- (POC) über die innerklinische bis hin zur Rehabilitationsphase und trägt zu der vermuteten Dunkelziffer, zur Unsicherheit und heterogenem Management in den Verbänden bei.

Zudem gilt es zu klären, welche Variablen mit einer schlechten Prognose nach Concussions assoziiert sind und welche Möglichkeiten es gibt, einen komplizierten Verlauf abzuwenden.

Um zeitnah das Outcome nach sportassoziierten Concussions zu verbessern, sollten alle am Sport Beteiligten flächendeckend über Leitlinien und deren Implikationen informiert werden. Dazu gehört die sensible Berücksichtigung des Interessenskonfliktes zwischen dem kurzfristigen sportlichen Erfolg und dem langfristigen Wohlergehen des Sportlers bzw. der Sportlerin.

5 Literatur

Biasca, N., Wirth, S. & Tegner, Y. (2002). The avoidability of head and neck injuries in ice hockey: an historical review. *British journal of sports medicine, 36* (6), p410-427.

Brown, N. J. et al. (2014). Effect of cognitive activity level on duration of post-concussion symptoms. *Pediatrics, 133* (2), 299-304.

Cancelliere, C. et al. (2014). Systematic review of prognosis and return to play after sport concussion: results of the International Collaboration on Mild Traumatic Brain Injury Prognosis. *Archives of physical medicine and rehabilitation, 95* (3), S210-229.

Fuller C. W., Junge A. & Dvorak J. (2005). A six year prospective study of the incidence and causes of head and neck injuries in international football. *British journal of sports medicine, 39*, i3-i9.

Giza, C. et. al. (2013). Summary of evidence-based guideline update: Evaluation and management of concussion in sports. *Neurology, 80*, 2250-2257.

Harmon, K. G., et al. (2013). American Medical Society for Sports Medicine position statement: concussion in sport. *British journal of sports medicine, 47* (1), 15-26.

Hrysomallis, C. (2013). Injury incidence, risk factors and prevention in Australian rules football. *Sports medicine, 43* (5), 339-354.

Johnson, R. S. et al. (2016). The Effect of Cognitive Rest as Part of Post-Concussion Management for Adolescent Athletes: A Critically Appraised Topic. *Journal of sport rehabilitation*.

Kaut, K. P. et al. (2003). Reports of head injury and symptom knowledge among college athletes: implications for assessment and educational intervention. *Clinical journal of sport medicine, 13* (4), 213-221.

Maroon, J. C., Winkelman, R., Bost, J., Amos, A., Mathyssek, C. et al. (2015). Chronic traumatic encephalopathy in contact sports: a systematic review of all reported pathological cases. *PLoS One, 10* (2), e0117338.

McCrea, M. et al. (2003). Acute effects and recovery time following concussion in collegiate football players: the NCAA Concussion Study. *Journal of the American Medical Association, 290* (19), 2556-2563.

McCrea, M. et al. (2013). Day of injury assessment of sport-related concussion. *British journal of sports medicine, 47* (5), 272- 284.

McCrory P., Meeuwisse W., Dvorak J., et al. (2017). Consensus statement on concussion in sport-the 5th international conference on concussion in sport held in Berlin, October 2016. *British journal of sports medicine, 0*, 1-10.

Meeuwisse W. H., Schneider K. J., Dvorak J, et al. (2017). The Berlin 2016 process: a summary of methodology for the 5th International Consensus Conference on Concussion in Sport. *British journal of sports medicine, 0*, 1-4.

Moser, R. S., Glatts, C. & Schatz, P. (2012). Efficacy of immediate and delayed cognitive and physical rest for treatment of sports related concussion. *Journal of pediatrics, 161* (5), 922-926.

Nygren-de Boussard, C. et al. (2014). Nonsurgical interventions after mild traumatic brain injury: a systematic review. Results of the International Collaboration on Mild Traumatic Brain Injury Prognosis. *Archives of physical medicine and rehabilitation, 95* (3), S257-264.

Okonkwo, D. O., Tempel, Z. J. & Maroon, J. (2014). Sideline assessment tools for the evaluation of concussion in athletes: a review. *Neurosurgery, 75* (4), 82-95.

Petraglia, A. L., Maroon, J. C. & Bailes, J. E. (2012). From the field of play to the eld of combat: a review of the pharmacological management of concussion. *Neurosurgery, 70* (6), 1520- 1533.

Pfister, T. et al. (2016). The incidence of concussion in youth sports: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine, 50* (5), 292-297.

Ruhe, A., Gansslen, A. & Klein, W. (2014). The incidence of concussion in professional and collegiate ice hockey: are we making progress? A systematic review of the literature. *British journal of sports medicine, 48* (2), 102-106.

Schneider, K. J. et al. (2013). The effects of rest and treatment following sport-related concussion: a systematic review of the literature. *British journal of sports medicine, 47* (5), 304-307.

Semple, B. D. et al. (2015). Repetitive concussions in adolescent athletes – translating clinical and experimental research into perspectives on rehabilitation strategies. *Front neurology, 6*, 69.

Theeler, B. et al. (2013). Post-traumatic headaches in civilians and military personnel: a comparative, clinical review. *Headache, 53* (6), 881-900.

Tscholl, P., et al. (2007a). Causation of injuries in female football players in top-level tournaments. *British journal of sports medicine, 41* (1), i8-i14.

Tscholl, P., et al. (2007b). Tackle mechanisms and match character istics in women's elite football tournaments. *British journal of sports medicine, 41* (1), i15-i9.

Zasler, N.D. (2015). Sports concussion headache. *Brain injury, 29* (2), 207-220.

Streckenprofiltraining und Doppelstocktraining für die Optimierung der Vorschubleistung im Nordischen Skisport von Paralympischen Athletinnen und Athleten

(AZ 070401/16)

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 Sitzschlitten-Skilanglauf wird die Vortriebsleistung überwiegend von den Armen und – je nach Handicap – teilweise auch vom Rumpf mittels Doppelstockschub (DP) erbracht. Auch im Skilanglauf der Nicht-Behinderten hat die Doppelstockschubtechnik in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewonnen. Seit den 1990er Jahren wird diese Technik vor allem im Sprint und bei Spurts von vielen Athleten als Vortriebsmethode gewählt (Holmberg et al. 2005, Lindinger et al. 2009a). Basierend auf Untersuchungen schwedischer Wissenschaftler um 2000 hat sich eine moderne DP-Technik etabliert, die in einigen Bewegungsmerkmalen von den auf die hintere Schubphase ausgerichteten älteren Technikleitbildern abweicht (Smith et al. 1996, Smith 2003). Die Schwerpunkte in der Bewegungsausführung liegen dabei auf einer Ganzkörperstreckung in Kombination mit einem maximalen Startimpuls in der initialen Schubphase. In der Literatur werden die Vorteile der neuen Technik damit begründet, dass sowohl bei den Armen (Stockschubbeginn) als auch bei der reaktiven Einleitung der Ganzkörperstreckung Dehnungs-Verkürzungs-Zyklen durchlaufen werden, die infolge höherer exzentrischer Reaktionskräfte und möglicherweise auch aufgrund zusätzlicher Reflexaktivitäten in der Muskulatur zu höheren Schubleistungen führen (Rapp et al. 2009, Lindinger et al. 2009a und b, Zoppirolli et al. 2013). Es gibt Hinweise darauf, dass die DP-Technik die wirtschaftlichste Lösung nicht nur bei leicht abschüssigem Profil, sondern auch auf einer ebenen oder wenig bergan verlaufenden Strecke ist (Halonen et al. 2014). Bei stärkeren Anstiegen hingegen geht dieser Vorteil verloren. Bei Classic-Sprints und z. T. auch bei Streckenläufen mit geringer Profilierung wird bei „schnellem“ Schnee mitunter nur mit Gleitwachs in der DP-Technik gelaufen, was als Beleg für die wachsende Bedeutung der DP-Technik in verschiedenen Bereichen des Skilanglaufs gewertet werden kann. Das Ziel der vorliegenden Studie war es, extensive und intensive Intervallmethoden zur Ausprägung der Maximalgeschwindigkeit in der Doppelstockschubtechnik zu vergleichen. Im Mittelpunkt der Betrachtung stand dabei die Überprüfung der Wirksamkeit intensiver Intervalle an der Grenze der Maximalgeschwindigkeit (individuelle Geschwindigkeitsbarriere). Diese hochintensive Trainingsform kann speziell auf dem Laufband, infolge von Bandgeschwindigkeitsvorgaben im Grenzbereich stark intensiviert werden. Im Rahmen der Untersuchung sollte geprüft werden, ob intensives Intervalltraining an der individuellen Geschwindigkeitsbarriere gegenüber extensiven Intervallen eine bessere Leistungsentwicklung bewirkt. Die Studie wurde vor allem mit dem Ziel durchgeführt, empirische Befunde für die Überarbeitung zukünftiger Trainingskonzepte im Sitzschlitten-Skilanglauf zu bekommen. Aufgrund dessen, dass es nicht genügend leistungsambitionierte Sitzschlittenläufer gibt, wurden im Sinne einer guten statistischen Absicherung überwiegend nicht-behinderte Langläufer ein-

bezogen, die sowohl die Tests als auch das Trainingstreatment ausschließlich in der DP-Technik absolvierten.

2 Material und Methoden

Für die Trainingsinterventionsstudie zur Überprüfung der Wirksamkeit des bandgesteuerten Lauftrainings nach der intensiven Intervallmethode an der Geschwindigkeitsbarriere (Laufband-Gruppe, LB) im Vergleich zum extensiven Intervalltraining auf der Rollerstrecke (Kontrollgruppe, KG) wurden 46 Läufer und Läuferinnen aus dem Landeskader Skilanglauf von Baden-Württemberg (B-, C/D) gewonnen, die an verschiedenen Stützpunkten leistungsorientiert trainierten (siehe Tab.1).

Tab.1: Statistische Angaben zur Probandenstichprobe.

Kontrollgruppe	**Alter [Jahre]**	**Größe [cm]**	**Gewicht [kg]**	**Trainingsjahre**	**TE/Woche**
männlich (N = 12)	16,5+/-3,2	178+/-6	67,9+/-5,6	6,9+/-1,8	5,6 +/2,3
weiblich (N = 9)	15,3+/-1,2	166+/-7	60,9+/-8,0	77+/-1,7	5,2+/-0,8
Laufbandgruppe					
männlich (N = 14)	16,4+/-4,9	170+/-11	59,3+/-10,3	6,5+/-1,3	5,7+/-2,1
weiblich (N = 11)	15,+/-3,6	164+/-5,0	55,1+/-7,6	6,0+/-1,2	5,4+/-1,3

Unter den Teilnehmern waren 6 Bundeskaderathleten im nordischen Skisport des DBS. Die Rekrutierung der Teilnehmer erfolgte zu einem Großteil aus Athleten, die regelmäßig am OSP Freiburg bzw. am Notschrei trainierten. Dies waren teilweise Schüler des Skiinternats Furtwangen (SKIF). Die Probanden (aus Vereinen der Regionen Süd-, Nordschwarzwald, Schwäbische Alb und Schwäbisches Allgäu) wurden vorrangig danach ausgewählt, dass in notwendiger Weise Einfluss auf das Training (Intervention) genommen werden konnte (KG) bzw. dass sie regelmäßig am Laufbandtraining teilnehmen konnten (LB).

Die Studie bestand aus einem Pretest, einer 7-wöchigen Intervention und einem Posttest. Bei der Intervention wurde in 2 Gruppen entweder auf dem Laufband an der individuellen Geschwindigkeitsbarriere (LB) oder auf der Rollerstrecke mittels extensiver Intervallmethode (KG) trainiert. Die Auswertung bezog sich in erster Linie auf einen Mittelwertvergleich (Student-t-Test für abhängige Stichproben) bei ausgewählten Parametern der Laufzeit, Laufgeschwindigkeit und des Stockschubs, die anhand einer kombinierten 2D-Bewegungsanalyse mit axialer Stockkraftmessung bei den Testläufen bestimmt wurden.

Pre- und Posttest fanden auf einem windgeschützten Abschnitt eines Wirtschaftsweges, der auch als Trainingsstrecke für Skiroller genutzt wird, statt. Der Test bestand aus einem 80-m-Sprint in DP-Technik. Dabei wurde die Zeit mittels Startlichtschranke ausgelöst (ohne Reaktion). Alle 20 m wurden Zwischenzeiten bis zur 80-m-Marke gemessen. Außer bei den Sitzschlittenläufern (zu geringe Reißhöhe) erfolgte die Zeitmessung mit Doppellichtschranken. Vor dem Start jedes Läufers wurden die Datenlogger zur Erfassung der axialen Stockkräfte (1600 Hz) am linken und rechten Skistock gestartet. Synchron mit den Stockkräften zeichnete ein weiterer Logger die Steuer-TTL-Impulse zum Auslösen der Videobilder der Highspeed-Messkamera auf.

Bei etwa 50 m wurde ein Streckenabschnitt von ca. 14 m Länge mit einer Highspeed-Kamera (2048 x 1080 Pixel, 100 fps) aufgezeichnet. Anhand der Bilddaten wurde die Kinematik des rechten Stocks vermessen. So konnten über die Stockwinkel aus den axialen Stockkräften bei in der Regel drei DP-Zyklen die vortriebswirksamen Horizontalkräfte bestimmt und die Vortriebseffizienz anhand eines Effizienzparameters (horizontaler Kraftstoß/axialer Gesamtkraftstoß) berechnet werden.

Abb. 1: Bewegungszyklogramm eines DP-Zyklus.

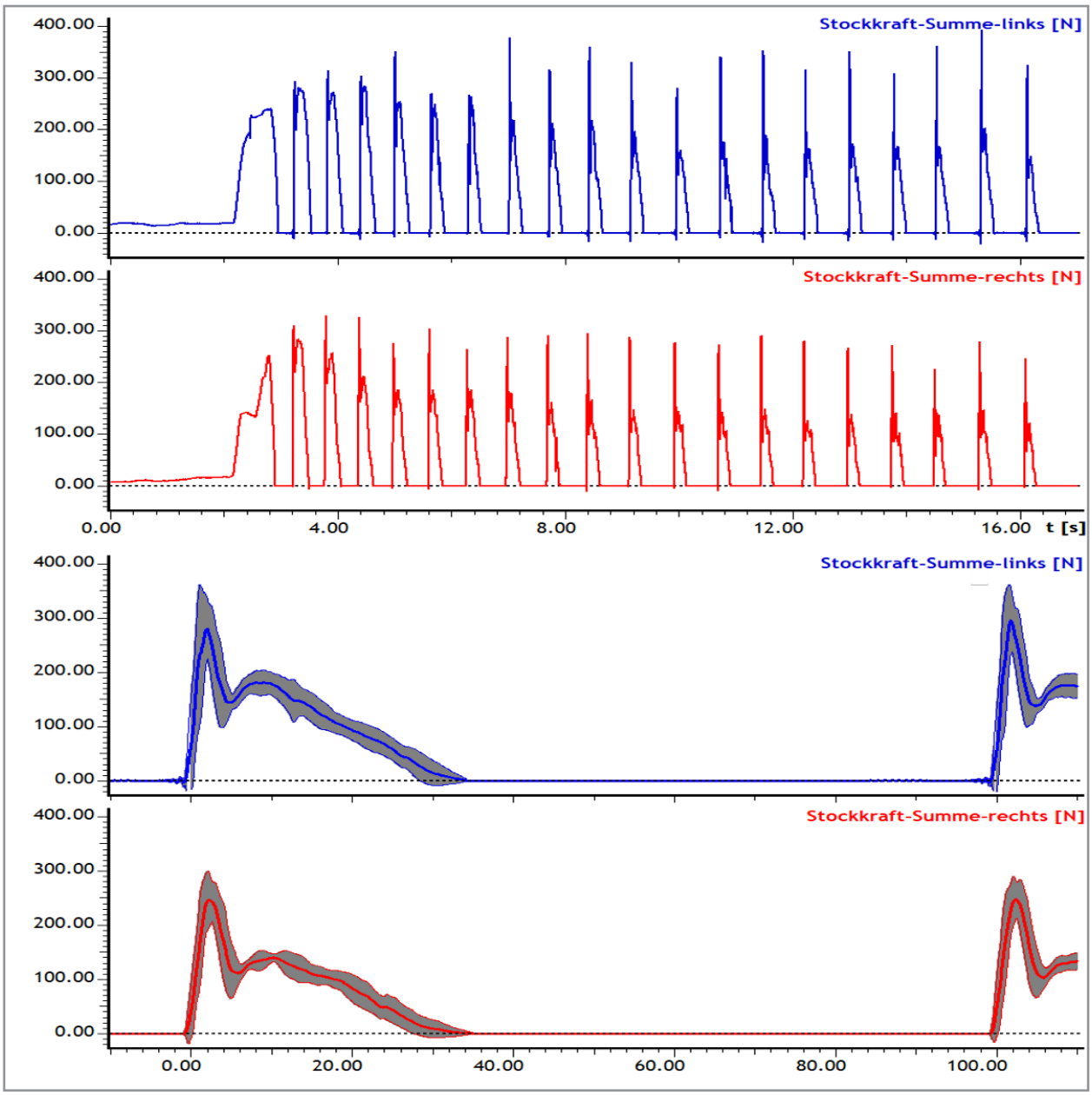


Abb. 2: Zeitverläufe aller im Testlauf erfassten Stockkräfte (oben) und über 12 Zyklen gemittelter und zeitnormierter Stockkraftverlauf mit Standardabweichung (unten)

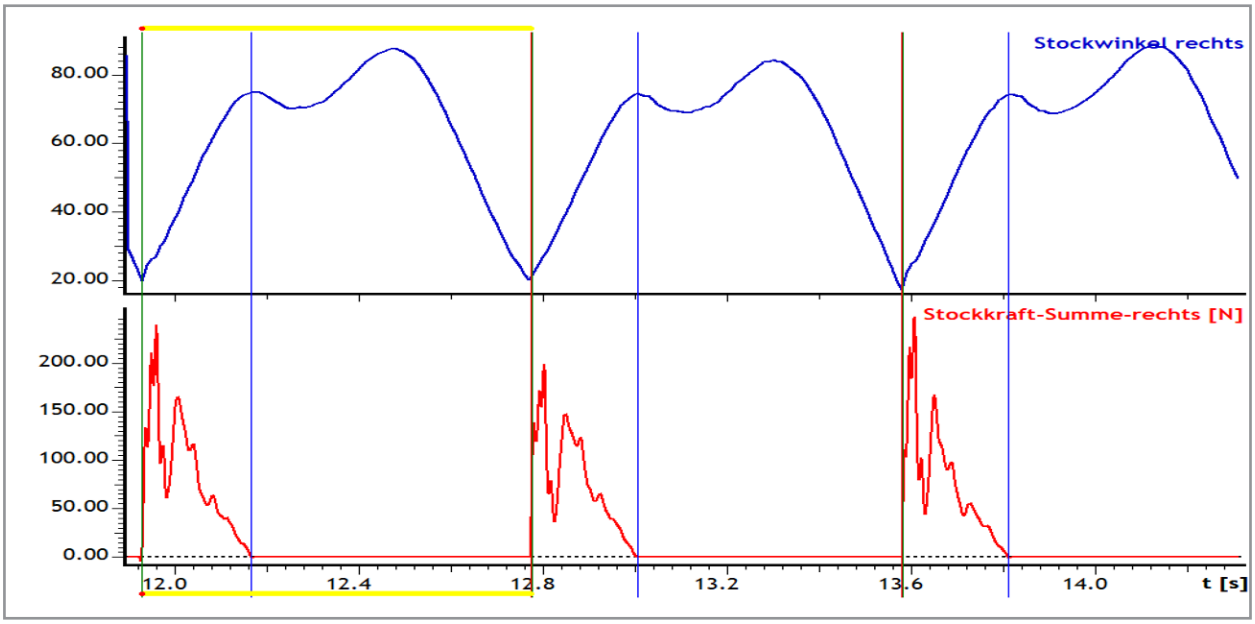


Abb. 3: Stockwinkelverlauf (2D-Video-Kinematik) und axiale Stockkraft von drei DP-Zyklen als Basis für die Bestimmung der Antriebseffizienz.

Für eine Expertenbewertung der Lauftechnik nach Kriterien eines aktuellen Technikleitbildes des DSV bzw. aus der Literatur wurde jeder Lauf zudem mit einer HD-Videokamera (50P) aufgezeichnet. Die Bewertung der Lauftechnik erfolgte in Anlehnung an ein Technikleitbild aus Stöggl & Holmberg (2011) mit 10 Technik-Items bei einem jeweils 3-stufigen Score (0,1,2 P). Sie wurde von einem erfahrenen Trainer vorgenommen.

3 Ergebnisse

Exemplarisch für das Treatment der LB-Gruppe sind in Abb. 4 die gemittelten Laufgeschwindigkeiten (der LB-Gruppe) einer Serien von jeweils 7 Läufen über 80m auf dem Laufband dargestellt. Nach jedem Lauf erfolgte eine Pause (1 min Ruhe). Von Lauf zu Lauf wurde die Bandgeschwindigkeit, sofern möglich, erhöht. Jede zweite TE begann mit einer erhöhten Startge-

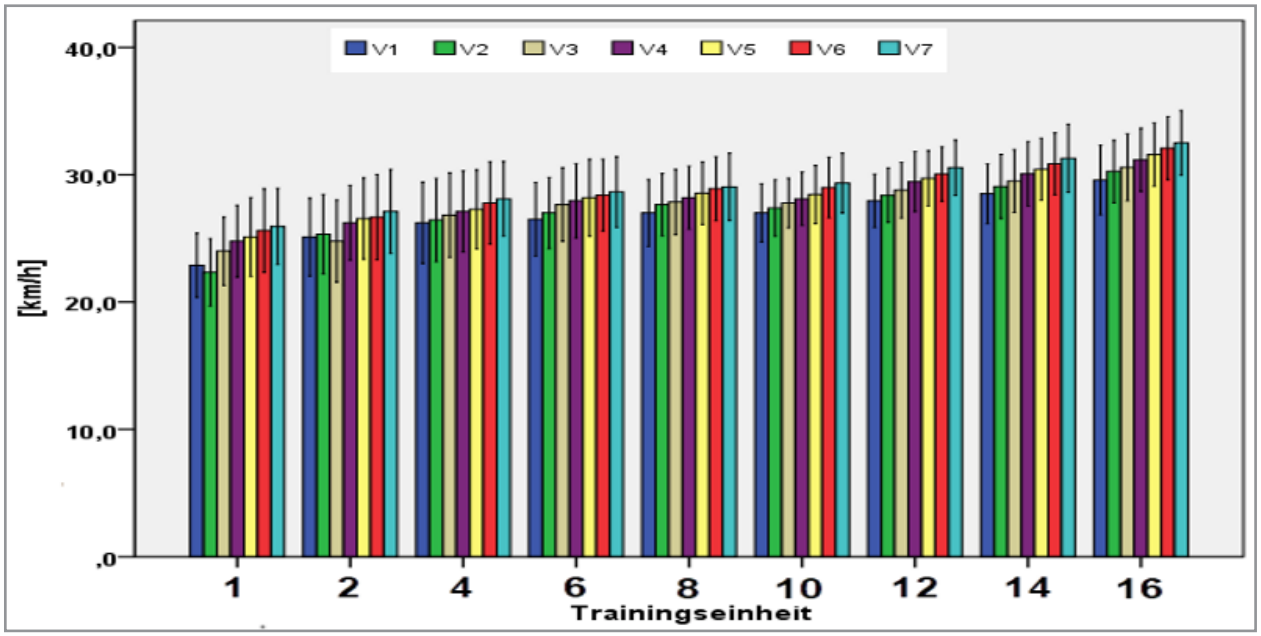


Abb. 4: Entwicklung der Bandgeschwindigkeit der männlichen Studienteilnehmer (ohne DBS-Läufer), die als Vorgabe beim Laufbandtraining an der individuellen Geschwindigkeitsbarriere bei jeweils 7 Läufen über 80 m je Trainingseinheit im Verlaufe des Interventionsprogramms eingestellt wurde (N = 25).

schwindigkeit im ersten Lauf. Für die Kontrollgruppe, die ebenfalls 7 Sprints über 15 s auf der Rollerstrecke mit je 2 min aktiver Erholung (Laufen mit niedriger Intensität) absolvierte, wurde die Laufgeschwindigkeit aus Aufwandsgründen nicht erfasst.

Die wichtigsten Ergebnisse der Studie lassen sich vor allem aus den Laufzeiten und den erreichten Maximalgeschwindigkeiten im Doppelstockschub ableiten. Hier gab es signifikante Verbesserungen in beiden Gruppen. Der Unterschied vom Pre- zum Posttest fiel jedoch in der Gruppe, die auf dem Laufband an der individuellen Geschwindigkeitsbarriere trainiert hat (LB), deutlicher aus (siehe Abb. 5). Die Läufer der LB-Gruppe steigerten sich in der Laufzeit von 14.26 s auf 13.86 s um durchschnittlich 0.40 s, während sich die Maximalgeschwindigkeit von 6.35 auf 6.55 m/s um 0.20 m/s verbesserte. Die Laufzeiten der Kontrollgruppe (KG) entwickelten sich von 13.75 s beim Ausgangstest auf 13.46 s beim Posttest (durchschnittliche Steigerung um 0.29 s), deren Maximalgeschwindigkeit stieg von 6.61 auf 6.78 m/s um 0.17 m/s). Zur Beurteilung der spezifischen Gründe für die Leistungssteigerung in beiden Gruppen gibt es anhand der Stockkraftparameter insgesamt nur wenig Anhaltspunkte. In beiden Gruppen ging die Zyklusfrequenz leicht, aber signifikant zurück (Abb. 6). Dabei gab es keine nennenswerten Unterschiede in der Stützzeit. Die höhere Vortriebsleistung wurde in erster Linie durch höhere Gesamtkraftstöße erbracht. Diese nahmen in beiden Gruppen vom Pre- zum Posttest signifikant zu (Abb. 7).

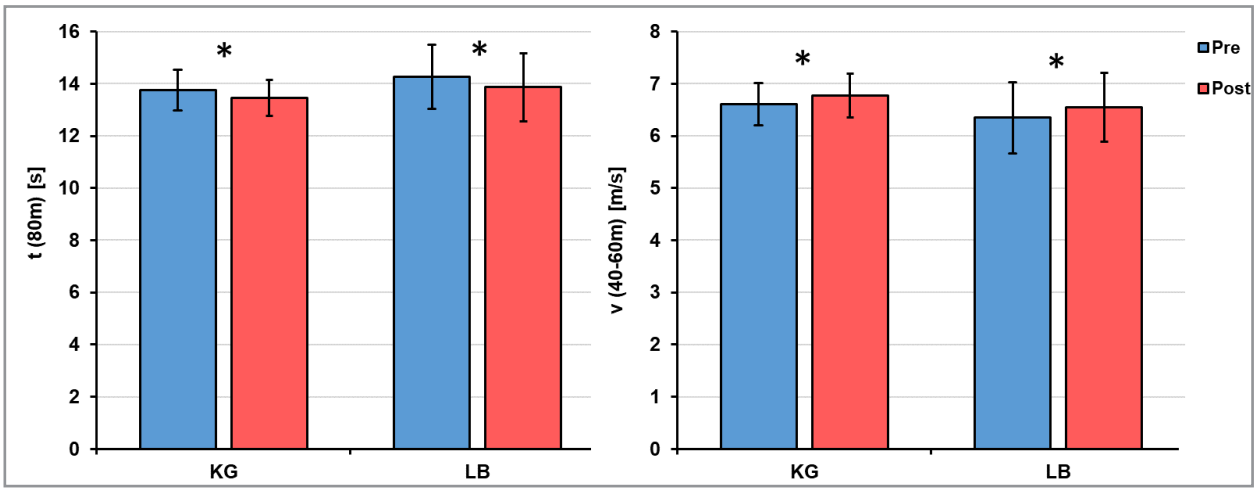


Abb. 5: Mittelwerte der 80-m-Laufzeit und der Maximalgeschwindigkeit der Laufband- (N = 25) und Kontrollgruppe (N = 21) bei Pre- und Posttest (= p <0.05)*

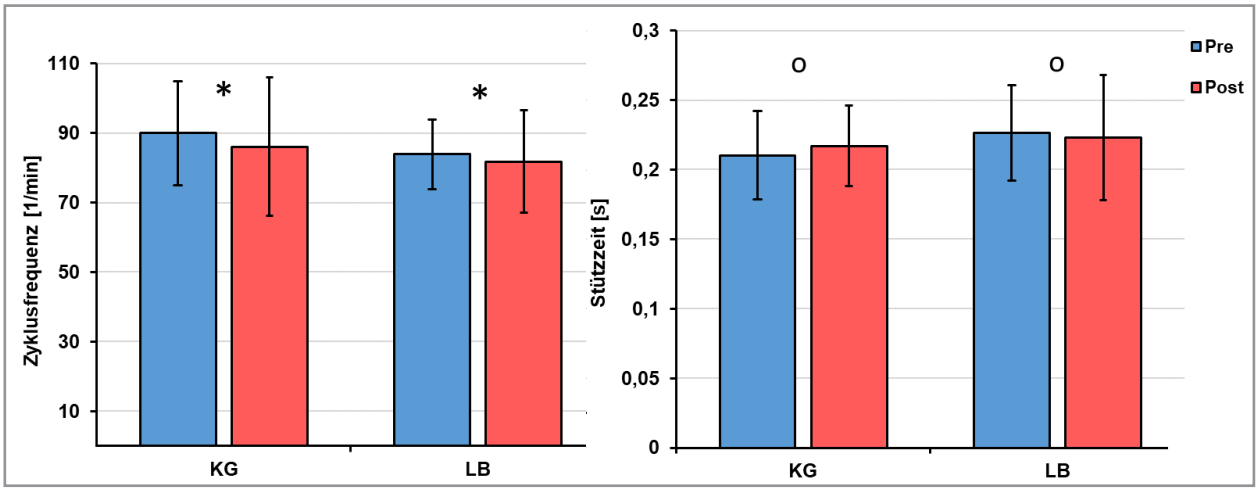


Abb. 6: Mittelwerte der Zyklusfrequenz und der Stock-Stützzeit der Laufband- (N = 25) und Kontrollgruppe (N = 21) bei Pre- und Posttest (= p <0.05)*

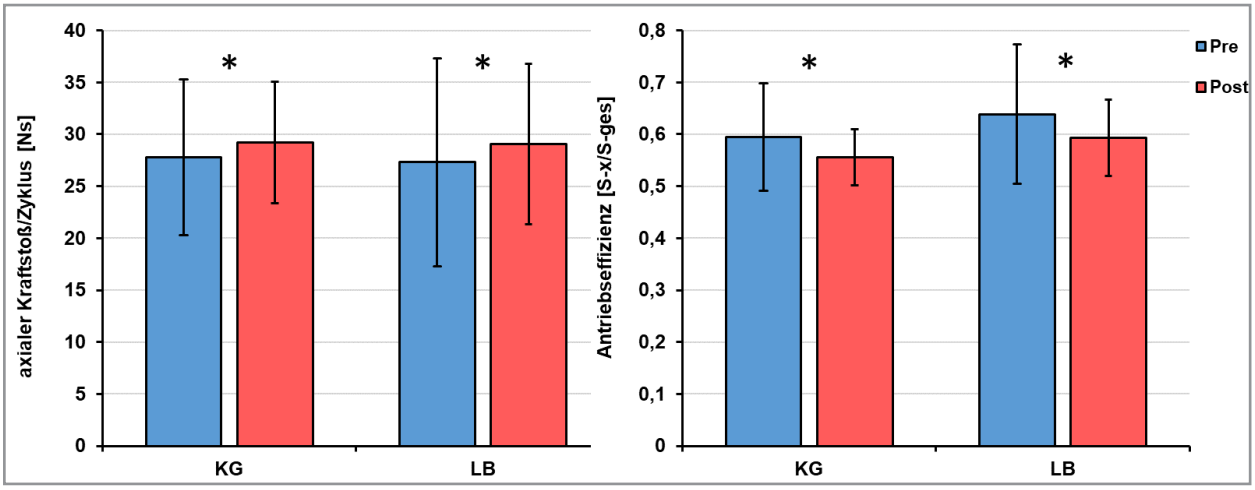


Abb. 7: Mittelwerte der axialen Kraftstöße und der Antriebseffizienz der Laufband- (N = 25) und Kontrollgruppe (N = 21) bei Pre- und Posttest (= p <0.05)*

4 Diskussion

Im Zuge einer Umstrukturierung der Trainingskonzepte für den DBS-Kader im nordischen Skisport und ebenfalls im Spitzenbereich der nicht behinderten Langläufer wurden in den vergangenen Jahren Überlegungen angestellt, wie dass Training insbesondere in der Phase der Ausprägung der Form für die Wettkämpfe intensiviert bzw. optimiert werden kann. In dieser Hinsicht gab es einige Spekulationen und Diskussionen unter Trainern und wissenschaftlichen Betreuern, sowie diffuse Informationen aus Insiderkreisen erfolgreicher Langlaufnationen bezüglich eines stärkeren Einbezugs von Trainingsmethoden, die überwiegend an das HIT-Konzept angelehnt sind. Um nähere Aufschlüsse über die Wirksamkeit intensiver Intervalle, insbesondere gepaart mit Geschwindigkeiten im individuellen Grenzbereich, zu bekommen, wurde das vorliegende Projekt konzipiert. Mit Blick auf die zu erwartenden Ergebnisse lag die Vermutung nahe, dass die intensive Intervallmethode an der Geschwindigkeitsbarriere effektiver sein sollte als extensivere Trainingsformen und dass infolge der dabei gelaufenen Grenzgeschwindigkeiten positive Effekte hinsichtlich einer Steigerung der Maximalgeschwindigkeit auftreten würden. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie haben diese These über weite Strecken bestätigt.

Mit der intensiven Intervallmethode an der individuellen Geschwindigkeitsbarriere wurden statistisch signifikant größere Entwicklungsfortschritte in Bezug auf eine Erhöhung der Laufgeschwindigkeit im Doppelstockschub erreicht, als mit der verbreiteten extensiven Intervallmethode. Eine Untersetzung der kausalen Zusammenhänge, die für die nachgewiesenen Effekte verantwortlich sind, liegt einerseits, was die trainingsmethodischen Aspekte angeht, auf der Hand. Andererseits ist es trotz der umfangreichen biomechanischen Befunde schwierig, Unterschiede auszumachen, die sich in der Bewegungsausführung bei einer vergleichenden Betrachtung beider untersuchten Trainingsmethoden ergeben haben. Die Vorteile der intensiven Intervallmethode liegen in der höheren Intensität, die näher an der Maximalgeschwindigkeit der Athleten liegt und damit per se höheren Einfluss auf die Sprintfähigkeit als auf die Fähigkeit im Streckenlauf hat. Dennoch muss berücksichtigt werden, dass bei den zunehmend höheren Laufgeschwindigkeiten im Streckenlauf die Fähigkeit, hohe Maxmalgeschwindigkeiten laufen zu können, auch eine enorme Bedeutung für die Leistungsfähigkeit über längere Distanzen hat.

Wie oben angesprochen, sind kausale Beziehungen, die zur Leistungsverbesserung geführt haben, nur bedingt nachweisbar. So haben die Läufer beider Gruppen beim Posttest eine geringere Zyklusfrequenz gewählt. Der Gewinn an Leistung kam trotz fast unveränderter Stützzeiten vor allem über die Stockkräfte bzw. die sich daraus ergebenden Kraftstöße zustande. Erstaunlich ist, dass sich in beiden Gruppen die Leistungsverbesserung offenbar bei einer

reduzierten Antriebseffizienz vollzog. Das lässt darauf schließen, dass es bei impulsiven initialen Stockeinsätzen verhältnismäßig hohe Kraftstoßanteile in vertikaler Richtung gibt, die sich negativ auf den Antriebswirkungsgrad auswirken, aber hinsichtlich der günstigen Effekte aus der Nutzung von Dehnungs-Verkürzungs-Zyklen in der initialen Stockphase durchaus positiv für den erreichten Gesamtvortrieb zu bilanzieren sind. (Zoppirolli, 2013). Entsprechend gibt es auch international Bestrebungen, die Leitbilder für den Stockschub hin zu einer impulsiven Aufsatzphase zu modifizieren.

5 Literatur

Halonen, J., Ohtonen O., Lemmettylä, T., Lindinger, S. J., Rapp, W., Häkkinen, K. & Linnamo, V. (2014). Biomechanics of double poling when skiing on snow and using an ergometer. In E. Müller et al. (Eds.). *Science and Skiing VI* (pp. 387-395). Meyer and Meyer Sport, ISBN 978-1-78255-066-2.

Holmberg, H.-C., Lindinger, S. J., Stöggl, T., Eitzlmair, E. & Müller, E. (2005). Biomechanical Analysis of Double Poling in Elite Cross-Country Skiers. *Medicine and science in sports and exercise, 37*, 807-818.

Lindinger, S. J. & Stoggl, T. (2009a). Control of speed during the double poling technique performed by elite cross-country skiers. *Medicine and science in sports and exercise, 41* (1), 210-220.

Lindinger, S. J., Holmberg, H. C., Müller, E. & Rapp W. (2009b). Changes in upper body muscle activity with increasing double poling velocities in elite cross-country skiing. *European journal of applied physiology, 106* (3), 353-363.

Rapp, W., Lindinger S., Müller, E. & Holmberg H.-C. (2009). Biomechanics in classical cross-country skiing – past, present and future. In: Müller et al. (Eds.). *Science and Skiing IV* (pp. 630-640). Meyer and Meyer Sport.

Smith, G. A., Fewster, J. B. & Braudt, S. M. (1996). Double poling kinematics and performance in cross-country skiing. *Journal of applied biomechanics, 12*, 88-103.

Smith, G. A., Fewster, J. B. & Braudt, S. M. (1996). Double poling kinematics and performance in cross-country skiing. *Journal of applied biomechanics, 12*, 88-103.

Smith, G. A. (2003). Biomechanics of cross country skiing. In H. Rusko (Ed.) *Handbook of Sports Medicine and Science: Cross Country Skiing* (pp. 32-61). Oxford, UK: Blackwell Science Ltd, ISBN 9780632055715.

Stöggl, T. & Holmberg, H.-C. (2011). Force interaction and 3D pole movement in double poling. *Scandinavian journal of medicine & science in sports, 21* (6), 393-404.

Zoppirolli, C., Holmberg H.-C., Pellegrini, B., Quaglia, D., Bortolan, L. & Schena, F. (2013). The effectiveness of stretch-shortening cycling in upper-limb extensor muscles during elite cross-country skiing with the double-poling technique. *Journal of electromyography and kinesiology, 23* (6), 1512-1519.

Vergleich verschiedener Verfahren zur Bestimmung der sportartspezifischen Schwellenleistung hinsichtlich der Prognose für eine Dauerbelastung im Handcycling

(AZ 070402/16)

Carolin Stangier[1], Sebastian Zeller[1], Oliver Jan Quittmann[1], Claudio Perret[2,3] & Thomas Abel[1,3] (Projektleitung)

[1] Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Bewegungs- und Neurowissenschaft
[2] Schweizer Paraplegiker-Zentrum, Institut für Sportmedizin
[3] European Research Group in Disability Sport (ERGiDS)

Problem

Die leistungssportliche Entwicklung der Sportart Handcycling im Verlauf der vergangenen Jahre ist als ausgesprochen rasant und erfolgreich zu bewerten (Abel et al., 2006; Arnet et al., 2016; de Groot et al., 2014). Entsprechend der Resultate der Paralympischen Spiele 2012 in London darf die Sportart gegenwärtig als europäisch dominiert eingestuft werden, wobei Athletinnen und Athleten aus der Schweiz und aus Deutschland 32 % der insgesamt vergebenen Medaillen im Handcycling gewannen. Hieraus sollte die Forderung abgeleitet werden, diese exponierte Position zu festigen und in bestimmten Wettkampfklassen zu verbessern. Die sportwissenschaftliche und medizinische Betreuung von Athleten erfolgt in der Schweiz wesentlich im Institut der Sportmedizin Nottwil (Swiss Olympic and Paralympic Medical Center), in Deutschland wesentlich in Instituten der Universität Freiburg und der Deutschen Sporthochschule Köln.

In der sportwissenschaftlichen Diagnostik von Sportarten mit einer klaren Dominanz der motorischen Hauptbeanspruchung der Ausdauer sind Verfahren zur Bestimmung des maximalen Laktat-Steady-State (MLSS) üblich. Es ist definiert als die höchste Belastungsintensität, bei der sich Laktatproduktion und -elimination gerade noch in einem Gleichgewicht befinden. Dabei darf die Blutlaktatkonzentration während der letzten 20 Minuten eines 30-minütigen Ausdauertests nicht mehr als um ± 1mmol/L verändern (H. Heck, Mader et al., 1985). Zur direkten Bestimmung des MLSS sind jedoch mehrere Leistungstests an verschiedenen Tagen nötig, was diese Methode für den Einsatz im praktischen Trainingsalltag als ungeeignet erscheinen lässt. Daher wird versucht, das MLSS indirekt anhand eines einzigen Tests zu bestimmen. In der Vergangenheit wurden zu diesem Zweck verschiedene Testverfahren eingesetzt, um anhand unterschiedlicher Schwellenkonzepte das MLSS zu bestimmen. Diesbezüglich hat sich vor allem die fixe Schwelle bei einer Blutlaktatkonzentration von 4 mmol/L nach Mader (1976) in der Trainingspraxis etabliert. Dahingegen findet in der Schweiz der Laktat-Minimum-Test (LMT) Anwendung. Dieses Konzept besteht aus einem kombinierten Rampen- und Stufenprotokoll, welches die Bestimmung des MLSS ermöglicht (Perret, 2007; Perret, Labruyere, Mueller & Strupler, 2012).

Aufgrund der sich teils widersprechenden Literatur (Faude, Kindermann & Meyer, 2009; H. Heck & Beneke, 2008), welches Konzept am genausten die maximale Dauerleistungsgrenze bestimmen und welche Konsequenzen für das Training bestehen, war es Ziel der durchgeführten Studie, die zwei verschiedenen Verfahren der Ausdauerleistungsdiagnostik mit den zugehörigen Schwellenkonzepten zur Bestimmung bzw. Berechnung des MLSS miteinander zu vergleichen und anhand einer anschließenden Dauerbelastung im Bereich des MLSS zu validieren.

Somit sollen mögliche Abweichungen im Sinne eines Über- oder Unterschätzens des MLSS beim Einsatz der verschiedenen Verfahren in Zukunft berücksichtigt werden können.

Methodik

2.1 Untersuchungsdesign

In einem cross-over Design mit Messwiederholung absolvierten 11 männliche, hochausdauertrainierte Athleten (Alter 40 ± 9 Jahre, Größe: 183 ± 8 cm, Gewicht: 74 ± 8 kg) einen Stufentest und einen Laktat-Minimum-Test (LMT), um jeweils eine Laktatschwelle ($LT_{4mmol \cdot L^{-1}}$ und LT_{LMT}) zu bestimmen. Zusätzlich wurde jeweils ein Dauerleistungstest (DLT, 30 min) bei einer Leistung entsprechend der Laktatschwellen durchgeführt, um das MLSS-Kriterium (Veränderung um ≤1mmol·L^{-1} während der letzten 20 min) für die beiden Schwellenkonzepte zu validieren. Sauerstoffaufnahme (VO_2), Herzfrequenz (HF) und Blutlaktat (LA) wurden zur Bestimmung der peak-Werte während der Testverfahren gemessen und alle 5 min während des DLT aufgezeichnet.

2.2 Testverfahren

2.2.1 VO_{2max} - Test

Bei der Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme kam ein an die Gegebenheiten des Handcyclings angepasster Rampentest zum Einsatz (Lindschulten, 2008). Nach einer 2-minütigen Belastung bei 80 Watt startete das Rampenprotokoll, wobei die Belastung alle 15 Sekunden um 5 Watt gesteigert wurde, um eine optimale Belastungszeit von 8-12 Minuten zu erzielen (Yoon, Kravitz & Robergs, 2007).

2.2.2 Laktat-Stufentest

Das Belastungsprotokoll für den Laktat-Stufentest in Anlehnung an Schmid (2002) begann mit einem Widerstand von 20 Watt, welcher alle 5 Minuten um 20 Watt bis zur subjektiven Erschöpfung gesteigert wurde (Schmid, 2002). Die gewählte Stufendauer von fünf Minuten gewährleistet nach Mader et al. (1976) das Einstellen eines Laktat-Steady-States (Mader et al., 1976).

2.2.3 Laktat-Minimum-Test (LMT)

Der Laktat-Minimum-Test setzt sich aus zwei Belastungsprotokollen zusammen. Dabei wird in der ersten Phase eine rasche Laktatakkumulation in Form eines Rampentests (20 W/60 s) angestrebt. Nach einer kurzen Pause (2 min) erfolgt ein Stufentestprotokoll (15 W/5 min), wobei die Anfangsbelastung moderat gewählt wird (45 % der Maximalleistung im Rampentest). Durch die aerobe Arbeit, die in den ersten Stufen des Stufentests geleistet wird, soll das initial akkumulierte Laktat eliminiert werden, bis ein Tiefpunkt erreicht ist. Dieser Tiefpunkt bzw. dieses Laktatminimum soll ein Equilibrium zwischen Laktatansammlung und Laktatelimination widerspiegeln und demnach das MaxLass darstellen (Tegtbur, Busse & Braumann, 1993). Das Verfahren entspricht dabei der diagnostischen Praxis im Untersuchungszentrum in der Schweiz.

2.2.4 Dauertest

Der Dauertest wurde bei einer Leistung analog zu einer Blutlaktatkonzentration von 4 mmol/L bzw. zum LMT, basierend auf den Ergebnissen der beiden Testverfahren durchgeführt. Auf ein standardisiertes 10-minütiges Warm-up (60 %, 80 % 100 % der Zielleistung) folgte eine 30-minütige Dauerbelastung. Während des Tests wurden die respiratorischen Parameter und die Herzfrequenz aufgezeichnet. In der 5., 10., 15., 20., 25. und 30. Minute wurde eine kapillare Blutprobe zur Bestimmung der Blutlaktatkonzentration entnommen, um die Erfüllung der MLSS-Kriterien zu überprüfen.

Ergebnisse

3.1 Leistungsdiagnostische Testverfahren

Eine einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen der VO_{2max} des Rampentests (3,0 ± 0,4 L·min^{-1}) und den VO_{2peak}-Werten des Stufentests (2,9 ± 0,4 L·min^{-1}) und LMT (2,7 ± 0,5 L·min^{-1}; 2,8 ± 0,6 L·min^{-1}). Dahingegen unterschied sich der RQ_{max} (1,13 ± 0,07) signifikant von den erzielten peak-Werten des Stufentests (1,03 ± 0,05) und des Stufentests im LMT

(1,02 ± 0,06). Diese beiden Werte waren ebenfalls signifikant niedriger im Vergleich zum RQ_{peak} im Rampentest. Für die Herzfrequenz zeigte sich nur ein signifikanter Unterschied zwischen den peak-Werten des Stufentests (183 ± 12 S·min^{-1}) und des Rampentests im LMT (174 ± 11 S·min^{-1}). Die erzielten Wattleistungen in den verschiedenen Testverfahren unterschieden sich im gleichen Muster wie die RQ-Werte.

3.2 Dauertests zur Validierung des MLSS

Kein signifikanter Unterschied wurde zwischen den Wattleistungen der beiden Schwellenkonzepte ($LT_{4mmol·L-1}$: 144 ± 31W vs. LT_{LMT}: 134 ± 15W; p = 0.36; Abb. 1) gefunden. Darüber hinaus wiesen beide Schwellenleistungen eine hoch signifikante ($LT_{4mmol·L-1}$ vs. LT_{LMT}: r = 0,839, p = 0,001) Korrelation zueinander auf. Im 30-minütigen Dauertest konnte an der $LT_{4mmol·L-1}$ bei einer mittleren Blutlaktatkonzentration von 4,46 ± 1,18 mmol/L für insgesamt 7 Probanden (64 %) ein Laktat-Steady-State ermittelt werden und an der LTLMT für insgesamt 9 Probanden (82 %) bei einer mittleren Blutlaktatkonzentration von 3,03 ± 1,84 mmol/L. Bei beiden Dauertests gab es jeweils einen Probanden, der am Ende des Tests mehr Laktat eliminierte als akkumulierte. Eine identische Leistungsabgabe für beide Schwellenkonzepte konnte lediglich bei 2 Probanden (18 %) bestimmt werden.

Diskussion

Vorrangiges Ziel der vorliegenden Studie war es, zwei gängige Testverfahren bzw. Laktatschwellenmodell der Ausdauerleistungsdiagnostik zur Abschätzung des MLSS zu vergleichen und gleichsam ihre Übertragbarkeit auf das Handcycling wissenschaftlich zu überprüfen. Die Ergebnisse zeigen, dass beide Testverfahren eine valide Abschätzung zur Vorhersage einer Dauerleistung ermöglichen, jedoch Ergebnisse von Eliteathleten individuell analysiert und anhand mehrerer Dauerleistungstests verifiziert werden sollten. Unter Berücksichtigung dieser Limitation, ermöglichen die vorliegenden Ergebnisse die Auswahl eines für das Handcycling adäqua-

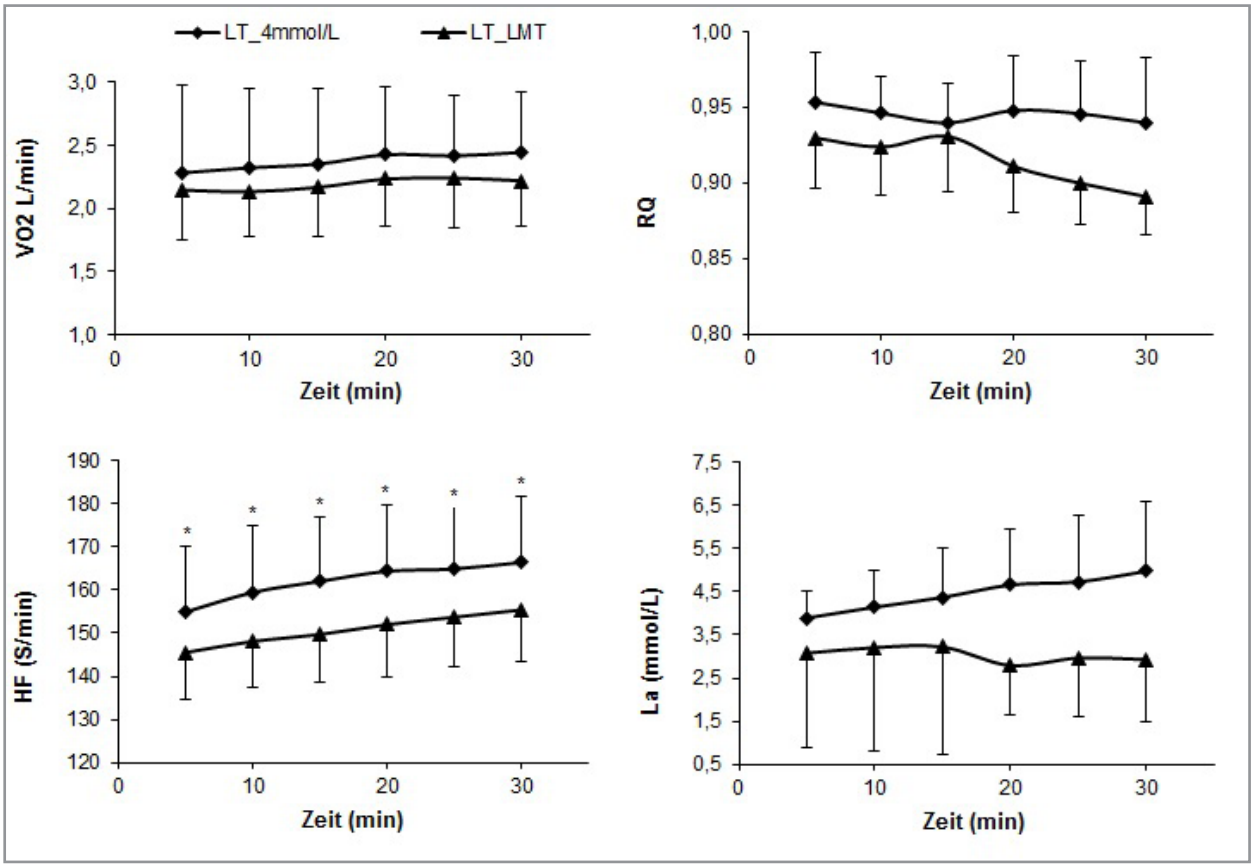


Abb. 1: Vergleich ausgewählter Parameter während der 30-minütigen Dauertests an der $LT_{4mmol·L-1}$ und LT_{LMT}.

ten Testverfahrens, um die Ausdauerleistungsfähigkeit zu bestimmen und Trainingsempfehlungen abzuleiten.

4.1 Vergleich der Testprotokolle

Während die VO_{2max} bzw. VO_{2peak} Werte auf eine Austauschbarkeit der verschiedenen Testprotokolle hinweisen, bestätigen die signifikanten Unterschiede der RQ- und Leistungsdaten eine größere bzw. allumfassende Ausbelastung während des Rampentests. Demzufolge sollte zur Bestimmung der maximalen Ausdauerleistungsfähigkeit, vor allem für die Ableitung prozentualer Werte für die Trainingssteuerung, ein Rampentest bevorzugt werden. Wohingegen zur Bestimmung von Laktatschwellen ein Stufentest zum Einsatz kommen sollte, um Steady-State der Blutlaktatkonzentration zum Zeitpunkt der Blutentnahme zu gewährleisten (Beneke, 2003; Heck, Müller et al., 1985).

4.2 Vergleich der Schwellenkonzepte

Wie in Abb. 1 zu erkennen, ist der Verlauf aller leistungsphysiologischer Parameter während des Dauertests an der LMT-Schwelle niedriger, wobei lediglich die HF einen signifikanten Unterschied aufweist. Dieses Ergebnis deutet auf eine signifikant niedrigere kardiale Herausforderung der Athleten während des Dauertests an der LMT-Schwelle hin und lässt eine Unterschätzung des MLSS vermuten. Ebenfalls die Tatsache, dass für beide Schwellenkonzepte jeweils ein Proband zum Ende der 30-minütigen Dauerbelastung mehr Laktat eliminierte als akkumulierte, deutet auf eine Unterschätzung des tatsächlichen MLSS hin. Obwohl das allgemeingültige Kriterium des MLSS für beide Konzepte für die Mehrheit aller Probanden erfüllt wurde, geben die vorliegenden Ergebnisse Grund zur Annahme, dass eine Veränderung der Blutlaktatkonzentration von ± 1 mmol/L für ein maximales Laktat-Steady-State vermutlich zu unpräzise ist und in vielen Fällen zwar ein Laktat-Steady-State erreicht wird, dies aber nicht dem absoluten und wettkampfrelevanten Maximum entspricht.

4.3 Übertragbarkeit der Schwellenkonzepte ins Handcycling

Obwohl zahlreiche Studien belegen, dass sowohl der Stufentest mit der 4 mmol/L-Schwelle als auch der LMT geeignete Testverfahren sind, um das MLSS zu bestimmen (Beneke, 2003; Faude et al., 2009; Jones & Doust, 1998), gibt es für beide Schwellenkonzepte ebenfalls Belege, dass die Genauigkeit dieser Modelle mit zunehmender Ausdauerleistungsfähigkeit sinkt. Während die 4 mmol-Schwelle eher zu einer Überschätzung des tatsächlichen MLSS neigt, resultiert das LMT bei hoch trainierten Ausdauerathleten aufgrund einer trainingsbedingt veränderten Laktatkinetik eher zu einer Unterschätzung des MLSS (Faude et al., 2009; Heck et al., 1991).

Genauso muss bei der Übertragung von allgemeinen leistungsdiagnostischen Verfahren in den Behindertensport die durch die körperliche Beeinträchtigung veränderten physiologischen Gegebenheiten und deren Einfluss auf die Testergebnisse berücksichtigt werden. Bei Athleten mit paraplegischer Lähmung ist aufgrund der Ruptur des zentralen Nervensystems auf Rückenmarksebene sowohl die autonome als auch die vegetative Steuerung der Beinmuskulatur stark eingeschränkt. Dies hat u. a. aus leistungsphysiologischer Perspektive zur Folge, dass nicht-innervierbare Muskulatur schnell atrophiert (Hoffman, 1986). Aufgrund der im Vergleich zu Fußgängern deutlich reduzierten Muskelmasse steht während körperlicher Belastung prinzipiell ein kleinerer Laktatverteilungsraum sowie ein geringerer Anteil an passiver Muskulatur für die Laktatelimination zur Verfügung (Donovan & Pagliassotti, 1990; Monedero & Donne, 2000). Darüber hinaus resultiert der fehlende Einfluss des vegetativen Nervensystems verbunden mit der mangelnden Aktivität der Muskelpumpe in der Beinmuskulatur in einer eingeschränkten sympathischen Vasokonstriktion unterhalb der Läsionshöhe, sodass der venöse Rücktransport des Bluts aus den Beinen limitiert sein könnte (Hopman et al., 1998). Dies wiederum verlangsamt den Abbau von Metaboliten und die erneute Sauerstoffanreicherung

des Bluts und hat somit einen entscheidenden Einfluss auf die Ermüdungswiderstandsfähigkeit des Athleten.

Abschließend gilt also festzuhalten, dass mögliche Abweichungen im Sinne eines Über- oder Unterschätzens des MLSS im Handcycling beim Einsatz der verschiedenen Verfahren mit den aktuellen Testverfahren und Schwellenkonzepten nicht ausgeschlossen werden können und im Zweifel die Testergebnisse eines jeden Athleten individuell betrachtet werden müssen. Teilweise das Signifikanzniveau nur leicht verfehlende Werte könnten vermutlich mit einem größeren Probandenkollektiv zu deutlicheren Ergebnissen führen. Da die Studie jedoch mit Athleten der nationalen Spitze mit internationalen Wettkampferfahrungen – darunter zwei paralympische Medaillengewinner (je 1x Gold, Silber, Bronze) – durchgeführt wurde, ist das zur Verfügung stehende Probandenkollektiv erwartungsgemäß sehr klein.

Literatur

Abel, T., Schneider, S., Platen, P. & Struder, H. K. (2006). Performance diagnostics in handbiking during competition. *Spinal cord, 44* (4), 211-216.

Arnet, U., Hinrichs, T., Lay, V., Bertschy, S., Frei, H. & Brinkhof, M. W. (2016). Determinants of handbike use in persons with spinal cord injury: results of a community survey in Switzerland. *Disability and rehabilitation, 38* (1), 81-86.

Beneke, R. (2003). Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. *European journal of applied physiology, 89* (1), 95-99.

de Groot, S., Postma, K., van Vliet, L., Timmermans, R. & Valent, L. J. (2014). Mountain time trial in handcycling: exercise intensity and predictors of race time in people with spinal cord injury. *Spinal cord, 52* (6), 455-461.

Donovan, C.M. & Pagliassotti, M.J. (1990). Enhanced efficiency of lactate removal after endurance training. *Journal of applied physiology (1985), 68* (3), 1053-1058.

Faude, O., Kindermann, W. & Meyer, T. (2009). Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports medicine, 39* (6), 469-490.

Heck, H. & Beneke, R. (2008). 30 Jahre Laktatschwellen – was bleibt zu tun? Deutsche *Zeitschrift für Sportmedizin, 59* (12), 297-302.

Heck, H., Mader, A., Hess, G., Mucke, S., Muller, R. & Hollmann, W. (1985). Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *International journal of sports medicine, 6* (3), 117-130.

Heck, H., Müller, R., Mücke, S. & Hollmann, W. (1985). Verhalten von Pulsfrequenz und Laktat bei unterschiedlicher Beschaffenheit der Laufstrecke im Vergleich zum Laufband. In I. W. Franz, H. Mellerowicz & W. Noack (Hrsg.). *Training und Sport zur Prävention und Rehabilitation in der technisierten Umwelt* (S. 789-797). Berlin: Springer Berlin Heidelberg.

Heck, H., Rosskopf, P., Hirsch, A., Hoberg, T., Hoppe, W. & Reichwein, R. (1991). The effect of preexercise lactate, duration of break and the increase of workload on the lactate turnpoint. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 42*, 248-263.

Hoffman, M. D. (1986). Cardiorespiratory fitness and training in quadriplegics and paraplegics. *Sports medicine, 3* (5), 312-330.

Hopman, M. T., Monroe, M., Dueck, C., Phillips, W. T. & Skinner, J. S. (1998). Blood redistribution and circulatory responses to submaximal arm exercise in persons with spinal cord injury. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine, 30* (3), 167-174.

Lindschulten, R. (2008). *Leistungsphysiologische, hämatologische und elektromyographische Untersuchungen im Handbikesport bei Menschen mit einer Verletzung oder Erkrankung der Rückenmarks*. Deutsche Sporthochschule Köln, Köln.

Mader, A., Liesen, H., Heck, H. & Hollmann, W. (1976). Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt und Sportmedizin, 27*, 80-88.

Monedero, J. & Donne, B. (2000). Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. *International journal of sports medicine, 21* (8), 593-597.

Perret, C. (2007). Does the lactate minimum of a heart rate based lactate minimum test correspond to the maximal lactate steady state. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie, 55* (3).

Schmid, A. (2002). Rollstuhlergometrie Deutsche *Zeitschrift für Sportmedizin, 53* (5), 153-154.

Tegtbur, U., Busse, M. W. & Braumann, K. M. (1993). Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 25 (5), 620-627.

Yoon, B.K., Kravitz, L. & Robergs, R. (2007). VO2max, protocol duration, and the VO2 plateau. *Medicine and science in sports and exercise*, 39 (7), 1186-1192.

Evaluation eines Modells zur Talentidentifikation im Grundschulalter

(AZ 070504/14-15)

Andreas Hohmann (Projektleitung), Ulrich Fehr, Maximilian Siener & Stefan Hochstein
Universität Bayreuth, Institut für Sportwissenschaft

1 Problem: Talentscreening und Talentorientierung

Die Zukunft des Leistungssports in Deutschland hängt neben vielen anderen Faktoren auch von einer wissenschaftlich fundierten und im Feld des Nachwuchsleistungssports (ökologisch) validen **Sichtung und Sportartorientierung von Talenten ab**. Mit diesem Ziel wurde im Rahmen des Fuldaer Bewegungs-Check 2010-2016 (im Folgenden: FBC) auf der zweiten Klassenstufe eine vielseitige motorische Talentdiagnose (*talent screening*) mit Hilfe von allgemeinen Testverfahren durchgeführt. Mit Hilfe des Deutschen Motorik-Tests 6-18 (Bös & Schlenker, 2016) sowie ergänzend Ballweitwurf, Komplexer Reaktionslauf, Handkrafttest plus Körperhöhe und -gewicht (im Folgenden: DMT+) wird eine Sportartempfehlung (*talent orientation*) erstellt und den Kindern zusammen mit ihren Testergebnissen übermittelt. Basis der Sportartempfehlung ist eine aus dem Verhältnis von individuellem Stärken-Schwächen-Profil und sportartspezifischen Anforderungsprofilen abgeleitete Talentprognose. Ziel des vorliegenden Forschungsprojekts war es, das Modell der Talentidentifikation (im Folgenden: TID) und Talentprognose aus konzeptioneller und methodischer Sicht zu validieren. Das umfassende **Validitätskonzept** (Abb. 1) und die konkret vorgeschlagenen **Prüfschritte** ermöglichen es, die Treffsicherheit, Wirksamkeit und Nützlichkeit von Bewegungs-Checks in der Grundschule zu evaluieren (Hohmann, Fehr, Siener & Hochstein, im Druck). Dabei geht es nicht alleine im engeren Sinne um die Basisvoraussetzungen der inhaltlichen und kriterienbezogenen Validität der Testung an sich, sondern in einem umfassenderen Verständnis auch um die (mit der Validität eng verwandten) Nebengütekriterien Testökonomie, Zumutbarkeit, Nützlichkeit sowie schlussendlich der gesellschaftlichen Akzeptanz (Moosbrugger & Kelava, 2012).

Abb. 1: Struktur der Validität und Nebengütekriterien der Talentsichtung und Talentorientierung

Der Fuldaer Bewegungs-Check 2010-2016 (Hohmann, Hohmann, Scheuring & Zapp, 2015) besteht für alle Teilnehmer aus dem **Basis-Check** mit dem DMT+ und einem etwa 8 Wochen später stattfindenden, sportartspezifischen **Talent-Check**, zu dem die 15 Prozent der motorisch Besten eingeladen werden. Da gegenwärtig nur für die 1. Stufe des FBC genügend Daten für eine Längsschnittanalyse vorliegen, beschränkt sich der vorliegende Beitrag auf die Validierung der allgemeinen Testverfahren dieses **Basis-Checks**.

Die finanzielle und zeitliche **Ökonomie** der verschiedenen Bewegungs-Checks in Deutschland variiert u. W. erheblich. Beim FBC handelt es sich um eine jährlich flächendeckende Vollerhebung auf der zweiten Klassenstufe der ca. 40 Grundschulen des Landkreises mit etwa 1.800 teilnehmenden Kindern. Die Grundschulen nehmen im Klassenverband teil, wobei bis zu einer Höchstzahl von 50 Schülern auch zwei Klassen in einer Doppelstunde (90 Minuten) parallel getestet werden können. Berücksichtigt man neben den organisatorischen die finanziellen Aufwendungen für die Testhelfer und Testmaterialien sowie den Bustransport, so entstehen Gesamtkosten in Höhe von etwa 10 Euro pro Kind. In Anbetracht des Umfangs der Kampagne kommt der FBC mit vertretbaren finanziellen und zeitlichen Ressourcen aus, was nicht zuletzt auch für die positive öffentliche Resonanz mitverantwortlich ist. Hinzu kommt die auf ein Minimum beschränkte administrative Inanspruchnahme der Grundschulen, weil von deren Seiten lediglich der Vordruck mit der schriftlichen Einverständniserklärung der Eltern eingeholt und die Klassenlisten elektronisch vorab übermittelt werden müssen. Alle weiteren Schritte der Testinstruktion und -durchführung, die EDV-basierte Dateneingabe durch die Tester an den einzelnen Teststationen sowie die Datenauswertung und Urkundenausgabe erfolgen direkt vor Ort durch das Testteam und erfordern keine operative Beteiligung der Lehrkräfte oder Begleitpersonen. Gerade die geringe organisatorische Belastung der Lehrerschaft und die abschließende Übermittlung der klassenweisen Testergebnisse trägt entscheidend zur Zumutbarkeit der Teilnahme am FBC bei.

2 Methode und Ergebnisse: Validierung des Modells der Talentidentifikation

Die langfristige Leistungserwartung an ein sportliches Talent begründet den *prognostischen Charakter* der Talentsuche. Ausgehend vom inhaltlichen Messanspruch und der Zielgenauigkeit der eingesetzten Diagnoseverfahren (*inhaltliche Validität)* hängt die Qualität der Talentbestimmung und Sportartempfehlung somit nicht alleine von der sofortigen Aussagekraft des Testprofils (*konkurrente, d. h. unmittelbar zeitgleiche kriterienbezogene Validität*) ab, sondern mehr von der prognostischen, d. h. mittel- und langfristigen Aussagekraft (*prognostische kriterienbezogene Validität*) der Talentdiagnose, die sich im Hinblick auf die zukünftige Leistungsentwicklung ergibt.

Bei der Validierung sollte aufgrund des langen Prognosezeitraums bis hin zur finalen individuellen Bestleistung eine mindestens zweifach, besser jedoch dreifach gestufte **Etappenstruktur der Talentprognose** (Abb. 2) konzipiert werden. Mit Hilfe eines zeitlich gestuften Prozesses der TID kann auf der einen Seite die erforderliche Längsschnittuntersuchung in mehrere, parallel zu untersuchende gleitende Zeitfenster und Populationen aufgeteilt und damit der Untersuchungszeitraum erheblich verkürzt werden. Auf der anderen Seite hilft ein kombiniert quer-/längsschnittliches Studiendesign (*sliding populations approach*; Regnier, Salmela & Russell, 1993), auch eine Reihe weiterer Untersuchungsprobleme zu verringern, wie z. B. *Stichprobenmortalität* (drop out), *Validitätsverschiebung* der Testverfahren oder unrealistisch *lange Finanzierungshorizonte* der Forschungsförderung.

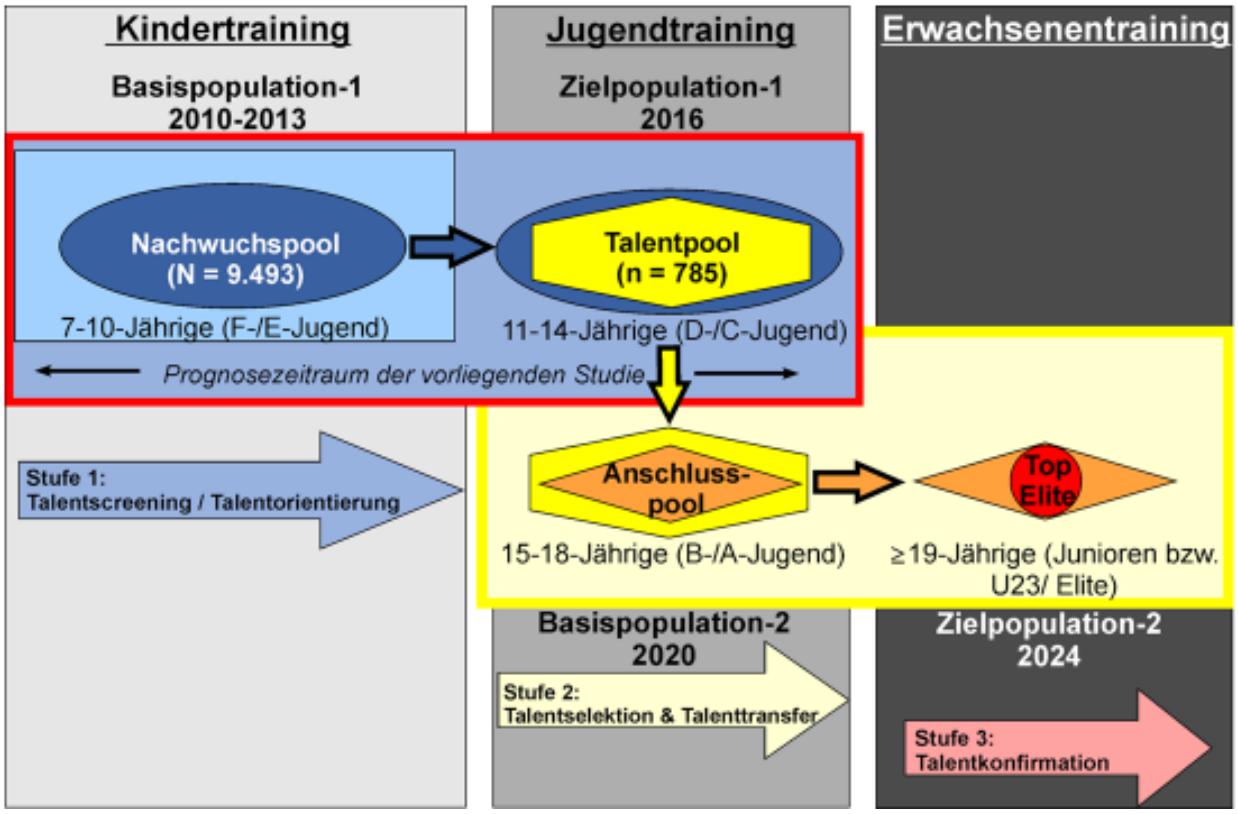


Abb. 2: Dreifach gestufte Etappenstruktur der Talentprognose im Nachwuchsleistungssport (der Zeitraum der vorliegenden Studie ist rot umrahmt).

Gleichzeitig erfordert die komplexe Leistungsstruktur der meisten Sportarten von Anfang an eine möglichst **vielseitige Merkmalserhebung** (*screening*), um ein hinreichend differenziertes Leistungsbild als Beurteilungsbasis zu schaffen. Ferner sollte eine Konsequenz der natürlichen Merkmalskompensation zwischen den einzelnen Leistungsvoraussetzungen (z. B. Schnelligkeit und Ausdauer im Fußball oder Kraft und Koordination im Judo) darin bestehen, dass im Anschluss an die Datenerhebung auch auf der Auswertungsebene ein **mathematisch-statistischer Methodenverbund** aus herkömmlichen, *linearen Klassifikationsverfahren und nichtlinearen Mustererkennungsverfahren* zum Einsatz kommt.

2.1 Zur konkurrenten kriterienbezogenen Validität der Talentdiagnose

Um die beiden Modellebenen der kriterienbezogenen Validität der Testbatterie DMT+ zu überprüfen, eignet sich die in Abb. 3 im Überblick dargestellte **Validierungsstrategie** mit vier aufeinander aufbauenden Arbeitsschritten.

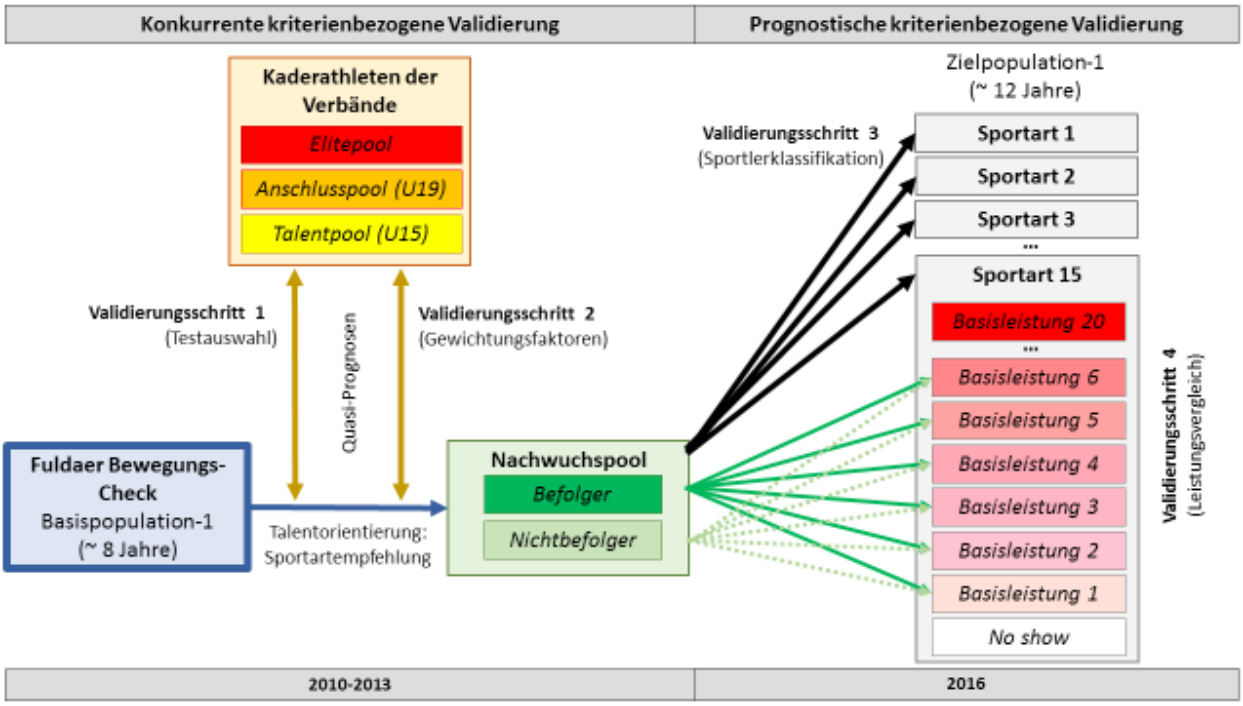


Abb 3: Vier aufeinander aufbauende Strategien zur konkurrenten und prognostischen Validierung des TID-Modells

Validierungsschritt 1: Testauswahl

Zur Prüfung der konkurrenten kriterienbezogenen Validität wurden elf Talenttests des DMT+ (nicht: Komplexer Wahlreaktionslauf und Griffkrafttest) zunächst *querschnittlich* bei älteren und aktuell bereits erfolgreichen Nachwuchs- oder Spitzensportlern eingesetzt. Auf der Basis der individuellen Muster der altersbereinigten und normierten Testwerte[1] kann dann die Übereinstimmung der aus den Testprofilen abgeleiteten Sportlerklassifikation mit der tatsächlich betriebenen Sportart im Sinne einer **„unechten Quasi-Prognose"** geprüft werden. Die Treffsicherheit dieser ex-post-facto vorgenommenen Sportlerklassifikation informiert somit über die sportartbezogene Tauglichkeit der Testauswahl und die klassifikatorische Validität des gesamten Testprofils in Bezug auf die Güte der Sportartempfehlung.

In einer ersten Teilstudie des vorliegenden Forschungsprojekts haben Hohmann, Fehr und Voigt (2015) N = 56 bayerische D-Kaderathleten (oder vergleichbaren Leistungsniveaus) aus den sechs Sportarten Fußball, Leichtathletik-Sprint/Sprung, Ski-Alpin, Skilanglauf, Volleyball und Wasserball mit dem DMT plus Ballweitwurf getestet. Die Summe der für jede Sportart herangezogenen Merkmalsausprägungen sollte dann über den Grad der sportartspezifischen Eignung des Testteilnehmers informieren. Gemäß der Quasi-Prognose wurde aus den individuellen Testergebnissen der männlichen Nachwuchssportler im Alter von 12-16 Jahren (U13 bis U17) eine individuelle Empfehlung für eine Erst-, Zweit und Drittsportart abgeleitet und mit seiner aktuellen Herkunftssportart verglichen.

1 Dazu wurden in einem ersten Arbeitsschritt die individuellen Testrohwerte in *Standard Deviation Scores (z-Werte)* überführt. Zudem wird auf regressionsanalytischer Basis das Lebensalter in Monaten berücksichtigt, um den Kalendarischen Alterseffekt zu vermeiden (Lames, Augste, Dreckmann, Görsdorf & Schimanski, 2008). Für den Ballweitwurf, für den keine bundesweiten Normwerte existieren, wurden die Referenzwerte aus der Datenbasis des Fuldaer Bewegungs-Checks 2010-2014 (N > 6.000) berechnet. Als Referenzbasis für die Körperbaumaße Körperhöhe, Körpergewicht und BMI diente die für Deutschland repräsentative Datenbasis des Robert Koch-Instituts (Schienkiewitz, Neuhauser, Rosario, Dortschy, Kurth, Ellert & Stolzenberg, 2011).

Validierungsschritt 2: Sportartspezifische Gewichtungsfaktoren

Um die kriterienbezogene Validität der Testbatterie DMT+ weiter zu erhöhen, haben Hohmann, Fehr und Voigt (2015) die im Testprofil diagnostizierten Talentmerkmale in einem zweiten Arbeitsschritt *sportartspezifisch gewichtet*. Klassifiziert man anschließend die Sportler erneut, so sollte sich die Treffsicherheit der Sportvorhersage im Kontrast von ungewichteten und gewichteten Merkmalen erhöhen. Die Autoren konnten bei den untersuchten Sportlern der sechs Sportarten zeigen, dass durch den Einsatz von sportartspezifisch gewichteten Körperbaumerkmalen und sportmotorischen Testleistungen die diskriminanzanalytische Klassifikationsgüte von 69,6 auf 76,8 Prozent Treffer gegenüber dem ungewichteten Testprofil ansteigt. Die Differenz zwischen der ungewichteten und gewichteten Prognosegüte in Höhe von d = 7,2 Prozent bedeutet, dass neben dem individuellen *Stärken-Schwächen-Profil* der Kadersportler auch das konkrete *Anforderungsprofil* ihrer jeweiligen Herkunfts- bzw. der zu empfehlenden Zielsportart mit Hilfe von Gewichtungsfaktoren berücksichtigt werden muss.

Validierungsschritt 3: Sportartempfehlung

Bei der abschließenden **„echten" Talentprognose** werden die jeweils am Ende des Kinder- und Jugendtrainings sowie am finalen Karrierehöhepunkt im Erwachsenenalter erzielten Bestleistungen der (Nachwuchs)Sportler abgewartet und dann die erreichten Zielleistungen retrospektiv mit den früheren individuellen Merkmalsprofilen und Sportartempfehlungen verglichen. In einer zweiten Teilstudie des vorliegenden Projekts (Hohmann, Fehr, Siener & Hochstein, im Druck) bildeten die Teilnehmer des FBC die 7-9-jährige **Basispopulation-1** (N_{Jungen} = 4.805; Alter: (94,93 ± 6,07) mon; $N_{Mädchen}$ = 4.688; Alter: (92,43 ± 4,95) mon. In dieser Gruppe wurde versucht, ab dem Teilnahmezeitpunkt am Bewegungs-Check möglichst jedes Wettkampfengagement in einer oder auch verschiedenen Sportarten mit Hilfe einer EDV-basierten, individuellen Namensrecherche im Internet und im örtlichen Pressezentrum (Intranet Fuldaer Zeitung) sowie im speziellen Fall Fußball anhand der verbandlich registrierten Spielerlizenzen zu ermitteln. Das Wettkampfengagement der erfolgreich recherchierten Nachwuchssportler der 11;0 - 14;11-jährigen (Jahre; Monate) **Zielpopulation**-1 (N_{Jungen} = 539; Alter: 149,44 ± 10,61 mon; $N_{Mädchen}$ = 246; Alter: 145,69 ± 9,64 mon) verteilt sich über insgesamt 36 verschiedene Sportarten. Unter diesen befinden sich auch die 15 regional empfohlenen Zielsportarten mit einer Stützpunktausstattung vor Ort: Badminton, Basketball, Fußball (Codenummer der Empfehlungssportart: #1) , Gerätturnen (#5), Golf, Handball, Judo (#7), Ju-Jutsu, Kanu-Classic (#24), Karate, Kickboxen, Kunstradfahren, Leichtathletik-Dauerlauf (#6), Leichtathletik-Sprint/Sprung (#2), Leichtathletik-Wurf, Minigolf, Motorsport, Radsport-Straße (#10), Radsport-Cross-Country (MTB), Reitsport, Schwimmen (#8), Ski-Alpin (#22), Skilanglauf (#23), Sportkegeln, Sportklettern, Sportschießen-Bogen, Sportschießen-Gewehr, Synchronschwimmen, Taekwondo, Tanz-Classic (#17), Tanz-Pop, Tennis, (#3) Tischtennis (#4), Volleyball (#12), Voltigieren und Wasserball (#15). Eine hohe prognostische Validität der Sportartempfehlung liegt dann vor, wenn die aktuell betriebene Zielsportart weitgehend mit der ursprünglichen individuellen Sportartempfehlung übereinstimmt.

Der **klassifikatorische Validierungsschritt** beantwortet die Frage, ob sich die im juvenilen Altersbereich der U12 bis zur U15 (11;0 bis 14;11 Jahre) ausgeübte Zielsportart treffsicher aus dem frühen Muster der Leistungsvoraussetzungen vorhersagen lässt. Die Hypothese besteht darin, dass diese Vorhersage dann optimal ausfällt, wenn die Teilnehmer am Fuldaer Bewegungs-Check bei der Auswahl ihrer Zielsportart ihre persönliche Eignung und Merkmalsausstattung berücksichtigt und eine der drei in der Urkunde empfohlenen Sportarten ab der Teilnahme am Bewegungs-Check wettkampfmäßig betrieben haben. Um diese Annahme zu überprüfen, wurde bei den bis zum Stichtag 31. Dezember 2016 im Wettkampfbetrieb Fuldaer Vereine angekommenen Nachwuchssportlern die später ausgeübte Zielsportart aus ihrem beim Bewegungs-Check ermittelten Stärken-Schwächen-Profil vorhergesagt. Dabei wurden wiederum jene 15 Zielsportarten analysiert, für die beim Bewegungs-Check Sportartempfehlungen for-

muliert worden waren. Als zweites Auswahlkriterium wurden bei dieser Analyse nur jene Nachwuchssportler einbezogen, deren Basisleistung auf der Erfolgsskala (Tab. 1) mindestens Level 3 erreichte, d. h. deren Wettkampferfolge ihre Zugehörigkeit zur sportartbezogenen Leistungsspitze des Landkreises Fulda belegen. Das Argument für diese Einschränkung besteht in der Annahme, dass die Sportartbetreiber mit nur mäßigem sportlichen Erfolg (Basisleistung 1 und 2) über die zurückliegenden 3-6 Jahre hinweg vermutlich in weitaus geringerem Maße sportartspezifische Anpassungsleistungen erreicht haben. Somit wäre bei einer Einbeziehung auch dieser wenig leistungsfähigen Nachwuchssportler in das Klassifikationsverfahren zu erwarten, dass aufgrund ihrer geringer Leistungsentwicklung einerseits die sportartspezifische Eignung gering und andererseits die Heterogenität in den individuellen Stärken-Schwächen-Profilen so groß sein dürften, dass eine einheitliche Klassifizierung von vornherein aussichtslos wäre. Da die Mädchen deutlich in der Minderzahl sind und sich zudem in ihrem Stärken-Schwächen-Profil und auch in Bezug auf die Sportartwahl (z. B. Gerätturnen) erheblich von den Jungen unterscheiden, wird das Klassifikationsverfahren nur bei den männlichen Nachwuchssportlern angewandt. Insgesamt führen diese Einschränkungen zu einer Analysegruppe mit N = 190 Nachwuchssportlern, die sich aus den Sportarten Fußball (N = 54), Leichtathletik-Sprint/Sprung (N = 30), Tennis (N = 50), Tischtennis (N = 32) und Judo (N = 24) zusammensetzt.

Tab. 1: Zielsportarten und 20-stufige erfolgsbasierte Leistungsskala zur Bewertung der Basisleistung, Anschlussleistung und Finalleistung der Teilnehmer am FBC

Erfolgsbasierte Leistungsskala	
0	No show
1	Vereinsregistrierter Nachwuchssportler
2	Wettkampfteilnahme in der untersten lokalen altersbezogenen Leistungsklasse; lokal erfolgreiche Wettkampfteilnahme im Altersbereich bis zur U11
3	Wettkampfteilnahme in einer mittleren altersbezogenen Kreisklasse; lokal erfolgreiche Erfolg Wettkampfteilnahme im Altersbereich bis zur U13
4	Wettkampfteilnahme in der höchsten altersbezogenen Bezirks- oder Gauklasse; Finalteilnahme auf der Bezirksebene im Altersbereich bis zur U15
5	Wettkampfteilnahme in der höchsten altersbezogenen Landesklasse oder Finalteilnahme auf der Landesebene im Altersbereich bis zur U17
6	Teilnahme am Wettkampfbetrieb der höchsten altersbezogenen Landesgruppenklasse (z. B. Regionalliga) oder an der nationalen altersbezogenen Meisterschaft; Medaille auf Landesebene U17
7	Teilnahme am Wettkampfbetrieb der höchsten altersbezogenen nationalen Leistungsklasse (z. B. Jugend-Bundesliga) oder dem internationalen altersbezogenen Meisterschaftsbetrieb (z. B. Nominierung für U15-Nationalmannschaft); Gewinn der nationalen Meisterschaft im Altersbereich bis einschließlich U15 (Platz 1-3); Lehrgangsteilnahme Jugendnationalmannschaft (U17)
8	Teilnahme am Wettkampfbetrieb der höchsten altersbezogenen nationalen Leistungsklasse (z. B. Junioren-Bundesliga): Wettkampfteilnahme am internationalen Meisterschaftsbetrieb (z. B. Nominierung für U17-, U19- oder U21-Nationalmannschaft); Gewinn der nationalen Meisterschaft im Altersbereich ab U17 (Platz 1-3); Senioren: 2. Bundesliga
9	JEM-/JWM - Platz 9-16; Senioren: 1. Bundesliga / DM - Platz 13-20; Senioren: 1. Bundesliga / DM - Platz 9-12
10	Jugend-EM-/Jugend-WM - Platz 4-8; Senioren: 1. Bundesliga / DM - Platz 5-8
11	Medaille bei Jugend-EM/Jugend-WM; Senioren: 1. Bundesliga / DM – Platz 3-4
12	Senioren: 1. Bundesliga / DM – Platz 2
13	Medaille bei Junioren-EM/Junioren-WM; 1. Bundesliga / DM – Platz 1
14	B-Nationalkader / A-Länderkampf; Start bei EM / WM / OS
15	A-Nationalkader; EM - Platz 6-8 / WM/OS - Platz 9-16
16	EM - Platz 4-5 / WM/OS - Platz 5-8
17	EM - Platz 3 / WM/OS - Platz 4
18	EM - Platz 2 / WM/OS - Platz 3
19	Europameister / WM/OS - Platz 2
20	Weltmeister / Olympiasieger

Als Prognoseverfahren dienten die drei **Klassifikationsverfahren** lineare *Diskriminanzanalyse* (DA; mit Kreuzvalidierung durch individuelle Fallauslassung) und die beiden nichtlinearen Neuronalen Netzwerk-Varianten *Mehrschichtiges Perceptron* (Multilayer Perceptron, MLP; mit 10 Prozent Holdout) und *Selbstorganisierende Kohonenkarte* (Self-organising Kohonen Feature Map, SOM; mit Kreuzvalidierung durch individuelle Fallauslassung, Leave-one-out[1]). Die *lineare Diskriminanzanalyse* und die Neuronale Netzwerk-Analyse (in der Variante des *mehrschichtigen Perceptrons* bei Verwendung der ungewichteten Profilmerkmale) bleiben deutlich hinter der Trefferquote zurück, die bei Berücksichtigung der sportartspezifischen Gewichtungsfaktoren erreicht wird (Tab. 2). So erhöht sich die Validität der Sportartprognose auf der Basis der **gewichteten Talentmerkmale** um d = 4,9 Prozent von 33,6 auf 38,5 Prozent Treffer. Im Methodenvergleich führt bei gewichteten Merkmalen das *mehrschichtige Perceptron* (MLP) mit insgesamt 44,7 Prozent korrekten Zuordnungen der Sportler zu den jeweils von ihnen betriebenen Sportarten zum besten Klassifikationsergebnis.

Bei insgesamt 92 der N = 190 Nachwuchssportler (48,4 %) leistet mindestens eine der drei Klassifikationsmethoden eine korrekte Sportartvorhersage. Unter diesen 92 Nachwuchssportlern wird für N = 43 die Zielsportart übereinstimmend von zwei der drei Methoden richtig vorhergesagt und bei N = 16 männlichen Nachwuchssportlern gelangen gleich alle drei Methoden zu identischen Sportartvorhersagen. Geht man bei der zufälligen (bzw. wahllosen) Zuordnung zu den fünf Sportarten von einer durchschnittlich 20-prozentigen (ein Fünftel) Zufallswahrscheinlichkeit aus, so kann eine korrekte Prognose der 3-6 Jahre später betriebenen Zielsportart bei fast der Hälfte der Grundschüler durchaus als Erfolg interpretiert werden.

Validierungsschritt 4: Leistungsvergleich

Ist die kriterienbezogene Validität des Talentprofils über die Arbeitsschritte 1-3 gesichert, schließt sich die weitergehende Frage nach der **ökologischen Validität und Nützlichkeit**, d. h. der *lebenswirklichen Effektivität* der Gesamtkampagne im *natürlichen Feldsetting* Nachwuchs(leistungs)sport an. Hierbei wird geprüft, ob die „Befolger" der ursprünglichen

Tab. 2: Prognostische Validierung des DMT 6-18 plus Ballweitwurf sowie Körperhöhe und Körpergewicht anhand der Trefferzahl bei der Klassifikation der FBC-Teilnehmer in Bezug auf fünf Zielsportarten (162 < N < 168 männliche Kadersportler)

	Diskriminanzanalyse		**Mehrschichtiges Perceptron**		**Selbstorganisierende Kohonenkarte**
Sportart	**Ungewichtete Merkmale in Prozent (*MW* = 35,2 Prozent)**	**Gewichtete Merkmale in Prozent (*MW* = 39,5 Prozent)**	**Ungewichtete Merkmale in Prozent (*MW* = 29,9 Prozent)**	**Gewichtete Merkmale in Prozent (*MW* = 44,7 Prozent)**	**Gewichtete Merkmale: in Prozent (*MW* = 28,9 Prozent)**
Fußball	40,5 (N = 42)	47,6 (N = 42)	27,5 (N = 52)	34,7 (N = 52)	15,4 (N = 52)
Leichtathletik-Sprint/Sprung	31,3 (N = 32)	31,3 (N = 32)	44,0 (N = 32)	54,8 (N = 32)	34,4 (N = 32)
Tennis	15,4 (N = 26)	38,5 (N = 26)	7,7 (N = 26)	23,7 (N = 26)	0,0 (N = 26)
Tischtennis	35,3 (N = 34)	29,4 (N = 34)	30.6 (N = 34)	48,2 (N = 34)	39,7 (N = 34)
Judo	50,0 (N = 28)	50,0 (N = 28)	59,9 (N = 24)	49,6 (N = 24)	6,3 (N = 24)

1 Die mit erheblichem Arbeitsaufwand bei der Bedienung der Software (DataEngine; Fa. MIT, Aachen) verbundene Neuronale Netzwerk-Methode der Selbstorganisierenden Kohonenkarte wurde aus ökonomischen Gründen nur bei den gewichteten Profilmerkmalen eingesetzt.

Sportartempfehlung (also die zum Testzeitpunkt bereits existierenden Sportartbetreiber plus die spontan reagierenden Sportartwechsler) im Nachgang des FBC höhere Leistungen in der empfohlenen Zielsportart erreicht haben als die „Nichtbefolger". Der retrospektive Vergleich der im Anschluss an den FBC eingetretenen Leistungsentwicklung zwischen den beiden Teilnehmergruppen soll als Maß für die ökologische Validität dienen, also über die Wirksamkeit der Kampagne unter den natürlichen Feldbedingungen des Nachwuchsleistungssports und somit zugleich über das Nebengütekriterium der *Nützlichkeit* des FBC informieren.

Die Hypothese besteht nun darin, dass die Gruppe der Befolger der Talentorientierung am Ende der ersten Ausbildungsetappe ihren Begabungsvorsprung konserviert haben und der Gruppe der Nichtbefolger leistungsbezogen überlegen ist. Der statistische Mittelwertvergleich (T-Test für unabhängige Stichproben) führte aufgrund der begrenzten Fallzahlen und geringen Mittelwertsdifferenzen in keiner Sportart zu signifikanten Unterschiede. In Tabelle 3 werden deshalb die Gruppenunterschiede mit Hilfe der **Effektgröße Cohens`s d** (Cohen, 1988) beurteilt. Dabei werden Werte unterhalb von 0,2 als trivialer Effekt, zwischen 0,2 und 0,5 als kleiner, Werte zwischen 0,5 und 0,8 als mittlerer und Werte darüber als großer Effekt bewertet (Albrecht et al., 2016). Während für drei Sportarten keine Befolger ermittelt werden konnten, erreichen in acht der verbleibenden zwölf Zielsportarten die Befolger einer der drei Sportartempfehlungen höhere Basisleistungen, wobei das Ausmaß des Leistungsvorsprungs von trivial bis mittel reicht. In den restlichen vier Sportarten Tischtennis, Gerätturnen, Schwimmen und Wasserball zeigen hingegen nach 3-6 Jahren die Nichtbefolger Leistungsvorsprünge. Die Effektstärken sind dabei trivial oder klein, wobei die Sportart Wasserball eine Ausnahme bildet und der Leistungsvorsprung der Nichtbefolger als groß einzustufen ist. Weit überwiegend erreichen die Effektgrößen der Leistungsdifferenzen zwischen Befolgern und Nichtbefolgern jedoch nur eine mittlere Höhe, was aufgrund der (noch) geringen Größe der Teilstichproben und der in diesem frühen Altersabschnitt noch nicht sehr ausgeprägten Unterschiede in der Basisleistung kaum überrascht.

Tab. 3: Vergleich der 3-6 Jahre später von den Befolgern und Nicht-Befolgern unter den männlichen Teilnehmern am FBC erreichten (altersbereinigten und z-transformierten) Basisleistungen

Sportart	Befolger Leistungspunkte $MW_{z\text{-Wert}}$ + SD Fallzahl (*n*)	Nichtbefolger Leistungspunkte $MW_{z\text{-Wert}}$ ± SD Fallzahl (*n*)	Effektgröße Cohen`s *d* (Bewertung nach Hopkins, 2002)
Fußball	0,039 ± 0,80 (32)	-0,015 ± 0,87 (246)	+ 0,06 (Trivial)
LA – Sprint/Sprung	-0,081 ± 0,51 (5)	-0,172 ± 0,66 (65)	+ 0,14 (Trivial)
Tennis	0,468 ± 0,95 (17)	0,228 ± 0,99 (38)	+ 0,25 (Klein)
Tischtennis	-0,285 ± 0,23 (9)	0,008 ± 0,98 (57)	- 0,31 (Klein)
Gerätturnen	0,298 ± 0,93 (16)	0,483 ± 0,99 (12)	- 0,20 (Klein)
LA - Dauerlauf	-0,979 ± 0,36 (6)	-1,017 ± 0,72 (15)	+ 0,06 (Trivial)
Judo	0,869 ± 1,38 (14)	0,421 ± 1,45 (19)	+ 0,32 (Klein)
Schwimmen	-0,032 ± 1,54 (4)	0,080 ± 1,24 (13)	- 0,03 (Trivial)
Radsport	-0,714 ± 1,43 (7)	-1,318 ± 0,08 (3)	+ 0,54 (Mittel)
Volleyball	0,550 ± 0,49 (3)	0,263 ±+ 0,60 (6)	+ 0,52 (Mittel)
Wasserball	-0,485 ± 1,69 (2)	0,528 ± 0,97 (5)	- 1,01 (Groß)
Tanz - Classic	0,64 ± 0.60 (2)	-0,098 ± 0,53 (2)	+ 0,36 (Klein)
Ski-Langlauf	---	0,764 ± 0,47 (6)	---
Ski-Alpin	---	0,213 ± 0,62 (3)	---
Kanu - Classic	---	1,815 ± 1,67 (2)	---

3 Diskussion

Die beispielhaft analysierte Kampagne des Fuldaer Bewegungs-Checks zur frühen Talentsichtung und Talentorientierung auf der Basis des DMT 6-18 plus Ballweitwurf darf zusammengefasst als praktikabel sowie zeitgleich prognostisch und aufgrund der Ökonomie, Zumutbarkeit und Nützlichkeit auch als ökologisch valide angesehen werden.

Limitierungen der vorgestellten Untersuchungsergebnisse resultieren aus der (noch) begrenzten Gesamtteilnehmerzahl von bislang nur etwa 9.500 Zweitklässlern, den lediglich 6 Jahren Laufzeit der Längsschnittanalyse, den im Landkreis Fulda in vielen Sportarten eher begrenzten spitzensportlichen Förderkapazitäten, den Einschränkungen bei der Leistungs-/Erfolgsrecherche, der breiten Altersspanne (U12-U15), der problematischen Vergleichbarkeit des Kaderstatus zwischen den Sportarten und nicht zuletzt aus der teilweise engen „Verwandtschaft" von Talentmerkmalen einzelner Sportarten (z. B. im Skilanglauf und Skilauf-Alpin).

Die **Stärken** des Fuldaer Bewegungs-Checks wiederum bestehen im Sachverhalt der Totalerhebung bei der Grundgesamtheit aller Zweitklässler in der Testregion, dem motorisch sehr breit angelegten **Talentscreening** und der zweiten Stufe Talent-Check, die mit Hilfe von zumindest semi-spezifischen Tests zu einer weiteren Präzisierung des ersten Empfehlungsdurchgangs beiträgt.

4 Literatur

Albrecht, C., Hanssen-Doose, A., Bös, K., Schlenker, L., Schmidt, S., Wagner, M., Will, N. & Worth, A. (2016). Motorische Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Eine 6-Jahres-Kohortenstudie im Rahmen des Motorik-Moduls (MoMo). *Sportwissenschaft, 46* (4), 294-304.

Bös, K. & Schlenker, L. (2016). *Der Deutsche Motorik-Test 6-18* (2. Auflage). Hamburg: Feldhaus.

Büsch, D. & Strauß, B. (2016). Wider die „Sternchenkunde". Diskussionsbeitrag zur empirischen Sportwissenschaft. *Sportwissenschaft, 46* (2), 53-59.

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Deutscher Olympischer Sport-Bund (DOSB) (2013). *Nachwuchsleistungssportkonzept 2020*. Frankfurt am Main: Deutscher Olympischer Sport-Bund (DOSB).

Hohmann, A., Fehr U., Siener, M. & Hochstein, S. (im Druck). Talentscreening und Talentorientierung – Zur Validität von Bewegungs-Checks im Grundschulalter. Eingereicht bei Zeitschrift *Leistungssport*.

Hohmann, A., Fehr U. & Voigt, L. (2015). Heute im Talentpool – In Hamburg auf dem Podium. *Leistungssport, 45* (6), 5-11.

Hohmann, A., Hohmann, L., Scheuring, L. & Zapp, M. (2015). *Abschlussbericht Fuldaer Bewegungs-Check 2010-2015*. Bayreuth: Institut für Sportwissenschaft der Universität Bayreuth (http://www.sport.uni-bayreuth.de/spo_wiss_I/de/research/b_projects/Bewegungscheck_Fulda/index.html; Zugriff am 17. Januar 2017).

Hopkins, (2002). *A New View of Statistics: A Scale of Magnitudes for Effect Statistics*. (http://www.sportsci.org/resource/stats; Zugriff am 17. Januar 2017).

Entwicklung und Evaluation von Trainingsprogrammen zur Steigerung muskulärer Leistung (Peak Power) für sportartübergreifende motorische Grundfähigkeiten (Sprint, Sprung, Wurf, Schlag) mit Elektromyostimulation und deren Integration in das Anforderungsprofil verschiedener Disziplinen im Leistungssport

(AZ 070506/14-16)

Florian Micke, Nicolas Wirtz, Ulrike Dörmann & Heinz Kleinöder (Projektleitung)
Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik

1 Einleitung

Die Zielstellung des Projektes war es, Trainingsprogramme zur Steigerung muskulärer Leistung (Peak Power) für sportartübergreifende motorische Grundfähigkeiten (Sprint, Sprung, Wurf, Schlag) mit dynamischer Elektromyostimulation (EMS) von Muskelketten des Unter- und Oberkörpers zu entwickeln und zu evaluieren. Auf Grundlage des aktuellen Forschungsstands wurden die Belastungsnormative der ausgewählten Trainingsprogramme dabei auf das verringerte Anpassungspotential von Leistungssportlerinnen und Leistungssportlern durch herkömmliche Krafttrainingsmethoden ausgerichtet. Außerdem fand das Trainingsprinzip der Spezifik Anwendung, indem durch die direkte elektrische Applikation während sportmotorischer Übungsformen der Transfer von konditionellen Zuwächsen in die Zielbewegung geschaffen werden sollte (Modul I). Darauf aufbauend wurden die sportartspezifischen Trainingsprogramme in einem zweiten Schritt in den Trainingsplan von Leistungssportlerinnen und Leistungssportlern aus den Sportarten Wasserball, Fechten und Voltigieren integriert (Modul II). Hierdurch wurde das Transferpotential von dynamischer EMS unter realen Rahmenbedingungen des sportartspezifischen Anforderungsprofils und des aktuellen Leistungsniveaus innerhalb der Periodisierung und Wettkampfbelastung der Athletinnen und Athleten untersucht.

2 Methodik

Innerhalb der gesamten Projektzeit wurden zwei Trainingsinterventionen mit unterschiedlichen Interventionsgruppen im Modul I (N = 51) und drei Trainingsinterventionen mit Kaderathletinnen und Kaderathleten aus den Sportarten Voltigieren, Fechten und Wasserball im Modul II (N = 21) durchgeführt. Insgesamt nahmen demnach 72 Probanden an den Interventionen teil. Jede einzelne Intervention wurde von zwei unterschiedlichen Trainingsgruppen derselben Sportart, einer Interventionsgruppe (Strength and Utilisation + Electromyostimulation (SU+E)) und einer aktiven Kontrollgruppe (Strength and Utilisation (SU)), ausgeführt. Die entwickelten Trainingsprogramme der beiden Gruppen waren innerhalb einer Intervention identisch, allerdings führte die SU+E Gruppe alle Übungen mit zusätzlicher EMS durch. Der Trainingszeitraum variierte dabei von sechs (Modul II) bis hin zu acht Wochen (Modul I). Begleitet wurden alle Interventionen von Leistungsdiagnostiken (differentielle Kraftdiagnostiken, sportartspezifische Testverfahren) und Speichelanalysen, deren Zeitpunkte aufgrund der unterschiedlichen Interventionsdauer variierten (Tab. 1).

Tab 1: Zeitlicher Übersichtsplan der einzelnen Interventionen von Modul I und II.

Intervention	**Modul I**											
	Wochen											
	0 PRE	1	2	3	4 INTER	5	6	7	8	+1 POST	+2	+3 RE
Sprint/Sprung												
Wurf/Schlag												
	Modul II											
	Wochen											
			0 PRE	1	2	3	4	5	6	+1 POST	+2	+3 RE
Voltigieren												
Wasserball												
Fechten												

Leistungsdiagnostik | Speichelanalyse | Intervention

Da die beiden Steroidhormone Testosteron und Cortisol ein deutlich zyklisches Sekretionsmuster aufweisen, wurden an den Abnahmetagen über den Tagesablauf verteilt jeweils acht Speichelproben pro Proband erhoben.

Alle Trainingsprogramme setzten sich sowohl aus allgemeinen Kraftübungen für die Beine (z. B. Kniebeugen, Russian Leg Curl) und/oder den Oberkörper (z. B. Liegestütze im Slingtrainer) als auch aus Utilisationsübungen zur jeweiligen Verbesserung der Sprung-, Sprint-, Wurf- oder Schlagfähigkeiten (eingesetzte Trainingsmittel: z. B. Niedersprungkasten, Zugwiderstandsbänder, Medizinbälle, Schlagbälle) zusammen. Alle Übungsprogramme wurden 2x/Woche über einen sechs bzw. achtwöchigen Zeitraum unter Anleitung durchgeführt. Sowohl die Übungsauswahl als auch die Belastungsnormative wurden in Form einer progressiven Belastungssteigerung alle zwei Wochen variiert.

Bei der Übungsausführung wurde auf eine Einhaltung der Standardisierungskriterien nach Toigo & Boutellier (2006) geachtet. Für EMS orientieren sich die Kriterien an Lake (1992) und wurden individuell an die Bewegungsausführung und die zeitliche Dauer der einzelnen Übungen angepasst.

3 Ergebnisse

Die wesentlichen Untersuchungsergebnisse werden nachfolgend vorgestellt. Um größere Stichprobengrößen zu realisieren, wurden Probanden verschiedener Interventionsgruppen zusammengefasst.

3.1 Differentielle Kraftdiagnostik

Muskelgruppenübergreifend konnten an den Testgeräten Leg Extension, Leg Curl, Leg Press, Latissimus Machine und Twister über den Interventionsverlauf signifikante Verbesserungen der isometrischen Maximalkraft [N] und der dynamischen Leistung [W] über die Zeit erzielt werden. Beim Testgerät Leg Curl konnte weiterhin ein Interaktionseffekt (Zeit*Gruppe) festgestellt werden. Die erzielten Verbesserungen über die Zeit sind bei diesem Testgerät ausschließlich für die SU+E Gruppe signifikant (Abb. 1a).

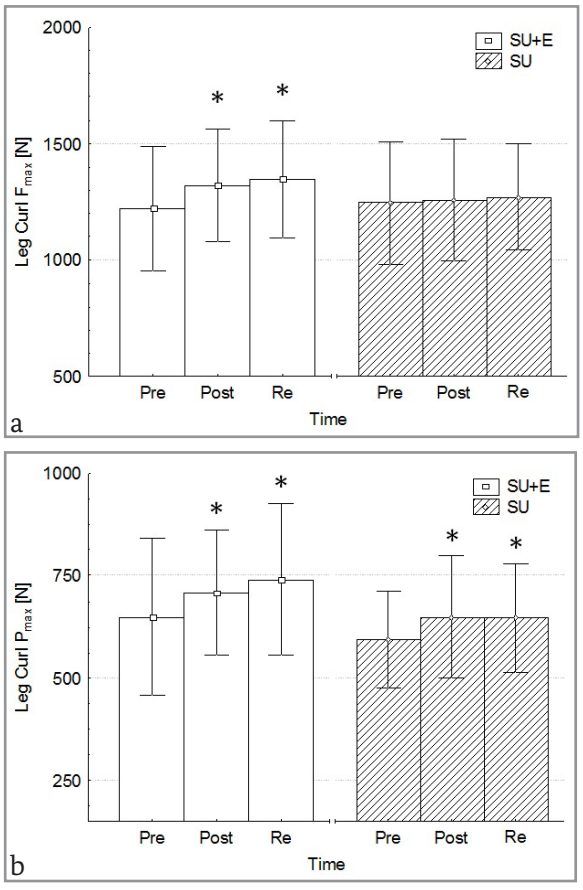


*Abb 1: Mittelwerte ± Standardabweichung der Fmax [N] (a) und der Pmax [W] (b) beim Testgerät „Leg Curl" der Gruppen SU+E (weiße Balken) und SU (schwarz schraffierte Balken) vor (Pre), nach (Post) und 2 Wochen nach (RE) der Intervention. * = sign. Verbesserung zu Pre*

Zusammenfassung der Interventionen Sprint/Sprung, Wasserball, Voltigieren (N = 33).

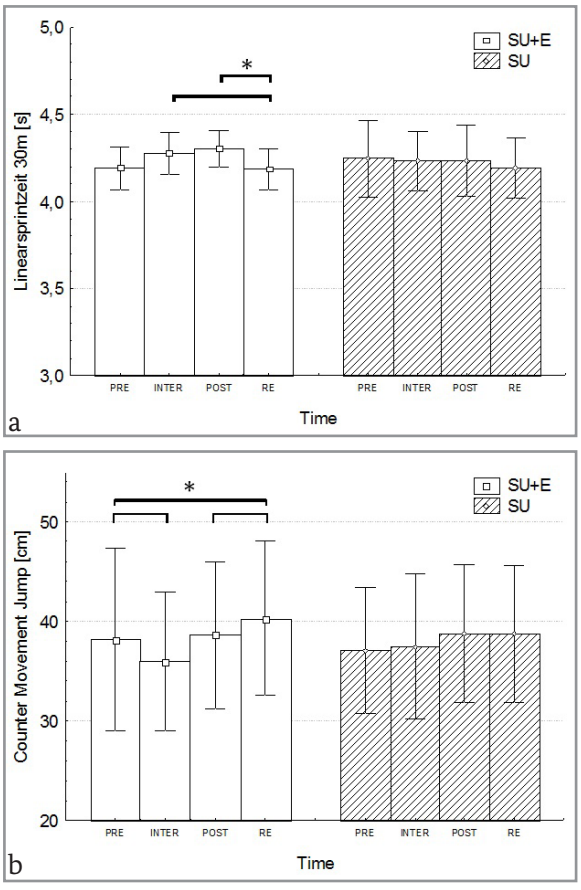


*Abb 2: Mittelwerte ± Standardabweichung des Linearsprints 30 m[s] (a) und des Counter Movement Jumps [cm] der Gruppen SU+E (weiße Balken) und SU (schwarz schraffierte Balken) vor (PRE), während (INTER), nach (POST) und 2 Wochen nach (RE) der Intervention. * = sign. Veränderung*

Intervention Sprint/Sprung (N = 23)

3.2 Sportartspezifische Testverfahren

Insbesondere bei oberkörperspezifischen Testverfahren wie dem Medizinballweitwurf über Kopf [m] oder der Wurfgeschwindigkeit [km/h] und unterkörperspezifischen Testverfahren wie dem Counter Movement Jump [cm] konnten signifikante Verbesserungen über die Zeit erzielt werden. Ein wesentlicher Unterschied zu den Ergebnissen der differentiellen Kraftdiagnostik ist die in Abb. 2 dargestellte Verschlechterung in den Ergebnissen der sportartspezifischen Testverfahren (2a: Linearsprintzeit über 30 m [s]; 2b: Counter Movement Jump [cm]) von PRE zu INTER, gefolgt von einer anschließenden Leistungssteigerung von INTER zu RE innerhalb der SU+E Gruppe.

3.3 Hormonanalyse

Es konnte sowohl bei der Testosteronkonzentration, der Cortisolkonzentration als auch der T/C Ratio zu keinem Messzeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen aufzeigt werden. Dennoch sind in Bezug auf die Veränderungen über die Interventionszeit (PRE-POST-RE) Auffälligkeiten festzustellen. Die Erhöhung der Testosteronkonzentration zum Tageszeitpunkt 60 min nach Aufwachen von POST zu RE ist in der SU+E Gruppe signifikant (Abb. 3a). Ebenfalls kommt es ausschließlich in der SU+E Gruppe zu einem signifikanten Anstieg in der T/C Ratio zum Zeitpunkt 16 Uhr von PRE zu RE (Abb. 3b), obwohl sowohl die Testosteronkonzentration als auch die Cortsiol-

konzentration alleine keine signifikante Veränderung zum Zeitpunkt 16 Uhr erfahren. Die Veränderungen zu denselben Zeitpunkten in der SU Gruppe unterscheiden sich hingegen nicht signifikant. Ein Anstieg der T/C Ratio in der SU+E Gruppe kann in diesem Fall überwiegend auf die höhere Anpassung der Testosteronkonzentration zurückgeführt werden.

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die entwickelten Trainingsprogramme zur Steigerung muskulärer Leistung sowohl mit EMS als auch ohne EMS die isometrische Maximalkraft sowie die dynamische Leistung an nahezu allen Testgeräten von Beginn der Trainingsintervention bis

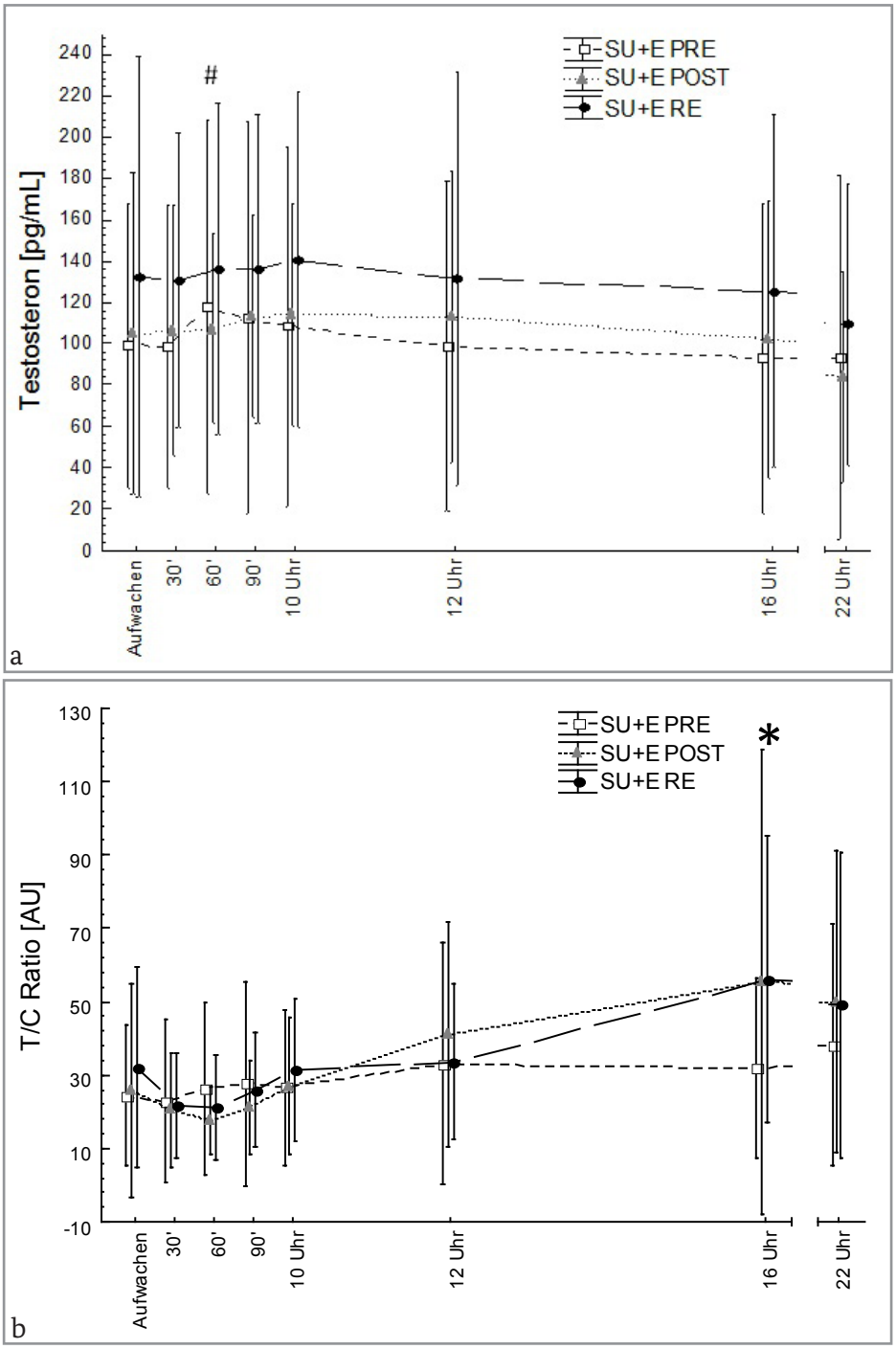


*Abb 3: Zeitliche Veränderungen der Testosteronkonzentration (a) und der T/C Ratio (b) über den Interventionsverlauf zu den Zeitpunkten PRE, POST, RE in der SU+E Gruppe. * = sign. Veränderung von PRE zu RE; # = sign. Veränderung von POST zu RE.*

Zusammenfassung der Interventionen Sprint/Sprung, Wurf/Schlag, Voltigieren und Fechten (N = 51)

zum Ende der Intervention verbessern. Durch die Intensitätsregulation dieser hochintensiven Trainingsform ist es gelungen, EMS in den Trainings- und Wettkampfalltag von Kaderathletinnen und Kaderathleten zu integrieren.

Von besonderer Bedeutung sind die durch ein EMS-Training erzielten signifikanten Verbesserungen der ischiocruralen Muskulatur. Die permanente Aktivierung und intensivierte Ansteuerung dieser Muskelgruppe während der Kraftübungen mit zusätzlicher EMS ermöglicht es somit, das Verbesserungspotential der ischiocruralen Muskulatur besser ausnutzen zu können als ein identisches Training ohne EMS. Der Einsatz von EMS bietet offensichtlich muskelgruppenspezifische Anpassungen, vor allem im Bereich der Kraftsteigerung. Verbesserungen der ischiocruralen Muskulatur durch ein EMS-Training wurden zum wiederholten Male in unserer Arbeitsgruppe gefunden (vgl. Speicher et al., 2010 und Wirtz et al., 2016). Aufgrund einer hohen Prävalenz von Hamstringverletzungen in Spiel- und Sprintsportarten (vgl. Goode et al.,2015) könnte EMS bei der Suche nach präventiven Maßnahmen eine vielversprechende Methode sein. Ein Übertrag von Verbesserungen der Kraftfähigkeiten dieser sprintrelevanten Muskelgruppe auf die technisch anspruchsvolle Sprintleistung konnte hingegen nicht festgestellt werden.

Generell ist der Übertrag der Kraft- und Leistungsverbesserungen in sportartübergreifende motorische Grundfähigkeiten (Sprint, Sprung, Wurf, Schlag) trotz dynamischer Übungsformen zeitlich nicht unmittelbar abrufbar. So besteht eine Möglichkeit darin, die Regenerationszeiten nach einem EMS-Trainingsblock zu verlängern und durch weitere Kraftdiagnostiken zu verifizieren. Maffiuletti et al. (2000) konnten in ihrer Untersuchung beispielsweise noch vier Wochen nach einer vierwöchigen EMS-Intervention signifikante Verbesserungen verschiedener Kraftparameter erzielen bzw. aufrechterhalten. Diese Ergebnisse kamen nach einer Intervention mit maximaler isometrischer EMS und separaten Utilisationseinheiten zustande. Eine simultane Anwendung von dynamischem Kraft-/Utilisationstraining und EMS brachte hingegen keine unmittelbaren signifikanten Verbesserungen in sportartspezifischen Leistungsparametern. Die Applikation maximaler EMS-Intensität ist in der Bewegung nicht möglich. Hier könnte eine differenziertere Intensitätssteuerung mit EMS nach Kontraktionsarten (isometrisch, konzentrisch, exzentrisch) und Bewegungsmustern (z. B. Kniebeugen vs. Sprünge: geführte vs. explosive Ausführungen) die Vorteile von EMS stärker fokussieren. Die Vorteile liegen hierbei neben der verstärkten Kontraktion auch in der spezifischen Unterstützung beim Techniktraining.

Die Anwendung von EMS mehrerer Muskelgruppen, simultan zu sportartspezifischen Bewegungen, wurde von Athleten als ein förderliches Gefühl in Form eines „Körperfeedbacks“ aufgefasst. Auch Trainer sahen in der Methode Vorteile durch die externe Steuerung der Aktivierung in technisch relevanten Positionen. Eine Steuerung der Intensität ist von der Komplexität der Bewegung abhängig, u. a. von der Kontraktionsform.

Aus den Ergebnissen der Speichelanalyse kann geschlossen werden, dass beide Gruppen ähnliche hormonelle Anpassungen an das Training aufwiesen. Dennoch lässt sich feststellen, dass die signifikanten zeitlichen Veränderungen, insbesondere in der SU+E Gruppe bei Testosteron und der T/C-Ratio, zu allen Tageszeitpunkten gegen Ende der Intervention auftreten. Dies lässt sich mit den verzögerten Anpassungen der Kraftparameter in Verbindung bringen. Diese treten besonders in der SU+E Gruppe erst zum Zeitpunkt RE auf. Die zweiwöchige Regenerationszeit scheint somit auch aus endokrinologischer Sicht einen positiven Effekt auf die Adaptationen nach einem EMS-Trainingsprogramm zu haben. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, welche Auswirkungen eine noch längere Regenerationsphase auf die Hormone hätte.

Literaturverzeichnis

Goode, A. P., Reiman, M. P., Harris, L., DeLisa, L., Kauffman, A., Beltramo, D., Poole, C., Ledbetter, L. & Taylor, A. B. (2015). Eccentric training for prevention of hamstring injuries may depend on intervention compliance: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine, 49* (6), 349-356.

Lake, D. A. (1992). Neuromuscular electrical stimulation. An overview and its application in the treatment of sports injuries. *Sports medicine (Auckland, N.Z.), 13* (5), 320-336.

Maffiuletti, N. A., Cometti, G., Amiridis, I. G., Martin, A., Pousson, M. & Chatard, J. C. (2000). The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *International journal of sports medicine, 21* (6), 437-443.

Speicher, U., Nowak, S., Schmithüsen, J., Kleinöder, H. & Mester, J. (2010). Kurz- und langfristige Trainingseffekte durch mechanische und elektrische Stimulation auf kraftdiagnostische Parameter. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2008/2009* (S. 103-115). Köln: Sportverlag Strauß.

Toigo, M. & Boutellier, U. (2006). New fundamental resistance exercise determinants of molecular and cellular muscle adaptations. *European journal of applied physiology, 97* (6), 643-663.

Wirtz, N., Zinner, C., Doermann, U., Kleinoeder, H. & Mester, J. (2016). Effects of Loaded Squat Exercise with and without Application of Superimposed EMS on Physical Performance. *Journal of sports science & medicine, 15* (1), 26-33.

Power Profiling als leistungsdiagnostisches Tool im Radsport – Identifizierung leistungsrelevanter physiologischer Zubringergrößen

(AZ 070505/15-16)

Patrick Wahl (Projektleitung) Sarah Strütt & Prisca Volmary

Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin,
Abt. für molekulare & zelluläre Sportmedizin
Das Deutsche Forschungszentrum für Leistungssport (momentum)

1 Problem

Die Identifizierung physiologischer Determinanten/Zubringergrößen für die sportliche Leistung (z. B. im Radsport) ist essentiell für das Screening eines Athleten, für die Beschreibung und das Monitoring von Training sowie für die Vorhersage von Wettkampfleistungen. Ziel muss es sein, die besten physiologischen Prädiktoren für die komplexe sportliche Leistung zu identifizieren (Reilly et al., 2009). Die klassische (aerobe) Leistungsdiagnostik im Radsport, z. B. in Form von Stufentests, ist mittlerweile Standard in der Leistungsüberprüfung von Athleten. Allerdings sind die Zusammenhänge zwischen der sportlichen Leistung im Wettkampf und den Ergebnissen aus leistungsdiagnostischen Labortests noch nicht hinreichend geklärt. Einige Autoren konnten starke Zusammenhänge zwischen physiologischen Parametern (VO_{2max}, Laktatkinetik, „Schwellen"-Leistung, Ökonomie, etc.) und der Zeitfahrleistung nachweisen (Balmer et al., 2000; Hawley et al., 1992; Hoogeveen et al., 1999). Zudem konnte die Durchschnittsleistung während eines Zeitfahrens unter Laborbedingungen als valider Prädiktor der Zeitfahrleistung im Feld identifiziert werden (Smith et al., 2001). Ein Zeitfahren ist allerdings durch einen annähernd konstanten Leistungsverlauf gekennzeichnet, welcher aber nicht dem oszillierenden Leistungsverlauf im Straßenradsport entspricht. Ziel einer Leistungsdiagnostik sollte es jedoch sein, das komplette Spektrum des Belastungsprofils abzudecken und zu testen, um Schwächen in einzelnen Teilbereichen aufzudecken. Besonders der hochintensive Teilbereich wird in der klassischen Leistungsdiagnostik bisher nur wenig abgedeckt.

Neben den Labortests zur Bestimmung physiologischer Parameter, hat sich in der Praxis das sogenannte Power-Profiling (PP) bzw. das Critical-Power (CP)-Konzept etabliert. Beim PP/CP wird die maximale Durchschnittsleistung (MP) über verschiedene Zeitintervalle (5 sec, 10 sec, ..., 10 min, ...,) eines Athleten erfasst (Allen et al., 2010). Es entsteht ein hyperboler Zusammenhang zwischen der MP und der Zeit (Pinot et al., 2011a). Ziel dabei sollte es sein, das komplette Powerspektrum abzudecken, um Defizite in Teilbereichen zu identifizieren bzw. das Powerspektrum eines Athleten an Hand der CP voraus zu berechnen. So ist die Charakterisierung eines Radfahrers auf Basis seines PP schon seit 2005 Teil des Curriculums der Radsport-Trainer-Ausbildung in den USA (McGregor et al., 2012). Nach Pinot et al. ist das (record) PP (rPP) eine innovative Methode, um die unterschiedlichen physischen Kapazitäten eines Athleten und den Trainingsfortschritt zu evaluieren (Pinot et al. 2011b). So ist bekannt, dass das Powerspektrum eng mit der Wettkampfleistung korreliert. Die Analyse der Durchschnittsleistung von Wettkampfdaten über 60-600 sec (Quod et al., 2010) zeigte keine Unterschiede zu den PP-Ergebnissen.

Auch wenn das PP eng mit der Wettkampfleistung korreliert und selbst als diagnostisches Tool in der Praxis eingesetzt werden kann, ist auf Dauer der Zusammenhang mit physiologischen Zubringergrößen für die Gesamt- und Teilleistungen des PP essentiell. Bisher existieren aber

keine Informationen über die Zusammenhänge physiologischer Messgrößen und dem PP eines Athleten. Zudem liegen keine Informationen über die physiologischen Reaktionen auf die unterschiedlichen Teilbelastungen des PP vor. Nur wenn diese Zusammenhänge geklärt sind, kann das Training spezifischer und zielgerichteter gestaltet, und die Wettkampfleistungen können besser vorhergesagt werden. Denn nur über physiologische Messgrößen sind die Defizite den Organsystemen und Geweben zuzuordnen und können somit zielgerichtet trainiert werden.

Ziel dieses Projektes war es daher, die Zusammenhänge zwischen dem PP und leistungsdiagnostischen Daten sowie physiologischen Parametern zu erforschen.

2 Methode

Die Untersuchungen waren in 2 Bereiche unterteilt:

- Erstellung eines Power Profiles
- Erhebung physiologischer Determinanten

2.1 Power-Profiling

Beim PP hat der Athlet mehrere Maximal-Tests zu absolvieren. Ziel ist es, die höchst mögliche Durchschnittsleistung (MP) über vorgegebene Zeitintervalle zu erreichen. Um ein möglichst großes Power-Spektrum abbilden zu können, wurden Maximal-Tests über folgende Zeitintervalle durchgeführt: 15 s, 30 s, 1 min, 3 min, 5 min, 10 min, 20 min, 40 min, 60 min

Alle Maximal-Tests wurden im Isokinetik-Modus des SRM-Ergometers absolviert. Die Trittfrequenz konnte dabei frei vom Athleten gewählt werden, die Leistungsabgabe wurde aufgezeichnet. Da die meisten der getesteten Athleten mit Leistungsmessern trainierten, hatten die Athleten während des PP ständiges Feedback über ihre aktuelle Leistung. Die Testungen fanden in randomisierter Reihenfolge statt, wobei immer zwei PP-Tests aus zeitökonomischen Gründen am gleichen Tag, mit ausreichend Pause zwischen den Tests absolviert wurden (30 sec-60 min, 1 min-40 min, 3 min-20 min, 5 min-10 min). Während des PP wurden vereinzelte physiologische Messungen (Herzfrequenz, Laktat, BGA, spirometrische Messungen) durchgeführt. Die Critical Power (CP) wurde an Hand der Leistung über die Belastungen 180 s, 300 s, 600 s, und 1200 s berechnet.

2.2 Erhebung physiologischer und leistungsbezogener Determinanten:

Im Folgenden sind ausgewählte Testverfahren und ausgewählte erhobene physiologische Kenngrößen und Leistungskenngrößen genannt:

- *15 s isokinetischer Sprinttest* → maximale Laktat-Akkumulationsrate (VLa_{max}), Maximal-leistung (PPO)
- *Rampentest* → Maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}), Ventilatorische Schwelle 2 (VT2), Maximalleistung im Rampentest (PPO RT)
- *Laktat-Minimum-Test* → Leistung am Laktat-Minimum (LM)
- *Stoffwechsel-Simulation mittels VO_{2max} und VLa_{max}* → berechnetes maximales Laktat-Steady-State (cMLSS), maximales Pyruvatdefizit ($cFAT_{max}$)
- *Stufentest* → Anaerobe Schwelle (4 mmol/L (P4), modifizierte Dmax-Methode (mDmax)), maximale Fettverbrennung (FAT_{max}), Maximalleistung im Stufentest (PPO ST).

3 Ergebnisse

An der Studie nahmen 34 aktive männliche Radrennfahrer aus den Rennklassen A, B und C teil (Alter 28,9 ± 9,6, Größe 183,4 ± 5,8 cm, Gewicht 74,9 ± 6,3 kg, Fettanteil 8,9 ± 2,5 %). Die Athleten hatte eine absolute VO_{2max} von 5033 ± 412 ml/min (Min-Max: 4074-6062 ml/min) und eine relative VO_{2max} von 67,4 ± 5,1 ml/min/kg (Min-Max: 58,1-81,0 ml/min). Die mittlere absolute Leistung am LM betrug 305 ± 29 W (Min-Max: 249-383 W), die mittlere relative Leistung betrug 4,1 ± 0,4 W (Min-Max: 3,5-5,0 W/kg).

In Tab. 1 ist die durchschnittliche absolute und relative Leistung (MP) über die unterschiedlichen Belastungszeiten des PP dargestellt. Abb. 1 zeigt die durchschnittliche Laktatkonzentration während den Teilbelastungen 180 s bis 3600 s des PP.

In Abb. 2 sind die Korrelationen der MP mit der absolute VO_{2max}, der VLa_{max} und dem daraus berechneten cMLSS dargestellt. Die VO_{2max} sowie das cMLSS zeigen ab 180 s Belastungszeit hohe positive Korrelationen mit der MP. Die VLa_{max} zeigt mittlere bis hohe positive Korrelationen

Tab. 1: Durchschnittliche absolute und relative Leistung über die unterschiedlichen Belastungszeiten des PP.

	Durchschnittliche Leistung (MP)									
Zeit [s]	**1**	**15**	**30**	**60**	**180**	**300**	**600**	**1200**	**2400**	**3600**
MP [W] MW ± SD	1142 **± 168**	926 **± 128**	763 **± 88**	624 **± 45**	452 **± 33**	406 **± 33**	354 **± 33**	327 **± 29**	305 **± 29**	293 **± 32**
MP [W] Min - Max	827 - 1716	729 - 1393	661 - 1113	544 - 729	372 - 541	358 - 502	279 - 448	278 - 405	252 - 385	235 – 380
	Relative durchschnittliche Leistung (MP)									
Zeit [s]	**1**	**15**	**30**	**60**	**180**	**300**	**600**	**1200**	**2400**	**3600**
MP [W/kg] MW ± SD	15,3 **± 2,2**	12,4 **± 1,7**	10,2 **± 1,2**	8,4 **± 0,8**	6,1 **± 0,5**	5,4 **± 0,4**	4,7 **± 0,4**	4,4 **± 0,4**	4,1 **± 0,4**	3,9 **± 0,4**
MP [W/kg] Min - Max	11,4 - 19,7	9,6 - 16,0	8,4 - 12,8	7,1 - 10,1	5,4 - 7,2	4,8 - 6,4	4,2 - 5,9	3,9 - 5,5	3,6 - 5,1	3,5 - 5,0

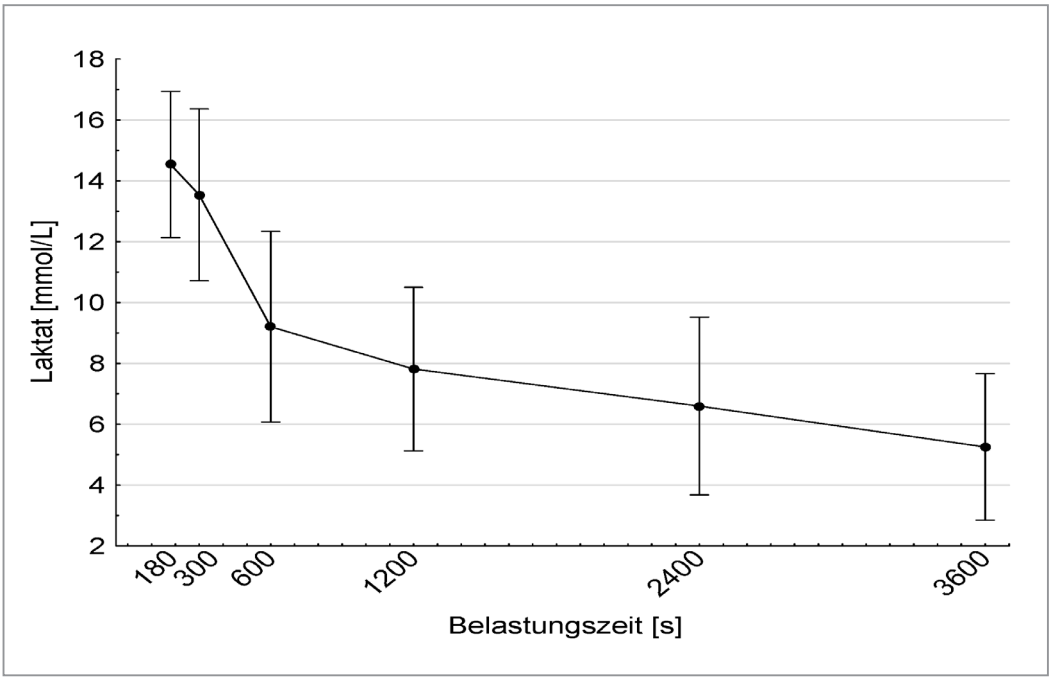


Abb. 1: Durchschnittliche Laktatkonzentrationen während den Belastungen 180 s bis 3600 s des PP.

In Abb. 2-5 sind die Korrelationskoeffizienten zwischen physiologischen/leistungsbezogenen Variablen und der MP der einzelnen Teilbelastungen des PP dargestellt.

mit der MP für die Belastungszeiten 1 s, 15 s und 30 s und schwach negative Korrelationen mit der MP für Belastungszeiten von 600 s-3600 s.

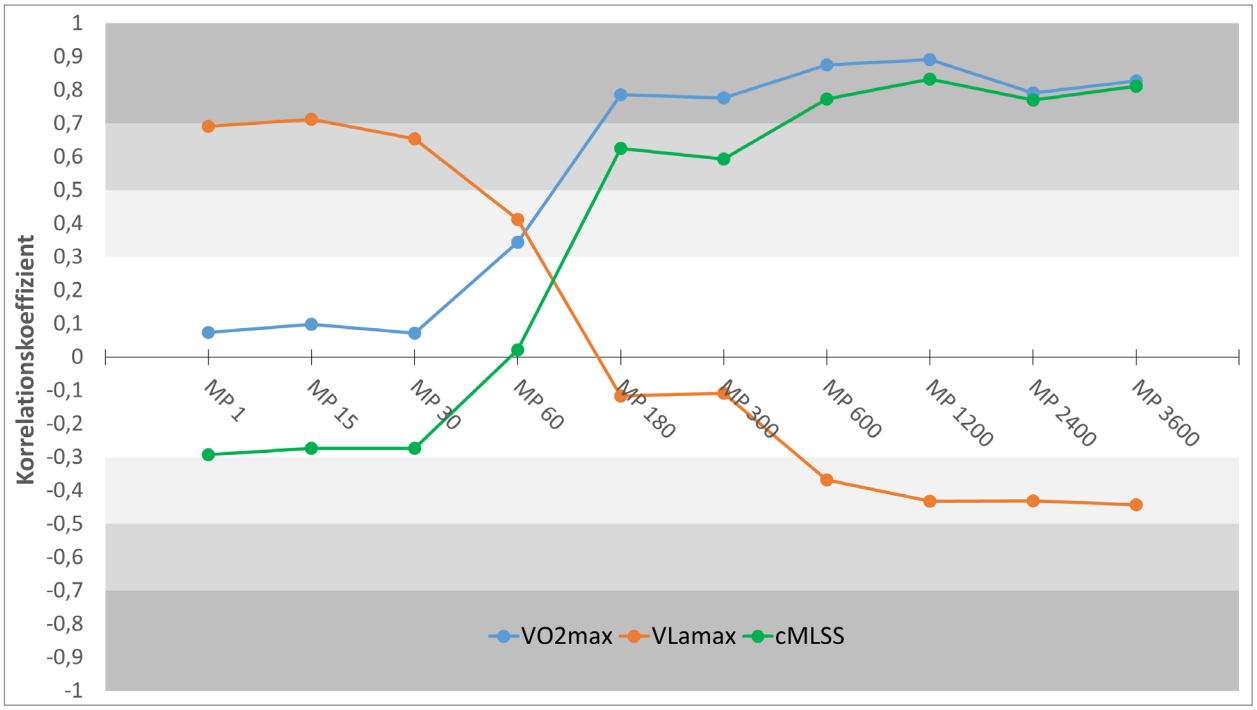


Abb. 2: Korrelationen der Durchschnittsleistungen (MP) mit der absolute VO_{2max}, der VLa_{max} und dem daraus berechneten maximalen Laktat-Steady-State (cMLSS).

In Abb. 3 sind die Korrelationen der MP mit der Leistung am LM, der Leistung bei 4 mmol/L (P4), der Leistung am mDmax und der Leistung an der VT2 dargestellt. Alle vier Parameter zeigen ab 180 s Belastungszeit hohe positive Korrelationen mit der MP, wobei das LM den höchsten Zusammenhang mit der MP von allen 5 Schwellenkonzepten zeigt (siehe auch Abb. 1: cMLSS).

In Abb. 4 sind die Korrelationen der MP mit der Leistung am FAT_{max} bzw. dem $cFAT_{max}$, dargestellt. Beide Parameter zeigen ab einer Belastungszeit von 180 s mittlere positive Korrelationen mit der MP, und ab einer Belastungszeit von 1200 s hohe positive Korrelationen mit der MP. Das $cFAT_{max}$ zeigt schwach negative Korrelationen mit den Belastungszeiten 1 s-30 s.

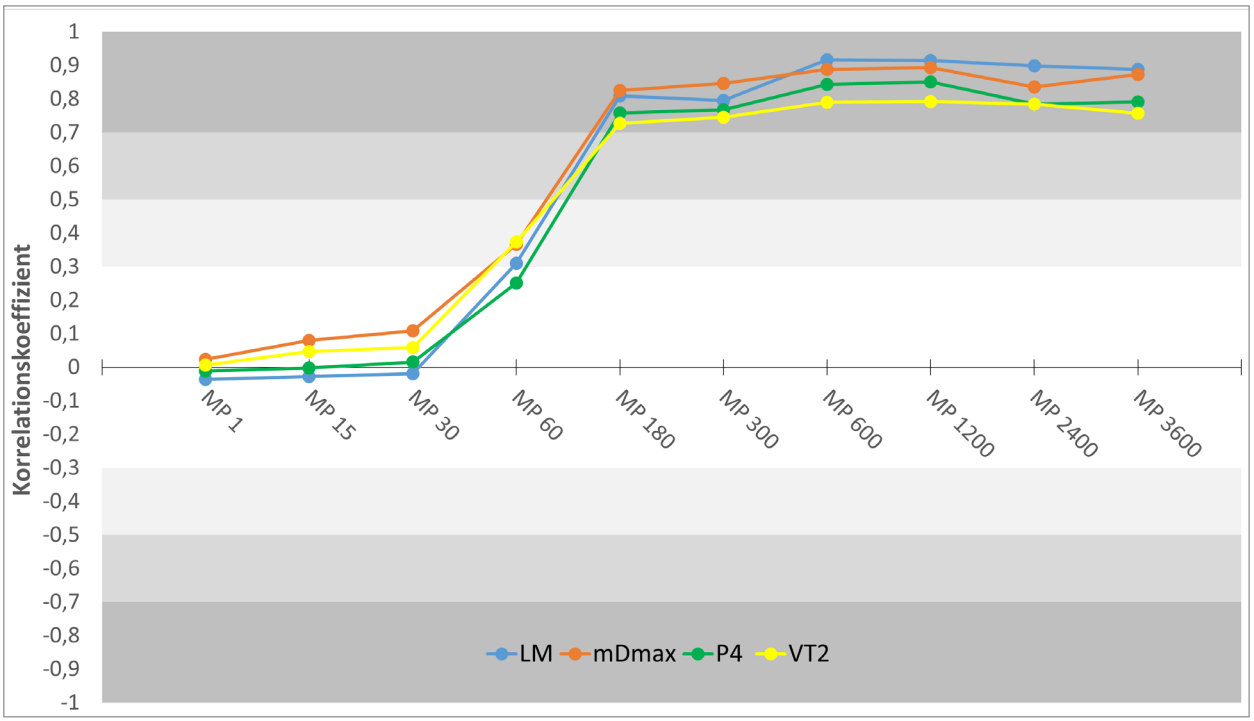


Abb. 3: Korrelationen der Durchschnittsleistungen (MP) mit der Leistung am Laktat-Minimum (LM), der Leistung bei 4 mmol (P4) und der Leistung an der ventilatorischen Schwelle 2 (VT2).

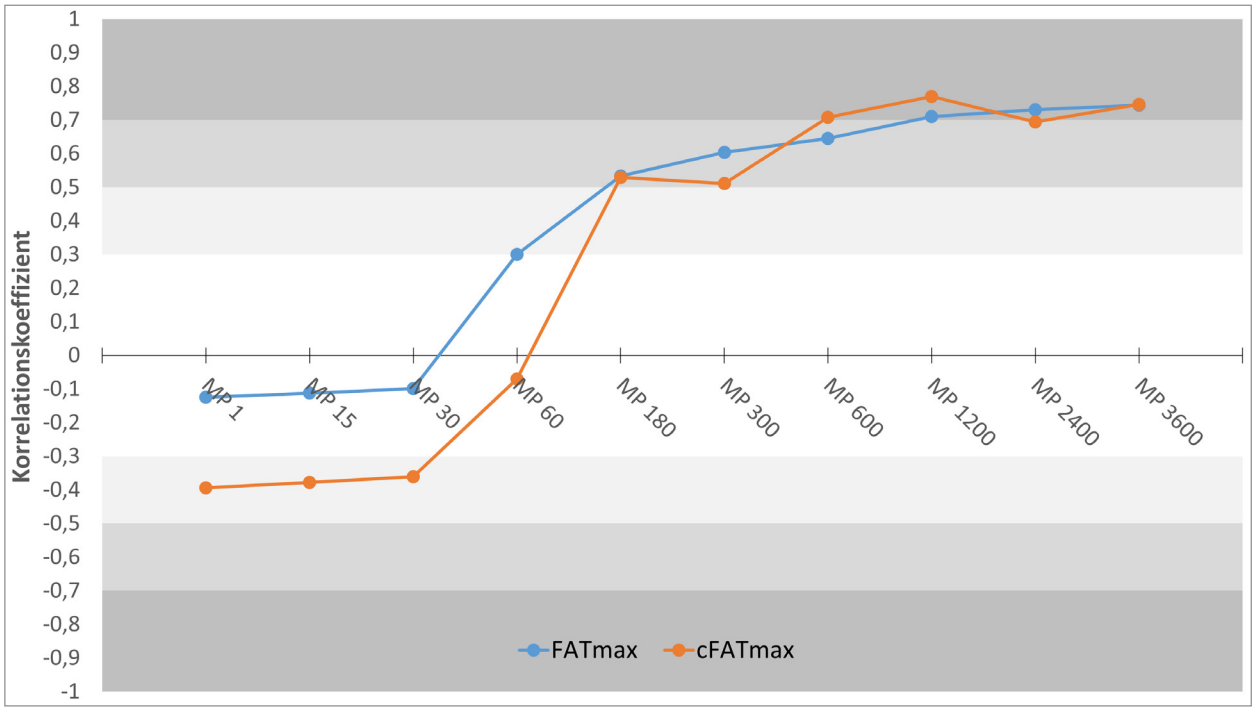


Abb. 4: Korrelationen der Durchschnittsleistungen (MP) mit der Leistung bei der höchsten Fettoxidation (FAT_{max}) bzw. mit der Leistung am berechneten Pyruvatdefizit ($cFAT_{max}$).

In Abb. 5 sind die Korrelationen der MP mit der PPO aus dem Rampentest (PPO RT), der PPO aus dem Stufentest (PPO ST), der CP, und dem Power-Index (PPO RT/PPO) dargestellt. PPO RT, PPO ST und CP zeigen ab 180 s Belastungszeit hohe positive Korrelationen mit der MP, wobei die CP den höchsten Zusammenhang mit der MP von allen 3 Leistungsparametern zeigt. Der Power Index zeigt hohe negative Korrelationen mit der MP für die Belastungszeiten 1 s, 15 s und 30 s (d. h. je kleiner der Power Index desto höher die Leistung) und schwach positive Korrelationen mit der MP für Belastungszeiten von 600 s-3600 s.

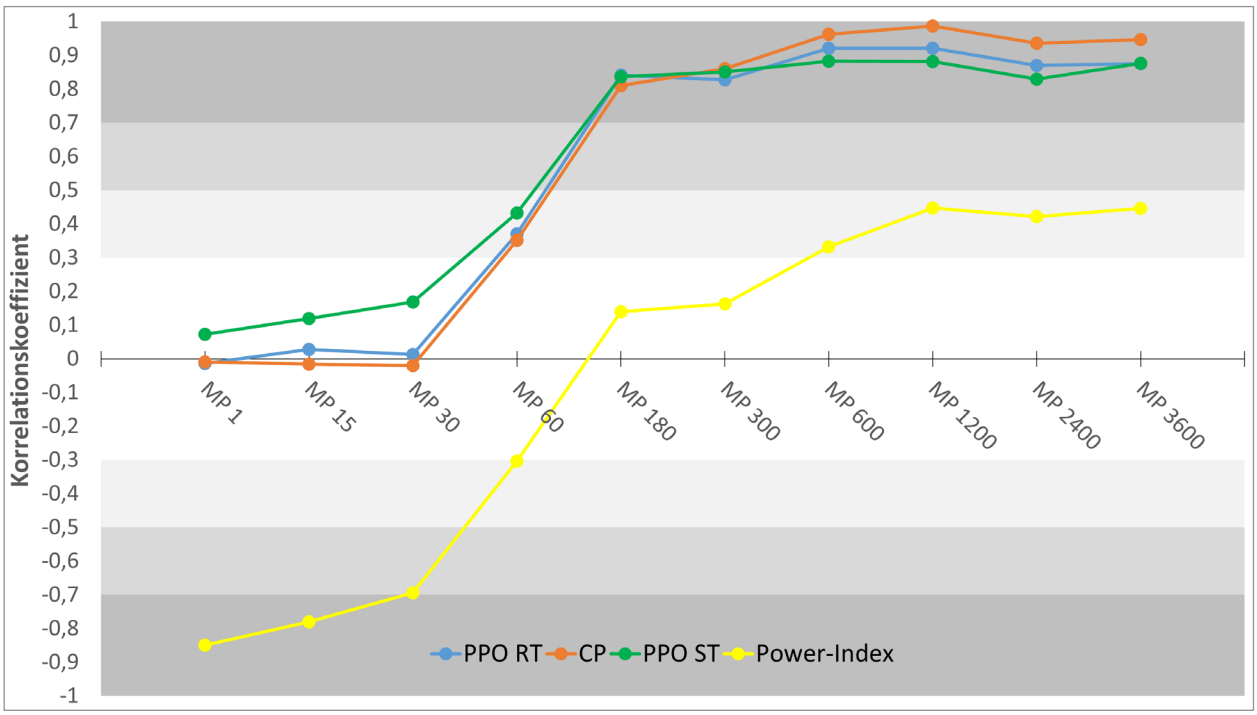


Abb. 5: Korrelationen der Durchschnittsleistungen (MP) mit der Maximalleistung aus dem Rampentest (PPO RT), der Maximalleistung aus dem Stufentest (PPO ST), der Critical Power (CP), und dem Power-Index (PPO RT/PPO).)

4 Diskussion

Die hier durchgeführte Studie ist die Erste, die ein komplexes Power-Profile mit 10 unterschiedlichen Belastungsdauern mit physiologischen Kenngrößen und leistungsbezogenen Kenngrößen aus Labortests vergleicht und korreliert. In früheren Studien waren die Vergleiche/Korrelationen meist auf einzelne Belastungszeiten beschränkt.

Viele der hier erhobenen physiologischen und leistungsbezogenen Variablen zeigen hohe Korrelationen für Belastungen ≥ 180 s. Dabei zeigt sich jedoch, dass das LM und die CP die höchsten Korrelationen von allen Parametern aufweisen. Zudem zeigte sich, dass die Leistung über 2400 s, mit einer Abweichung von 0 ± 13 W und +4 ± 11 W, recht genau durch das LM und die CP vorhergesagt werden kann. Ausgehend von dieser hohen Übereinstimmung der Leistung am LM bzw. der an der CP und der Leistung über 2400 s, können über prozentuale Angaben des LM auch die Leistungen über andere Zeitintervalle vorhergesagt werden.

Für die Leistung über 60 s kann in dieser Studie kein Zusammenhang mit einer der physiologischen Variablen gefunden werden. Die einzigen Parameter, die die Leistung zwischen 1 s-30 s erklären, sind die VLa_{max} und der Power-Index. Der Zusammenhang der VLa_{max} und des Power-Index mit längeren Belastungen ist zwar nur gering, dennoch sind es die einzigen beiden Parameter die einen hohen Zusammenhang mit kurzen und zugleich einen (geringeren) Zusammenhang auch mit längeren Belastungszeiten zeigen. Da laut Hauser et al. (2014) das maximale Laktat-Steady State (MLSS) sowohl durch die VO_{2max} als auch durch die VLa_{max} beeinflusst wird, mag auf Dauer eine Mitbetrachtung in der Leistungsdiagnostik Sinn machen. Auch wir konnten in einer kürzlich veröffentlichten Studie zum ersten Mal die Entwicklung der VLa_{max} über einen längeren Trainingszeitraum und dessen Zusammenhang mit der Entwicklung der CP und dem MLSS dokumentieren (Manunzio et al., 2016). Jedoch fehlen aktuell noch Referenzwerte für diesen Parameter und der Zusammenhang mit längeren Belastung war, wie schon erwähnt, in dieser Studie nur gering. Die Daten zeigen zudem die Nützlichkeit des Power-Index für die Einschätzung der Leistungsfähigkeit von Radfahrern. Der Power Index ist jedoch kein Index der Leistungsfähigkeit an sich, sondern gibt lediglich Auskunft über das Verhältnis zwischen maximaler aerober und anaerober Leistungsfähigkeit (Baron, 2001), welches u. a. von der Spezialisierung des Athleten abhängt. Zudem muss bei der Interpretation des Power-Index das Niveau der aeroben und anaeroben Leistungsfähigkeit mit berücksichtigt werden. Es wird vermutet, dass evtl. ein optimaler Power-Index Bereich für Radfahrer existiert. Radfahrer mit einem Power Index < 40 % müssen primär ihre aerobe Power verbessern, während Radfahrer mit einem Power-Index > 45 % eher ihre anaerober Power verbessern müssen (Baron, 2001).

Das von uns vor kurzem veröffentlichte LM-Testprotokoll (Wahl et al., 2016) scheint von allen hier durchgeführten Tests die komplexesten Aussagen zuzulassen und ist zudem die zeitsparendste aller Möglichkeiten. Der vorgeschaltete 15 s Sprinttest erlaubt u. a. die Bestimmung der VLamax und der PPO, der Rampentest (RT) u. a. die Bestimmung der VO_{2max} und der PPO RT und der anschließende LM-Test eine genaue Bestimmung des LM/MLSS, respektive eine genau Vorhersage der Durchschnittsleistung über 40 min. Aus den Daten PPO und PPO RT lässt sich zudem der Power-Index berechnen.

Die Bestimmung der CP aus den Leistungsdaten über 180 s, 300 s, 600 s und 1200 s lässt eine ebenso genaue Bestimmung der Leistung über 2400 s zu und ist somit eine geeignete Methode/Alternative im Feld. Zur Bestimmung der Leistung über die 4 Zeitintervalle sind jedoch mindesten zwei hochbelastende Testtage notwendig, die jedoch ggf. ins Training integriert werden können. Zudem wurde die Durchschnittsleistung über die 4 Zeitintervalle auf einem Ergometer im Labor im Isokinetik-Modus erhoben. Die Übertragbarkeit ins Feld muss demnach noch geprüft werden.

5 Literatur

Allen, H., & Coggan, A. (2010). *Training and Racing with a Power Meter*. Boulder: Velopress.

Balmer, J., Davison, R. C. & Bird, S. R. (2000). Peak power predicts performance power during an outdoor 16.1-km cycling time trial. *Medicine and science in sports exercise, 32* (8), 1485-1490.

Baron, R. (2001). Aerobic and anaerobic power characteristics of off-road cyclists. *Medicine and science in sports exercise, 33* (8), 1387-1393.

Hauser, T., Adam, J. & Schulz, H. (2014). Comparison of calculated and experimental power in maximal lactate-steady state during cycling. *Theoretical biology & medical modelling, 11*, 1–12.

Hawley, J. A. & Noakes, T. D. (1992). Peak power output predicts maximal oxygen uptake and performance time in trained cyclists. *European journal of applied physiolgy and occupational physiology, 65* (1), 79-83.

Hoogeveen, A. R. & Hoogsteen, G. S. (1999). The ventilatory threshold, heart rate, and endurance performance: relationships in elite cyclists. *International journal of sports medicine, 20* (2), 114-117.

Manunzio, C., Mester, J., Kaiser, W. & Wahl, P. (2016). Training Intensity Distribution and Changes in Performance and Physiology of a 2nd Place Finisher Team of the Race across America Over a 6 Month Preparation Period. *Frontiers in physiology, 7*, 642.

McGregor, S. J. (2012). Re: The record power profile to assess performance in elite cyclists. *International journal of sports medicine, 33* (5), 415.

Pinot, J. & Grappe, F. (2012). The Peronnet-Thibault mathematical model applied to the record power profile in cycling. *Computer methods in biomechanics and biomedical engineering, 14* (1), 219-220.

Pinot, J. & Grappe, F. (2011). The record power profile to assess performance in elite cyclists. *International journal of sports medicine, 32* (11), 839-844.

Quod, M. J., Martin, D. T., Martin, J. C. & Laursen, P. B. (2010). The power profile predicts road cycling MMP. *International journal of sports medicine, 31* (6), 397-401.

Reilly, T., Morris, T. & Whyte, G. (2009). The specificity of training prescription and physiological assessment: a review. *Journal of sports sciences, 27* (6), 575-589.

Smith, M. F., Davison, R. C., Balmer, J. & Bird, S. R. (2001). Reliability of mean power recorded during indoor and outdoor self-paced 40 km cycling time-trials. *International journal of sports medicine, 22* (4), 270-274.

Wahl, P., Manunzio, C., Vogt, F., Strütt, S., Volmary, P., Bloch, W. & Mester, J. (2016). Accuracy of a modified lactate minimum test and reverse lactate threshold test to determine maximal lactate steady state. *Journal of strength and conditioning research* [Epub ahead of print].

Konzeption und Evaluation eines Repeated Sprint Ability (RSA) Testverfahrens für die Disziplin Mountainbike Cross-Country (MTB XCO)

(AZ 070501/16)

Hubert Mahler[1,2], Mareike Röll[1], Yannic Corinth[1], Alexander Bietz[1], Kai Röcker[2] & Albert Gollhofer[1] (Projektleitung)

[1]Universität Freiburg, Institut für Sport und Sportwissenschaft
[2]Hochschule Furtwangen, Institut für Angewandte Gesundheitsförderung und Bewegungsmedizin

1 Problematik

Cross Country Mountainbike (XCO MTB) zählt seit 1996 zu den olympischen Sportarten. Der Wettkampf ist charakterisiert durch einen steten Belastungswechsel, wobei kurze sehr hohe Tretleistungen unterbrochen durch Phasen mit niedrigen Tretleistungen wiederholt realisiert werden müssen (Impellizzeri & Marcora, 2007). Dabei ist bisher die aerobe Leistungsfähigkeit als einziger leistungslimitierender Faktor mittels reliabel und valider Testverfahren identifiziert und belegt (Stapelfeldt et al., 2004). Dennoch konnten Impellizzeri et al. (2005) in einem bezüglich der aeroben Leistungsfähigkeit homogenem Feld von MTB XCO-Fahrern eine stark differierende Wettkampfleistung feststellen. Es lässt sich aus diesem Grund vermuten, dass neben der aeroben Fitness auch neuromuskuläre und anaerobe Determinanten sowie maximale Sprintleistungen über kurze disziplinspezifische Dauer und die wiederholte Realisierung dieser, ohne Leistungsverlust (Repeated Sprint Ability), einen bedeutsamen Einfluss auf die reale Wettkampfleistung haben können. Bisher gibt es jedoch keine weiteren validierten Testverfahren, um diese Aspekte eindeutig zu identifizieren und zu bewerten. Die Ziele der vorgestellten Studie liegen daher in der Evaluation eines XCO spezifischen Repeated Sprint Ability Leistungstests auf einem Radergometer, mit dem

- die maximale Sprintleistung über kurze disziplinspezifische Dauer und
- die durchschnittliche Leistung bei wiederholter Realisierung von maximalen Sprintleistungen über kurze disziplinspezifische Dauer

erhoben werden und deren prädiktives Potential auf die Startphase und die durchschnittliche Leistung im tatsächlichen XCO-Rennen betrachtet werden. Zudem sollen die Testparameter des Repeated Sprint Ability Tests mit den Testparametern des etablierten Laktatstufentests verglichen und hinsichtlich ihres Mehrwerts evaluiert werden.

2 Methodik

Zur Bestimmung der Konstrukt- und Kriteriumsvalidität und Reliabilität des neu konzipierten Repeated Sprint Ability Tests (RSA-Test) wurde eine Querschnittsstudie mit 2 Messreihen durchgeführt (Abb. 1). Insgesamt nahmen N = 22 Kader- und Nicht-Kaderathleten bzw. -athletinnen aus dem MTB XCO-Bereich an der Studie teil. Der Laktatstufentest erfolgte, einem standardisierten Protokoll folgend (Kaderleistungsdiagnostik des BDR), auf einem SRM Ergometer (Schoberer Radmesstechnik, Jülich, Deutschland). Der RSA-Test wurde ebenfalls auf einem SRM-Ergometer (Schoberer Radmesstechnik, Jülich, Deutschland) nach einem standardisierten Protokoll gefahren. Die Athleten und Athletinnen absolvierten während des Tests bis zu 13 maximale Antritte von jeweils 15 sek Dauer (Abb. 2). Die Länge der Sprints und der Pausen wurden physiologisch motiviert gewählt, da sowohl anaerobe laktatazide und

alaktazide Komponenten beansprucht werden sollten (Parolin et al., 1999; Martin, Davidson, & Pardyjak, 2007). Zudem orientierte sich das Protokoll an Untersuchungen zu XCO Wettkämpfen (Macdermid & Stannard, 2012; Stapelfeldt et al., 2004; Theobald 2015). Alle Athleten und Athletinnen erhielten standardisiert dieselbe verbale Instruktion, alle Sprints bei maximaler Intensität zu fahren, selbst wenn dies zu einem vorzeitigen Abbruch des Tests führte. Der Test wurde nach Ablauf aller 13 Sprints oder nach subjektiver Erschöpfung beendet. Die Fahrer bzw. Fahrerinnen fuhren alle Sprints im isokinetischen Modus bei einer fixierten Trittfrequenz

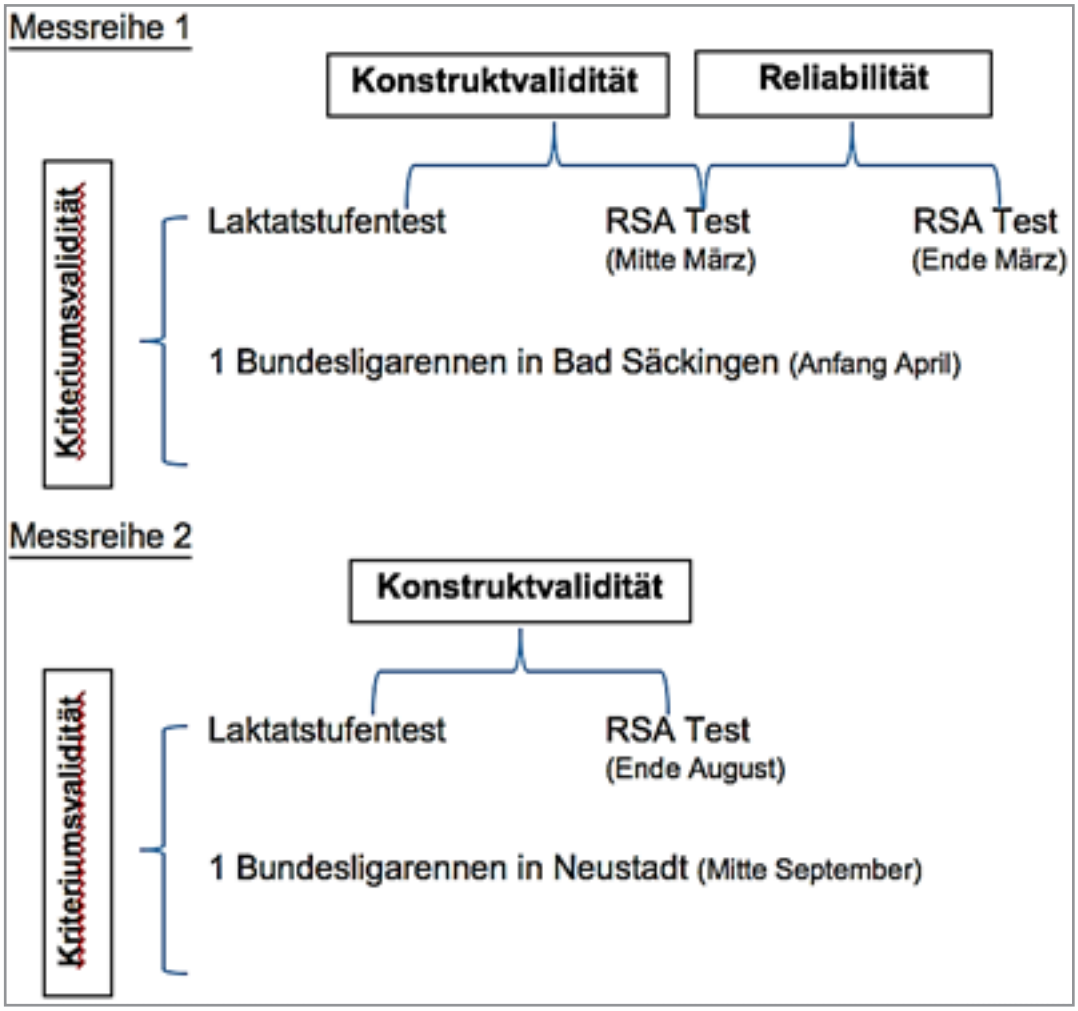


Abb. 1: Schematische Übersicht über die durchgeführten Untersuchungen

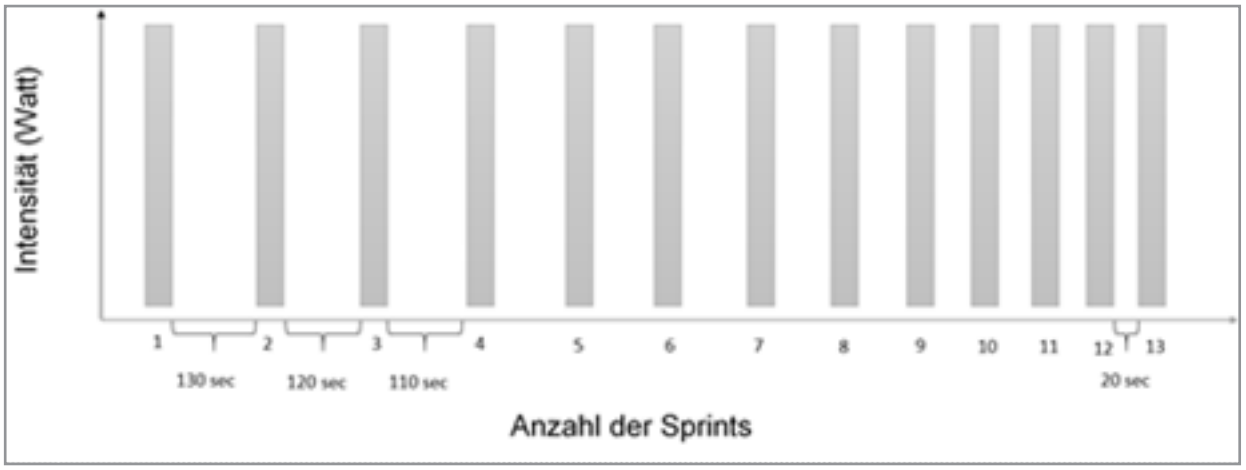


Abb. 2: Schematische Darstellung des RSA-Tests (13 x 15 sek Sprint)

von 80 Umdrehungen/min angelehnt an die durchschnittliche Trittfrequenz in ähnlichen Rennsequenzen (Macdermid & Stannard, 2012). Aus Gründen der Standardisierung wurde über alle Sprints kontrolliert, dass die Fahrer und Fahrerinnen eine sitzende Position beibehielten; zudem erfolgte ein standardisiertes Aufwärmen (Bishop, 2003b, 2003a; Munro et al., 2016). Die Messungen im Feld dienten als Kriterium zur Überprüfung der Kriteriumsvalidität des RSA-Tests. Alle Athleten und Athletinnen nahmen hierfür an einem zeitnah stattfindenden offiziellen XCO MTB-Bundesligarennen teil. Während der Wettkämpfe wurden mittels individuell angepasster SRM-Kurbeln, welche direkt an das jeweilige Wettkampfrad montiert wurden, Leistungs- sowie Geschwindigkeitsdaten der Athleten bzw. Athletinnen registriert. Die Auswertung des Laktatstufentests wurde automatisiert mittels des Analyseprogramms „Ergonizer" (Deutschland) vorgenommen. Die Ermüdungswiderstandsfähigkeit bei wiederholten Sprints im RSA-Test wurde über die gesamte geleistete Arbeit während der Sprints innerhalb des RSA Tests beschrieben (Work RSA (J/kg)) (Hill-Haas et al., 2007). Zur Untersuchung einzelner Phasen des Tests wurde des Weiteren die Arbeit für die Sprints 1-3 (Work Sprint 1-3 RSA (J/kg)) und für die Sprints 1-6 (Work Sprint 1-6 RSA (J/kg)) kalkuliert (Hill-Haas et al., 2007). Zur Beurteilung der maximalen Sprintleistung wurde der Median der ersten drei Sprints ermittelt (Mean Power Best Sprint RSA (W/kg)) (Dixon, 1953). Die Aufbereitung der Wettkampfdaten erfolgte manuell. Berücksichtigt wurden in der Analyse die durchschnittliche Leistung über den gesamten Rennverlauf (Comp_Mean) sowie die Durchschnittsleistung während der Startphase über die ersten 10 sek (Mean Power 10 sec Start Competition (W/kg)) und die erste Minute (Mean Power 1 min Start Competition (W/kg)). Alle aufgezeichneten Leistungswerte des Laktatstufentests, des RSA-Tests und des Wettkampfs wurden relativ zum Körpergewicht betrachtet und analysiert. Die statistische Auswertung erfolgte durch JMP Pro version 13.0.0 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Alle Parameter wurden mittels Saphiro Wilk Test auf Normalverteilung geprüft. Zur Analyse der Reliabilität wurden sowohl Korrelationen nach Pearson gerechnet, als auch als absolutes Streuungsmaß, der Typical Error of Measurement, sowie als relatives Maß der Coefficient of Variation (CV) des Typical Error berechnet (Hopkins, Schabort, & Hawley, 2001). Zur Beurteilung und Bewertung der Reliabilität anhand des TE und CV wurden insbesondere folgende Grenzen herangezogen CV: 0-5 % hohe Reliabilität, 5-10 % mittlere Reliabilität, >10 % niedrige Reliabilität (Buchheit, Spencer, & Ahmaidi, 2010; Johnston, Watsford, Kelly, Pine, & Spurrs, 2014). Zur Bestimmung der Kriteriums- und Konstruktvalidität der aus dem RSA-Test abgeleiteteten Parameter wurden lineare und multiple Regressionsanalysen durchgeführt (alpha-Level: p = 0,05).

3 Ergebnisse

Aufgrund unvorhergesehener Einflussfaktoren wie Krankheit, technischer Defekte oder Ausfall bzw. Verletzungen während des Rennens standen für die statistische Auswertung 12 komplette Datensätze zur Verfügung. Als Grundvoraussetzung zur Überprüfung der Konstrukt- und Kriteriumsvalidität gilt eine hohe intraindividuelle Reliabilität der untersuchten Parameter (Pyne, 2003). Für Mean Power Best Sprint RSA (W/kg) können ein $CV_{\text{Mean Power Best Sprint RSA (W/kg)}}$ = 2.59 % und eine Test-Retest Determinationskoeffizient von $R2_{\text{Mean Power Best Sprint RSA (W/kg}}$ = 0.93 berichtet werden. Die Parameter Work Sprint 1-3 RSA (J/kg) und Work Sprint 1-6 RSA (J/kg) weisen CVs ($CV_{\text{Work Sprint 1-3 RSA (J/kg)}}$ = 2.31 %, $CV_{\text{Work Sprint 1-6 RSA (J/ g)}}$ = 2,62 %) bei gleichzeitiger Korrelation auf ($R2_{\text{Work Sprint 1-3 RSA (J/kg)}}$ = 0.94, $R2_{\text{Work Sprint 1-6 RSA (J/kg)}}$ = 0.90). Korrelationen von R2 = 0.60 zeigte der Parameter Work RSA (J/kg) (R2 = 0.60), bei einem CV von 10.66 %. Zur Beurteilung der Kriteriumsvalidität wurden sowohl Parameter des RSA-Tests als auch des Laktatstufentests mittels Regressionsanalyse mit Leistungsdaten des Wettkampfs evaluiert. Die Ermüdungswiderstandsfähgkeit bei wiederholter Realisierung von maximalen Sprintleistungen über kurze disziplinspezifische Dauer im RSA-Test (Work RSA (J/kg)) zeigte dabei mittlere bis hohe Korrelationen mit der Durchschnittsleistung während des Wettkampfes, der besten Runde und der ersten Runde ($r_{\text{Mean Power Competition (Watt/kg)}}$ = 0.72, r $r_{\text{Mean Power Best Lap Competition (Watt/kg)}}$ = 0.60,

$r_{MeanPower\ Lap\ 1\ Competition\ (Watt/kg)}$ = 0.51). Die Zusammenhänge erwiesen sich dabei alle als signifikant (p > 0.05). (Abb. 3) Neben den durchschnittlichen Gesamtleistungen im Rennen, korrelierte die durchschnittliche Leistung innerhalb der Startphase über 10 sek (Mean Power 10 sec Start Competition (W/kg)) und über 1 min (Mean Power 1 min Start Competition (W/kg)) mit Mean Power Best Sprint RSA (W/kg) zu r = 0.87, für Work Sprint 1-3 RSA (J/kg) zu r = 0.86 und für Work Sprint 1-6 RSA (J/kg) zu r = 0.81 (p ≤ 0.01). Hinsichtlich Mean Power 1 min Start Competition (W/kg) waren lediglich die Leistung über die ersten sechs Sprints des RSA-Tests (Work Sprint 1-6 RSA (J/kg)) signifikant (p = 0.03). Demgegenüber korrelieren auch die individuelle anaerobe Schwelle (IAS Watt (W/kg) aus dem Laktatstufentest mit den durchschnittlich im Rennverlauf erbrachten Leistungen hochsignifikant. (siehe Abb. 3). Im Gegensatz zu Parametern des RSA-Test zeigten sich aber zur Durchschnittsleistung in der Startphase keine signifikanten Zusammenhänge. Lediglich die Wettkampfleistung über eine Minute (Mean Power 1 min Start Competition (W/kg)) korrelierte signifikant mit der maximalen Leistung im Laktatstufentest (p = 0.05). Hinsichtlich der Konstruktvaldidität des RSA Tests korrelierten die aerobe Leistungsfähigkeit (IAS Watt (W/kg) und die maximale erreichte Wattzahl im Laktatstufentest (MaxWatt (W(kg)) mit r = 0.71 und r = 0.57 mit der Ermüdungswiderstandsfähigkeit bei wiederholten Sprints (Work RSA (J/kg)) (p ≤ 0.01). Es wurde außerdem untersucht, ob zwischen den maximalen Sprintleistungen im RSA-Test (Mean Power Best Sprint RSA (W/kg)) und der aeroben Leistungsfähigkeit (IAS Watt (W/kg) bzw. MaxWatt (W/kg)) ein signifikanter Zusammenhang besteht. Dies konnte jedoch für keine der analysierten Variablen festgestellt werden.

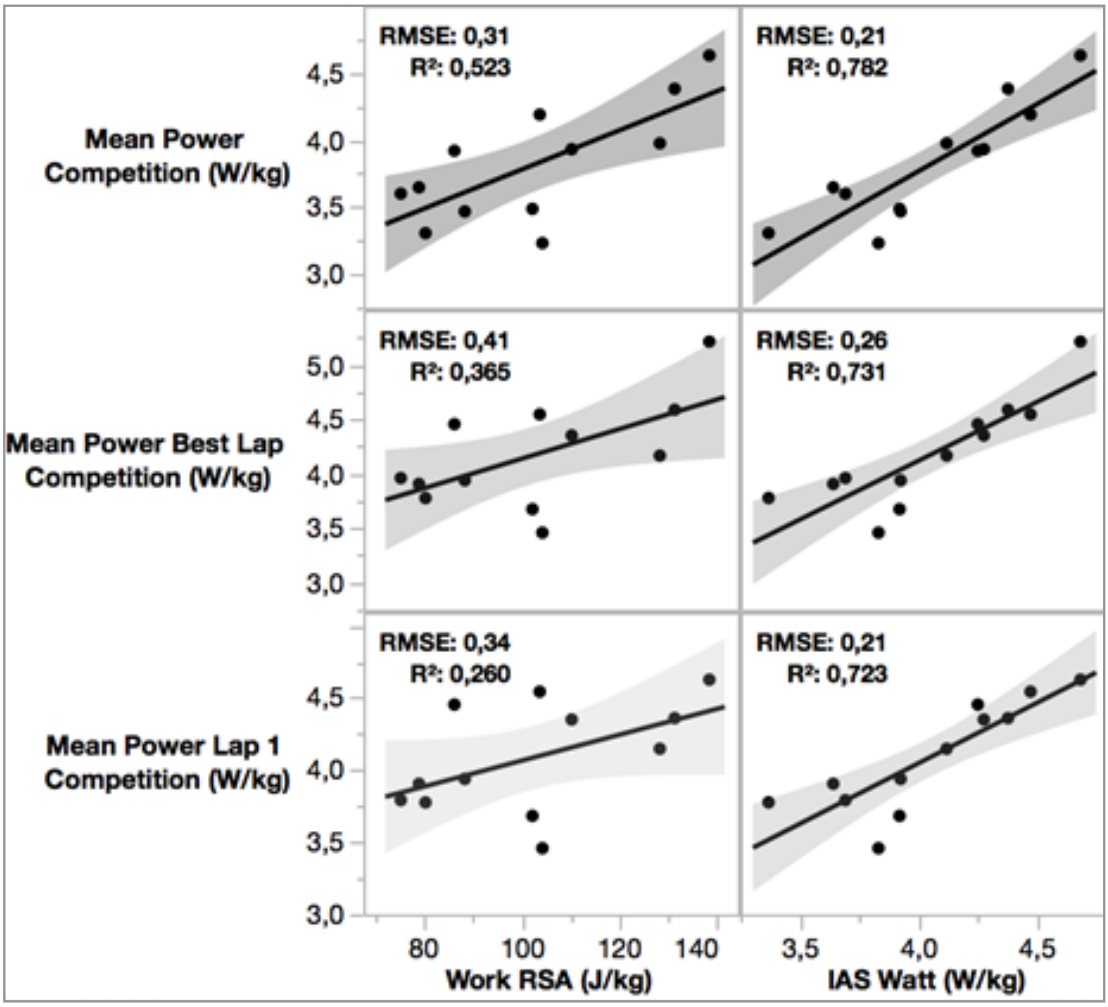


Abb. 3: Korrelationen zwischen der auf das Körpergewicht relativierten Arbeit im RSA-Test(Work RSA) und der Leistung an der individuellen anaeroben Schwelle mit Durchschnittsleistungen im Wettkampf

4 Diskussion

Ziel des vorgestellten Forschungsprojektes war die Erweiterung aktueller Leistungsdiagnostiken im XCO MTB Leistungssport, die lediglich der Erfassung der aeroben Ausdauerfähigkeit dienen. Es erschien sinnvoll, einen zusätzlichen Test zur Bestimmung der anaeroben Kapazität und maximaler Belastungsspitzen zu konzipieren und zu evaluieren um ihn dann dementsprechend gegebenenfalls zu implementieren. Eine auf diese Weise komplexe Leistungsdiagnostik sollte dem Anspruch einer erweiterten Abbildung der aktuellen sportartspezifischen Leistungsfähigkeit eines Athleten gerecht werden. Grundvoraussetzung einer leistungsdiagnostischen Untersuchung ist die Reliabilität sowie die Validität der Testergebnisse. Für die Parameter geleistete Arbeit über 3 (Work Sprint 1-3 RSA (J/kg)) bzw. 6 Sprints (Work Sprint 1-6 RSA (J/kg)) und Mean Power Best Sprint RSA (W/kg), mit welcher die maximale Sprintleistung über 15 sek operationalisiert, zeigte sich mit Werten 2.31 % und 2.62 % bzw. 2.59 % (CV) eine hohe Test-Reliabilität. Ähnlich hohe Werte für diese Parameter wurden auch schon bei Repeated Sprint Ability Tests im Laufen dargestellt (Haugen & Buchheit, 2016; Impellizzeri et al., 2008). Es kann gemutmaßt werden, dass diese Parameter nicht durch die subjektive Anstrengung und damit durch motivationale Aspekte limitiert sind (Gandevia, 2001). Für den Parameter Work RSA (J/kg) (Ermüdungswiderstandsfähigkeit bei wiederholten Sprints) zeigten sich dahingegen mittlere Reliabilitätswerte. Der Test ermöglicht dementsprechend eine reliable Abbildung der maximalen Sprintfähigkeit und in Einschränkung auch der Fähigkeit der Ermüdungswiderstandsfähigkeit bei wiederholten Sprints über den Parameter Work RSA (J/kg). Es ist in zukünftigen Studien zu klären, ob eine „Gewöhnung“ an den Test zu erhöhten Reliabilitätswerten führt (Glaister et al., 2007). Neben der Überprüfung der Reliabilität waren die weiteren Ziele der Arbeit die Überprüfung der Kriteriums- und Konstruktvalidität der Messgrößen maximalen Sprintleistung über kurze disziplinspezifische Dauer und durchschnittliche Leistung bei wiederholter Realisierung von maximalen Sprintleistungen über kurze disziplinspezifische Dauer im RSA Test. Als Kriterium wurden dafür die durchschnittliche Leistung über den kompletten Wettkampf (Comp_Mean) und die durchschnittliche Leistung über 10 sek (Mean Power 10 sec Start Competition (W/kg)) und 1 min (Mean Power 1 min Start Competition (W/kg)) nach Start ausgewählt. Letztere Messgrößen in der Startphase sind von besonderer Bedeutung, da sich hier das Fahrerfeld aus der Massenstartanordnung heraus sortiert und eine erste Positionierung für den weiteren Rennverlauf festgelegt wird. Gute Leistungen während der Startphase begünstigen eine bessere Positionierung im Starterfeld, was für den weiteren Wettkampf von entscheidender Bedeutung sein kann (Macdermid & Morton, 2012). Durchschnittsleistungen wurden Durchschnittsgeschwindigkeiten als Zielparameter im Rennen vorgezogen, die zwar augenscheinlich einen höheren prädiktiven Charakter für die Platzierung im Rennen aufweist, allerdings in besonderem Maße durch fahrtechnische Fertigkeiten des Fahrers determiniert ist (Ettema & Lorås, 2009). Die Zielparameter Leistung isolieren dementsprechend den Faktor Fahrtechnik, der auch als möglicher Einflussfaktor für Erfolg beim XCO Mountainbike Sport gehandelt wird. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass abgeleitete Parameter des RSA Tests eine gewisse prädiktive Potenz für Leistungsparameter im Rennen aufweisen können. Die durchschnittliche Leistung über alle Sprints im RSA Test (Work RSA (J/kg)) korreliert signifikant mit der durchschnittlichen Leistung im Wettkampf (Comp_Mean) ($R2 = 0.52$). Bezüglich der durchschnittlichen Leistung über 10 sek direkt nach dem Start (Mean Power 10 sec Start Competition (W/kg)) zeigt der Sprinttest über den abgeleiteten Paramater Mean Power Best Sprint RSA (W/kg) sogar ein noch höheres prädiktives Potential ($R2 = 0.76$). Die Behauptung dieser Position im Feld nach dem Start gegenüber anderen FahrerInnen wurde über die durchschnittliche Leistung über die erste Minute des Rennens (Mean Power 1 min Start Competition (W/kg)) operationalisiert. Bezüglich dieser Phase erwies sich Work Sprint 1-6 RSA (J/kg) als signifikanter leistungsdiagnostischer Parameter ($R2 = 0.47$). Die Höhe der Korrelationen deutet darauf hin, dass die Durchschnittsleistungen im Wettkampf noch von weiteren Faktoren, darunter z. B. die Positionierung im Fahrerfeld, streckenbedingte

Anforderungen und technischem Können abhängig zu sein scheint. Diese Faktoren gilt es, in weiteren Untersuchungen eindeutig zu identifizieren und gegebenenfalls leistungsdiagnostisch zu erfassen. Neben den Messgrößen des RSA-Tests sollte auch der Zusammenhang zwischen der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit, welche über die individuelle anaerobe Schwelle (IAS) nach Dickhuth et al., (1999) operationalisiert wurde, mit den Zielgrößen im Wettkampf überprüft werden. So zeigte sich ein signifikant hoher Zusammenhang zwischen der durchschnittlichen Leistung im Wettkampf und der IAS (R2 = 0.78), aber kein signifikanter Zusammenhang zwischen der IAS und den Zielgrößen in der Startphase des Rennens. Unsere Studie bestätigt damit Ergebnisse früherer Untersuchungen (Impellizzeri et al., 2007), in denen der Faktor „aerobe Leistungsfähigkeit" als leistungslimitierend für das gesamte Rennen identifiziert werden konnte. Vor diesem Hintergrund bestätigt sich der Einsatz des etablierten Laktatstufentests. Stellt man nun beide Testverfahren hinsichtlich ihrer Aussagekraft auf die ausgewählten Messgrößen im Rennen gegenüber, so zeigt sich, dass die Durchschnittsleistung im Wettkampf gegenüber der IAS höhere Korrelationen im Vergleich zur Gesamtarbeit im RSA-Test aufweist. Das gilt aber nicht für die Startphase des Rennens. Diesbezüglich zeigen verschiedene Parameter des RSA-Tests stärkere Zusammenhänge. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die im RSA-Test leistungsdiagnostisch erfassten maximalen Tretleistungen unter ausreichender Regeneration eine gute Prädiktion der ersten zehn Wettkampfsekunden leisten können. Aus physiologischer Sicht kann das dahingehend interpretiert werden, dass insbesondere die Startphase des Rennens nicht durch die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit determiniert ist, sondern vielmehr durch anaerob alaktazide, laktazide oder aber auch neuromuskuläre Faktoren determiniert sein könnte. Diese Faktoren werden vermeintlich über die Messgrößen Mean Power Best Sprint RSA (W/kg), Work Sprint 1-3 RSA (J/kg) und Work Sprint 1-6 RSA (J/kg) im RSA Test operationalisiert (Edge et al., 2006; Perrey et al., 2010; Racinais et al., 2007). Je länger das Rennen wird, desto mehr scheint die aerobe Leistungsfähigkeit hinsichtlich einer hohen Durchschnittsleistung an Bedeutung zu gewinnen. Darauf deuten die ansteigenden Korrelationen zwischen der IAS und der 1. Minute nach Start, der 1. Runde, der besten Runde und des gesamten Rennens hin. Allerdings gab es auch einen Zusammenhang zwischen Messgrößen des RSA Tests und der Durchschnittsleistung im gesamten Rennen. Was in diesem Zusammenhang unklar erscheint, ist, ob die Messgröße Work RSA (J/kg) einen prädiktiven Mehrwert gegenüber der IAS mit sich bringt. In diesem Zusammenhang wurde die Konstruktvaldidität des RSA-Tests untersucht, wobei die Ermüdungswiderstandsfähigkeit im RSA-Test (Work RSA (J/kg)) in mittlerem Maße mit der IAS (R2 = 0.49) korrelierte, während sich für die Parameter RSA_Median, Work Sprint 1-3 RSA (J/kg) und Work Sprint 1-6 RSA (J/kg) keine Korrelationen ergaben. Bisherige Studien unterstreichen die vorliegenden Ergebnisse dahinehend, dass die aerobe Ausdauerleistungsfähigkeit die Ermüdungswiderstandsfähigkeit bei wiederholten Sprints stärker erklärt, je häufiger Sprints wiederholt werden (Spencer et al., 2005). So scheint der aerobe Metabolismus zwar für die einmalige Realisierung eines Sprints nur einen geringen Einfluss zu haben. Der Energiebedarf bei mehrmaliger Wiederholung von Sprints wird aber zunehmend stärker über aerobe Energieresynthesewege gedeckt und scheint durch dies auch determiniert zu sein (Spencer et al., 2005). Bezug nehmend auf die die extrahierten Messgrößen im RSA Test und den Zusammenhängen zu den Messgrößen im Wettkampf kann dies nun dahingehend interpretiert werden, dass mit Mean Power Best Sprint RSA (W/kg), Work Sprint 1-3 RSA (J/kg) und Work Sprint 1-6 RSA (J/kg) Parameter extrahiert werden können, die gegenüber der aeroben Ausdauerleistungsfähigkeit in der Startphase des Rennens einen prädiktiven Mehrwert liefern könnten. Das könnte unter anderem daran liegen, dass neuromuskuläre oder anaerobe Faktoren dargestellt werden können. Der Parameter Work RSA (J/kg), der alle Sprints im Repeated Sprint Ability Test subsumiert, liefert aber durch seine scheinbar aerobe Determiniertheit keinen weiteren Aufschluss bezüglich Prädiktion der Rennleistung.

4.1 Transfer zur Praxis

Unsere Ergebnisse bestätigen damit den Einsatz des etablierten Laktatstufentests zur Erfassung der aeroben Leistungsfähigkeit als sinnvolles Instrumentarium zur Prädiktion der Wettkampfleistung. Anaerobe Faktoren hingegen werden über den Laktatstufentest nicht erfasst. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie deuten darauf hin, dass der neu konzipierte RSA-Test diesen Bereich hingegen abdecken kann und wichtige Hinweise über spezifische Phasen des Rennens, im speziellen die Startphase, liefern kann. Eine Modifizierung des vorgelegten Messprotokolls scheint vor dem Hintergrund der reduzierten Reliabilität von Sprintleistungen unter fortschreitender Ermüdung und der eingeschränkten Kriteriumsvalidität bei der Messgröße Work RSA (J/kg) sinnvoll. Zur Erfassung der relevanten Parameter würde die Durchführung der ersten 6 Sprints im RSA-Test unter ansonsten gleichen Bedingungen ausreichen. Dies würde zudem eine Motivationssteigerung bei den Athleten und Athletinnen bedingen, da der maximale Erschöpfungszustand nicht erreicht werden würde. Der Ausschluss dieser Einflussfaktoren könnte eine Erhöhung der Reliabilität des RSA-Tests mit sich bringen (Ausschluss von möglichen Pacing-Strategien), was zu einer verbesserten Aussagefähigkeit des RSA-Tests führen könnte. Schlussendlich lässt sich der vorgestellte RSA-Test als eine sinnvolle Erweiterung der leistungsdiagnostischen Untersuchung im MTB XCO betrachten, um neben der aeroben Leistungsfähigkeit auch die vermeintlich anaeroben und neuromuskulären determinierten Komponenten der Athleten und Athletinnen zu bestimmen, um sie entsprechend akzentuiert im Training ansteuern zu können. Vor diesem Hintergrund wird der modifizierte RSA-Test intern in der Arbeitsgruppe bereits praktiziert und im Sinne der Trainingssteuerung genutzt. Dennoch wird empfohlen, bevor es zur flächendeckenden Durchführung des Tests kommt, die beschriebenen Modifikationen des Tests in weiteren Studien zu evaluieren. Zudem sollten Interventionsstudien folgen, um kausale Schlüsse ableiten zu können.

5 Literatur

Bishop, D. (2003a). Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.), 33* (6), 439-454.

Bishop, D. (2003b). Warm up II. *Sports medicine, 33* (7), 483-498.

Buchheit, M., Spencer, M., & Ahmaidi, S. (2010). Reliability, usefulness, and validity of a repeated sprint and jump ability test. *International journal of sports physiology and performance, 5* (1), 3-17.

Dickhuth, H.-H., Yin, L., Niess, A., Röcker, K., Mayer, F., Heitkamp, H.-C., & Horstmann, T. (1999). Ventilatory, lactate-derived and catecholamine thresholds during incremental treadmill running: relationship and reproducibility. *International journal of sports medicine, 20* (2), 122-127.

Dixon, W. J. (1953). Processing Data for Outliers. *Biometrics, 9* (1), 74-89.

Edge, J., Bishop, D., Hill-Haas, S., Dawson, B., & Goodman, C. (2006). Comparison of muscle buffer capacity and repeated-sprint ability of untrained, endurance-trained and team-sport athletes. *European journal of applied physiology, 96* (3), 225-234.

Ettema, G., & Lorås, H. W. (2009). Efficiency in cycling: a review. *European journal of applied physiology, 106* (1), 1-14.

Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological reviews, 81* (4), 1725-1789.

Glaister, M., Howatson, G., Lockey, R. A., Abraham, C. S., Goodwin, J. E., & McInnes, G. (2007). Familiarization and reliability of multiple sprint running performance indices. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association, 21* (3), 857-859.

Haugen, T., & Buchheit, M. (2016). Sprint Running Performance Monitoring: Methodological and Practical Considerations. *Sports medicine (Auckland, N.Z.), 46* (5), 641-656.

Hill-Haas, S., Bishop, D., Dawson, B., Goodman, C., & Edge, J. (2007). Effects of rest interval during high-repetition resistance training on strength, aerobic fitness, and repeated-sprint ability. *Journal of sports sciences, 25* (6), 619-628.

Hopkins, W. G., Schabort, E. J., & Hawley, J. A. (2001). Reliability of power in physical performance tests. *Sports medicine (Auckland, N.Z.), 31* (3), 211-234.

Impellizzeri, F. M. (2005). Correlations between physiological variables and performance in high level cross country off road cyclists. *British journal of sports medicine, 39* (10), 747-751. https://doi.org/10.1136/bjsm.2004.017236

Impellizzeri, F. M., & Marcora, S. M. (2007). The physiology of mountain biking. *Sports medicine, 37* (1), 59-71.

Impellizzeri, F., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., & Wisloff, U. (2008). Validity of a Repeated-Sprint Test for Football. *International journal of sports medicine, 29* (11), 899-905. https://doi.org/10.1055/s-2008-1038491

Johnston, R. J., Watsford, M. L., Kelly, S. J., Pine, M. J., & Spurrs, R. W. (2014). Validity and interunit reliability of 10 Hz and 15 Hz GPS units for assessing athlete movement demands. *The journal of strength & conditioning research, 28* (6), 1649-1655.

Macdermid, P. W., & Morton, R. H. (2012). A longitudinal analysis of start position and the outcome of World Cup cross-country mountain bike racing. *Journal of sports sciences, 30* (2), 175-182. https://doi.org/10.1080/02640414.2011.627368

Macdermid, P. W., & Stannard, S. (2012). Mechanical work and physiological responses to simulated cross country mountain bike racing. *Journal of sports sciences, 30* (14), 1491-1501.

Martin, J. C., Davidson, C. J., & Pardyjak, E. R. (2007). Understanding sprint-cycling performance: the integration of muscle power, resistance, and modeling. *International journal of sports physiology and performance, 2* (1), 5-21.

Munro, L. A., Stannard, S. R., Fink, P. W., & Foskett, A. (2016). Potentiation of sprint cycling performance: the effects of a high-inertia ergometer warm-up. *Journal of sports sciences,* 1-9. https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1215492

Parolin, M. L., Chesley, A., Matsos, M. P., Spriet, L. L., Jones, N. L., & Heigenhauser, G. J. (1999). Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH during maximal intermittent exercise. *American journal of physiology-endocrinology and metabolism, 277* (5), E890-E900.

Perrey, S., Racinais, S., Saimouaa, K., & Girard, O. (2010). Neural and muscular adjustments following repeated running sprints. *European journal of applied physiology, 109* (6), 1027-1036.

Pyne, D. B. (2003). Interpreting the results of fitness testing. In *International science and football symposium. Victorian Institute of Sport Melbourne, Australia*. Abgerufen von https://www.researchgate.net/profile/David_Pyne/publication/252913673_INTERPRETING_THE_RESULTS_OF_FITNESS_TESTING/links/0046352684e8b72d02000000.pdf

Racinais, S., Bishop, D., Denis, R., Lattier, G., Mendez-Villaneuva, A., & Perrey, S. (2007). Muscle Deoxygenation and Neural Drive to the Muscle during Repeated Sprint Cycling: *Medicine & science in sports & exercise, 39* (2), 268-274. https://doi.org/10.1249/01.mss.0000251775.46460.cb

Spencer, M., Bishop, D., Dawson, B., & Goodman, C. (2005). Physiological and metabolic responses of repeated-sprint activities:specific to field-based team sports. *Sports medicine (Auckland, N.Z.), 35* (12), 1025-1044.

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). Performance requirements and training means in the cycling discipline “Mountain Bike Cross-Country”. *Leistungssport, 45* (1), 20–24.

Eye-Tracking im Spitzensport – Validität, Grenzen und Möglichkeiten

(AZ 080506/16)

Florian Loffing[1], Judith Tirp[1], Norbert Hagemann[2] & Jörg Schorer[1] (Projektleitung)

[1]Institut für Sportwissenschaft, Carl-von-Ossietzky Universität Oldenburg
[2]Institut für Sport und Sportwissenschaft, Universität Kassel

1 Problemstellung

Herausragende sportliche Leistungen sind in vielen Bereichen, zum Beispiel in den Sportspielen, nur unter der Voraussetzung eines hochspezialisierten Wahrnehmungssystems möglich (Williams, Davids & Williams, 1999). Der Ausrichtung der Augen einer Sportlerin oder eines Sportlers – d. h. ihr Blickverhalten oder ihre Blickstrategien – wird dabei eine besondere Bedeutung für erfolgreiches Handeln beigemessen (Gegenfurtner, Lehtinen & Saljo, 2011; Mann, Williams, Ward & Janelle, 2007). Demnach erscheint es nur konsequent, wenn die Leistungssportpraxis sowohl an einer zuverlässigen und validen Diagnostik von sportartspezifischem Blickverhalten als auch an Erkenntnissen zu dessen (nachhaltiger) Trainierbarkeit interessiert ist.

Diesem Interesse folgend hat das Bundesinstitut für Sportwissenschaft die Erstellung eines systematischen Reviews ausgeschrieben mit dem Ziel „einen Überblick über die derzeitigen Grenzen und die Möglichkeiten der Methode „Eye-Tracking" in der sportwissenschaftlichen Forschung und im leistungssportorientierten Training zu geben" (Ausschreibung des BISp, 2016, S. 2). Im Rahmen des Reviews sollten national und international publizierte sportwissenschaftliche Forschungsbefunde zum Eye-Tracking hinsichtlich des Nutzens der bisherigen Erkenntnisse für den Spitzensport aus einer kritischen Perspektive beleuchtet und im Hinblick auf die Einsatzmöglichkeit der Eye-Tracking-Technologie im Spitzensport eruiert werden. Die Darstellung der Ergebnisse sollte deskriptiv erfolgen; eine metaanalytische Aufarbeitung der für das Review als relevant erachteten Studien wurde explizit nicht gewünscht. Die folgenden Aspekte wurden in der Projektausschreibung als besonders wichtig hervorgehoben (Ausschreibung des BISp, 2016, S. 2):

- „Validität, Grenzen und Möglichkeiten der verschiedenen Aufzeichnungsverfahren (Messmethodik)
- Forschungsergebnisse publizierter Feldstudien (vision-in-action-approach)
- Forschungsergebnisse zu Eye-Tracking-Verfahren bei hoher Aktionsschnelligkeit (z. B. Badminton) bzw. einem sich schnell veränderndem Umfeld (z. B. auf der Bobbahn, beim Skifahren). Limitation der Methode bei komplexen motorischen Anforderungen
- Forschungsergebnisse zur Inter- und Intraindividualität von Blickbewegungen von Experten
- Forschungsergebnisse zum Experten-Novizen-Vergleich mit gesicherten sportartspezifischen Erkenntnissen zu informationshaltigen Schlüsselreizen und Suchstrategien
- Überblick über dominierende Auswertungsstrategien
- Überblick über den Einsatz des Eye-Trackings als sportartspezifische Trainingsmethode".

Die Erstellung des systematischen Reviews erfolgte unter besonderer Berücksichtigung dieser Punkte (vgl. Loffing, Tirp, Hagemann & Scho-

rer, in Druck). Das grundlegende Vorgehen bei der Recherche und Aufarbeitung der Literatur wird im folgenden Abschnitt skizziert.

2 Methode

Aus der zuvor erwähnten Zielstellung und den in der Ausschreibung als besonders relevant hervorgehobenen Aspekten des systematischen Reviews kristallisierten sich unserer Einschätzung nach die folgenden drei Schwerpunktbereiche heraus:

1. Eye-Tracking und Expertise im Sport
2. Eye-Tracking und Trainierbarkeit von Blickbewegungen im Sport
3. Methodisch-technische Aspekte von Eye-Tracking (im Spitzensport).

Basierend auf dieser Einteilung erfolgte die systematische Aufarbeitung der zu diesen Bereichen vorliegenden Literatur. Die Erstellung des systematischen Reviews orientierte sich dabei an den Empfehlungen des PRISMA-Ansatzes (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses; Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman & The Prisma Group, 2009). Vereinfacht formuliert geht es dabei um den systematischen Gebrauch einer Checkliste und die Protokollierung sowohl des Suchprozesses als auch der Synthese geeigneter Quellen mit dem Ziel, eine möglichst hohe Wiederhol- und Nachvollziehbarkeit des Reviews zu gewährleisten (Harris et al., 2014).

Für die Literaturrecherche in den o. g. Bereichen 1 (Expertise) und 2 (Training) wurden sechs Datenbanken herangezogen (Web of Science [all databases], Scopus, PsycINFO, SportDISCUS, ScienceDirect und SURF [BISp-Datenbanken]). Während in den fünf erstgenannten Datenbanken ausschließlich englischsprachige Begriffe für die Suche verwendet wurden, erfolgte die Suche in der SURF-Datenbank sowohl mit deutsch- als auch englischsprachigen Begriffen. Die Recherchen wurden nicht auf einen bestimmten Publikationszeitraum beschränkt und am 02.11.2016 an beiden Hochschulstandorten in Kassel und Oldenburg durchgeführt. Für den Bereich 3 (methodisch-technische Aspekte) wurde keine gesonderte Recherche durchgeführt, sondern es wurden alle für die Bereiche 1 und 2 als relevant erachteten Studien in die diesbezügliche Auswertung einbezogen. Mit Verweis auf den derzeit in Druck befindlichen ausführlichen Berichtsband (Loffing et al., in Druck) verzichten wir an dieser Stelle auf eine detaillierte Darstellung des Such- und Aufarbeitungsprozesses.

Wie aus Abb. 1 ersichtlich, resultierte die Aufarbeitung der recherchierten Quellen zu den Forschungsbereichen Expertise und Training in 153 bzw. 22 Volltexten, welche anschließend unter Berücksichtigung der eingangs erwähnten Aspekte analysiert wurden. Auf eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse wird

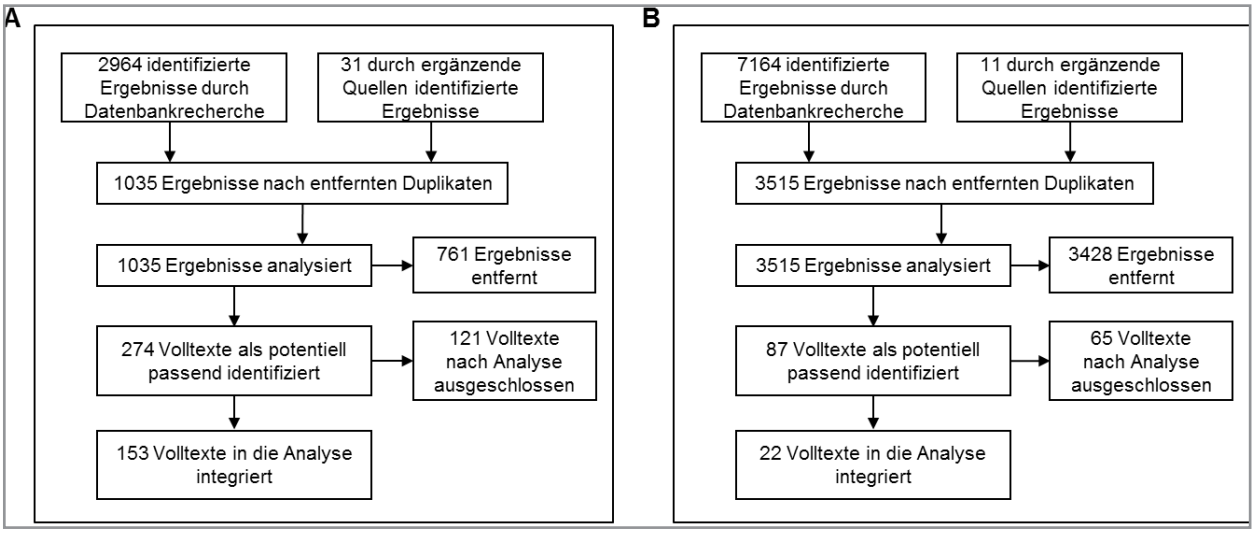


Abb. 1: Den Prozess und die Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche widerspiegelnde Flussdiagramme für die Bereiche (A) Expertise und (B) Training.

mit erneutem Verweis auf den Berichtsband verzichtet (Loffing et al., in Druck). In den folgenden Absätzen beschreiben wir stattdessen die verschiedenen Auswertungsdimensionen. Daran anschließend erfolgt eine Zusammenfassung der (vorläufigen) Schlussfolgerungen und Empfehlungen, welche sich unserer Einschätzung nach aus dem systematischen Review ziehen lassen.

Die Auswertung der Quellen für den Bereich „Expertise" erfolgte getrennt für die beiden Forschungsparadigmen „vision-in-action" und „visual search" (für eine Definition und Differenzierung der Paradigmen siehe u. a. Vickers, 2007) im Hinblick auf die in den Studien betrachteten Sportarten, die untersuchten Personengruppen (z. B. Sportler/Sportlerinnen, Schiedsrichter/Schiedsrichterinnen oder Trainer/Trainerinnen und Lehrer/Lehrerinnen; Alters- und Expertisestufen), methodische Qualitätsstandards (z. B. Anzahl an Untersuchungsgruppen, Testsituation, Handlungsmodus) sowie die erhobenen Blick- (z. B. Quiet-Eye) und Leistungsmaße (z. B. Antwortgenauigkeit, Reaktionszeit, Handlungsergebnis).

Die Auswertung der für den Bereich „Training" identifizierten Quellen erfolgte ebenfalls separat für Studien, die dem „visual search"- und „vision-in-action"-Ansatz zugeordnet werden können. Der Fokus der Auswertung lag dabei auf den betrachteten Sportarten, den Merkmalen der betrachteten Personengruppen (z. B. Alter, Geschlecht und Expertiseniveau), methodischen Qualitätsstandards im Hinblick auf die Untersuchungsgruppen (Anzahl an Gruppen, Gruppengröße, Zuordnungsverfahren der Teilnehmenden zu den Gruppen), die Trainingsgestaltung (Zeitraum, Einheiten, Versuche insgesamt und pro Einheit) und das Testdesign (Anzahl an Tests, zeitlicher Abstand zwischen den Tests, Testumgebung, Handlungsmodus) sowie die in den Trainingsstudien erfassten Blick- und Leistungsmaße (vgl. den Bereich „Expertise"). Schließlich wurden die (nur) vier Arbeiten, in denen die Wettkampfleistung der Studienteilnehmenden vor und nach einer Quiet-Eye-Trainingsintervention vergleichend berichtet wurden (Adolphe, Vickers & Laplante, 1997; Causer, Holmes & Williams, 2011; Harle & Vickers, 2001; Vine, Moore & Wilson, 2011), einer tiefergehenden Betrachtung im Hinblick auf das mögliche Potenzial von Blicktraining für den Spitzensport unterzogen.

In einem abschließenden dritten Schritt wurden entsprechend der Vorgaben des Ausschreibungstextes die methodisch-technischen Aspekte von Eye-Tracking im Sport beleuchtet. Hierunter fielen Punkte wie beispielsweise die Ermittlung der in den Blickstudien eingesetzten Eye-Tracking-Systeme, die Häufigkeit der monokularen oder binokularen Blickerfassung, die berichtete zeitliche Auflösung und räumliche Genauigkeit der Blicksysteme, Verfahren zur Auswertung von Blickdaten (z. B. zeitaufwendige Bild-für-Bild-Analyse) und mögliche technische Probleme bei der Durchführung von Blickstudien im Sport.

3 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

In den letzten Jahrzehnten hat die Betrachtung von perzeptuell-kognitiven Komponenten an dem Zustandekommen sportlicher Höchstleistungen einen neuen Blick auf die Entwicklung und Förderung sportlicher Spitzenleistungen eröffnet. Verschiedene Überblicksartikel (z. B. Loffing, Hagemann & Farrow, 2017; Rienhoff et al., 2016; Vine, Moore & Wilson, 2014), kürzlich erschienene Sonderausgaben in Fachzeitschriften (Hossner, 2016; Vine & Klostermann, 2017) und dieses Review machen deutlich, dass insbesondere das Blickverhalten ein Parameter ist, der in unterschiedlichen Erscheinungsformen mit Expertenleistungen assoziiert ist. Durch die technische Weiterentwicklung in den letzten Jahrzehnten ist es möglich, das Blickverhalten sowohl in laborbasierten Testsituationen als auch in realen Wettkampfsituationen immer besser zu erfassen. Die gewonnenen Blickbewegungsdaten liefern uns einen umfassenden Überblick über die perzeptuell-kognitiven Mechanismen, die mit sportlichen Höchstleistungen einhergehen. Sportliche Expertinnen und Experten zeigen ein Blickverhalten, dass sich oft durch wenige Fixationen und längere Fixationsdauern auszeichnet. Sie scheinen zu wissen, wohin sie ihren Blick richten müssen und nehmen dabei andere bzw. möglicherweise auch verstärkt periphere Informationen auf (Gegenfurtner et al., 2011). Allerdings: Ein

solches Befundmuster kann sich je nach Aufgabenanforderung auch umkehren zu mehr Fixationen von geringerer durchschnittlicher Dauer (z. B. Roca, Ford, McRobert & Williams, 2011; Vater, Roca & Williams, 2016).

Die Unterschiede zwischen den Leistungsstufen im Blickverhalten wurden als Begründung herangezogen, um das Blickverhalten gezielt in das Training einfließen zu lassen. Die im Rahmen des Reviews ermittelten Trainingsprogramme legen nahe, dass Blickbewegungsmuster erfolgreich erlernt werden können. Manche Studien konnten zudem einen Nachweis dafür erbringen, dass Blicktraining zu einer Leistungsverbesserung bzw. Leistungsstabilisierung unter Druck geführt hat. Als (vorläufiges) Fazit lässt sich festhalten, dass das Thematisieren der Blickbewegung in unterschiedlichen Settings (z. B. Putten im Golf, Freiwurf im Basketball) als hilfreich eingestuft werden kann. So wird etwa vermutet, dass die sportlichen Leistungen zugrundliegenden Verarbeitungs- und Steuerungsmechanismen optimiert werden können. Einschränkend muss zum aktuellen Zeitpunkt jedoch eingeräumt werden, dass die Erfolge der Interventionen auch durch begleitende Maßnahmen unterstützt bzw. erzielt worden sein könnten (z. B. bewegungsbegleitende Routinen).

Das Review konnte zeigen, dass das Blickverhalten von Sportlerinnen und Sportlern angesichts der Komplexität sportlicher Handlungssituationen, variierender Personenmerkmale und Aufgabenanforderungen durch zum Teil beachtliche intra- und interindividuelle Variation gekennzeichnet ist (vgl. Dicks et al., 2017). Da auch oftmals keine „wahren“ Expertinnen und Experten untersucht wurden, wird vor einem unreflektierten Kopieren eines potentiell erfolgreichen Blickbewegungsmusters an dieser Stelle gewarnt. Die für eine bestimmte Person oder Personengruppe gefundene Blickstrategie ist möglicherweise für eine andere trainierende Person oder Personengruppe keine erfolgreiche Strategie. Außerdem lässt sich darüber spekulieren, dass durch eine kognitive Fixierung auf die Blicksteuerung Verarbeitungsressourcen von der eigentlichen Problembewältigung abzogen werden könnten.

Beim Training im Leistungssport muss deshalb möglicherweise ein sehr individueller Weg begangen werden, um alle positiven Aspekte hervortreten zu lassen und negative Konsequenzen zu vermeiden. Positive Begleiterscheinungen können sein, dass eine Sportlerin oder ein Sportler eine deutlich höhere Aufgabenfokussierung einnehmen kann, eine höhere wahrgenommene Kontrolle empfindet und mehr Zuversicht bzw. eine höhere Selbstwirksamkeitserwartung entwickelt. Möglicherweise ist dabei die Fokussierung auf eine individuell erfolgreiche Blickstrategie hilfreicher als die Übernahme eines Blickmusters einer anderen erfolgreichen Person.

Aufgrund der hohen Anzahl an Studien, die Blickdaten in Laborsituationen erhoben haben, muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass die dort gefundenen Blickmuster von den unter Realbedingungen vorzufindenden Blickmustern abweichen könnten (z. B. Dicks, Button & Davids, 2010). Aufgabe der Forschung muss es sein, möglichst ökologisch valide Testsituationen zu entwickeln und die darin gewonnenen Daten mit den bisherigen Labordaten zu vergleichen. Darüber hinaus kann festgehalten werden, dass in vielen Sportarten bzw. verschiedenen sportlichen Situationen noch keine Blickdaten vorliegen (z. B. Ski Alpin, Bobfahren). Diese Forschungslücke sollte möglichst zeitnah geschlossen werden und hierbei besonders auf leistungsstarke Personen zurückgegriffen werden (Expertinnen und Experten). Aus methodischer Sicht sollten dabei verstärkt robuste mobile Geräte mit höheren Aufnahmefrequenzen zum Einsatz kommen.

Auch aus der Vermittlungsperspektive sind weitere Fragen zu klären. Die genauen Wirkungen von Begleitvariablen und verschiedenen Vermittlungsaspekten sollten im Sinne einer Wirksamkeitsforschung in zukünftigen Studien thematisiert werden. Wie zuvor angedeutet sind die bisherigen Ansätze zum Training von Blickbewegungen vielversprechend. Ein Ziel sollte es sein, für die unterschiedlichen Anwendungsfelder individuell effektive Trainingsansätze zu entwickeln.

Zusammenfassend zeigt dieses systematische Review zum Thema Eye-Tracking im Sport die (eigenen) Grenzen beim Stand der Wissenschaft, aber auch die Potentiale für den Spitzensport auf. Wie groß die Limitierungen und die Möglichkeiten sind, liegt zum Teil im Auge des Betrachters. Die Potentiale werden unserer Einschätzung nach nur in einer engen Kooperation zwischen sportwissenschaftlicher Forschung und Spitzensport nutzbar gemacht werden können.

4 Literatur

Adolphe, R. M., Vickers, J. N. & Laplante, G. (1997). The effects of training visual attention on gaze behaviour and accuracy: A pilot study. *International journal of sports vision, 4*, 28-33.

Causer, J., Holmes, P. S. & Williams, A. M. (2011). Quiet eye training in a visuomotor control task. *Medicine and science in sports and exercise, 43*, 1042-1049. doi: 10.1249/MSS.0b013e3182035de6

Dicks, M., Button, C. & Davids, K. (2010). Examination of gaze behaviors under in situ and video simulation task constraints reveals differences in information pickup for perception and action. *Attention, perception, and psychophysics, 72*, 706-720. doi: 10.3758/app.72.3.706

Dicks, M., Button, C., Davids, K., Chow, J. Y. & van der Kamp, J. (2017). Keeping an eye on noisy movements: On different approaches to perceptual-motor skill research and training. *Sports medicine, 47*, 575-581. doi: 10.1007/s40279-016-0600-3

Gegenfurtner, A., Lehtinen, E. & Saljo, R. (2011). Expertise differences in the comprehension of visualizations: A meta-analysis of eye-tracking research in professional domains. *Educational psychology review, 23*, 523-552. doi: 10.1007/s10648-011-9174-7

Harle, S. K. & Vickers, J. N. (2001). Training quiet eye improves accuracy in the basketball free throw. *Sport psychologist, 15*, 289-305.

Harris, J. D., Quatman, C. E., Manring, M. M., Siston, R. A. & Flanigan, D. C. (2014). How to write a systematic review. *American journal of sports medicine, 42*, 2761-2768. doi: 10.1177/0363546513497567

Hossner, E. J. (2016). Quiet Eye research – Joan Vickers on target. *Current issues in sport science, 1*, Article 100. doi: 10.15203/CISS_2016.100

Loffing, F., Hagemann, N. & Farrow, D. (2017). Perceptual-cognitive training: The next piece of the puzzle. In J. Baker, S. Cobley, J. Schorer & N. Wattie (Hrsg.), *Routledge Handbook of Talent Identification and Development in Sport* (S. 205-218). London: Routledge.

Loffing, F., Tirp, J., Hagemann, N. & Schorer, J. (in Druck). *Systematisches Review: „Eye-Tracking im Spitzensport – Validität, Grenzen und Möglichkeiten“* (Abschlussbericht). Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.

Mann, D. T. Y., Williams, A. M., Ward, P. & Janelle, C. M. (2007). Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis. *Journal of sport & exercise psychology, 29*, 457-478.

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G. & The Prisma Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS medicine, 6*, e1000097. doi: 10.1371/journal.pmed.1000097

Rienhoff, R., Tirp, J., Strauß, B., Baker, J. & Schorer, J. (2016). The ‘quiet eye’ and motor performance: A systematic review based on Newell’s constraints-led model. *Sports medicine, 46*, 589-603. doi: 10.1007/s40279-015-0442-4

Roca, A., Ford, P. R., McRobert, A. P. & Williams, A. M. (2011). Identifying the processes underpinning anticipation and decision-making in a dynamic time-constrained task. *Cognitive processing, 12*, 301-310. doi: 10.1007/s10339-011-0392-1

Vater, C., Roca, A. & Williams, A. M. (2016). Effects of anxiety on anticipation and visual search in dynamic, time-constrained situations. *Sport, exercise, and performance psychology, 5*, 179-192. doi: 10.1037/spy0000056

Vickers, J. N. (2007). *Perception, cognition, and decision training*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Vine, S. J. & Klostermann, A. (2017). 'Success is in the eye of the beholder': A special issue on the quiet eye. *European journal of sport science, 17*, 70-73. doi: 10.1080/17461391.2016.1220629

Vine, S. J., Moore, L. J. & Wilson, M. R. (2011). Quiet eye training facilitates competitive putting performance in elite golfers. *Frontiers in psychology, 2*. doi: 10.3389/fpsyg.2011.00008

Vine, S. J., Moore, L. J. & Wilson, M. R. (2014). Quiet eye training: The acquisition, refinement and resilient performance of targeting skills. *European journal of sport science, 14*, S235-S242. doi: 10.1080/17461391.2012.683815

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

Wettkampfdiagnostik im Tischtennis

(AZ 070602/15-16)

Martin Lames (Projektleitung), Michael Fuchs & Sebastian Wenninger
Technische Universität München, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaften,
Lehrstuhl für Trainingswissenschaft und Sportinformatik

1 Einleitung

In der internationalen Tischtennisszene lässt sich eine zunehmende Professionalisierung beobachten. Fast alle Nationen setzen hierbei auf Verfahren der Spielbeobachtung, wobei Videoanalysen vom Wettkampfgeschehen in mehreren Ländern zum Standard geworden sind. Ziel der vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) unter dem Kennzeichen AZ 070602/15-16 geförderten Projekt war es, die Spielbeobachtung der deutschen Nationalmannschaften auf ein Level zu heben, das bei internationalen Vergleichen einen Wettbewerbsvorteil verspricht. Inhaltlich wurde das Projekt in die Bereiche der *Technologieentwicklung* und *Leistungsdiagnostik* unterteilt.

2 Technologieentwicklung

Auf Basis der Erfahrungen im Beachvolleyball (vgl. Link & Ahmann, 2013) und Goalball (vgl. Link, Weber, & Prokein, 2015) wurden zwei für das Tischtennis spezialisierte Spielanalysetools entwickelt. TableTennisScouter (TT-Scouter) erlaubt eine effiziente Datenerfassung unter Berücksichtigung des sportartspezifischen Spielrhythmus, während TableTennisViewer (TT-Viewer) eine spezifische Datenanalyse ermöglicht. Auf die Frage, warum spezifische Entwicklungen für einzelne Sportarten benötigt werden, obwohl bereits anpassbare Werkzeuge für die Analyse von Sportspielen verfügbar sind (z. B. Simi Scout, Utilius VS, Sportscode), lautet die verkürzte Antwort: die Anpassungsfähigkeit von Standardprodukten ist begrenzt. Neben bestimmten Auswertungsinteressen der jeweiligen Trainerinnen und Trainer, besitzt jede Sportart zusätzlich ihre eigene Logik, ihren Rhythmus und ihre speziellen Rahmenbedingungen. Diese Spezifika lassen sich durch Standardprodukte nur unzureichend abbilden.

Erfahrungen zeigen zudem, dass Analysesoftware vor allen Dingen eines sein muss: leicht und intuitiv zu bedienen. Komplexe anpassbare Spielbeobachtungstools liefern häufig zu viele Optionen und Komplexitäten und können das Programm überfrachten. Sie sind zwar durchaus brauchbar, stellen aber nicht das mögliche Optimum für eine gezielte und zugleich für Trainer und Spieler komfortable Spielanalyse dar.

2.1 TT-Scouter

Der TT-Scouter ist ein speziell auf Tischtennis und die Bedürfnisse der Trainerinnen und Trainer im Deutschen Tischtennis-Verband optimiertes Erfassungswerkzeug, bei dem folgende Konzepte zentral sind:

- Unterstützung von zwei Erhebungswellen
- Live-Erhebung: Beobachtungseinheit „Ballwechsel“
- Nachbearbeitung: Beobachtungseinheit „Schlag“
- Reduktion der manuellen Eingaben durch Berücksichtigung der tischtennisspezifischen Spielcharakteristik
- Optimierung der manuellen Eingabe mit Hilfe von Shortcuts und Klicks direkt in das Videobild.

2.1.1 Live-Erhebung

Aufgrund der Spielcharakteristik ist es sinnvoll, die benötigten Merkmale in zwei „Erhebungswellen“ zu erfassen. In der ersten Erhebungswelle, in welcher das Spiel in Echtzeit analysiert

wird, ist die Beobachtungseinheit der Ballwechsel als Ganzes. Es werden Start- und Endzeitpunkt, die Ballwechsellänge sowie der Aufschläger und Sieger des Ballwechsels erfasst. Das Design der Benutzeroberfläche wurde hierfür mit Blick auf die Minimierung der notwendigen Benutzeraktionen optimiert. Beispielsweise wird mit Klick auf den Sieger des Ballwechsels gleichzeitig das Ende des Ballwechsels festgelegt.

Technisch wird dieser Prozess durch zwei Videomodi unterstützt, zwischen denen flexibel gewählt werden kann. Wird das Match live erfasst, wird zu Beginn der Erfassung ein Synchronisationspunkt festgelegt, über den nachträglich das Videobild synchronisiert werden kann. Falls die Liveerhebung des Matches mithilfe eines Videos durchgeführt wird, werden die Start- und Endzeitpunkte der Ballwechsel entsprechend aus der Videodatei übernommen.

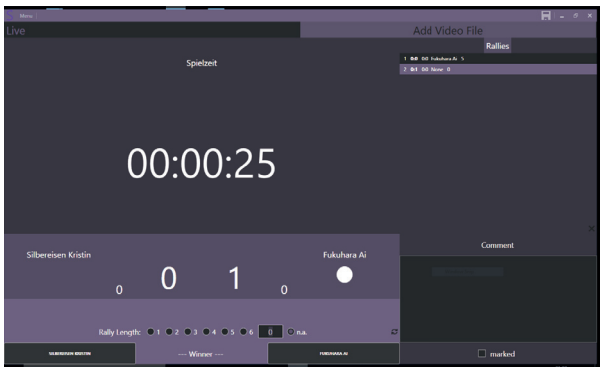


Abb. 1: Oberfläche des Live-Scouters (ohne Video)

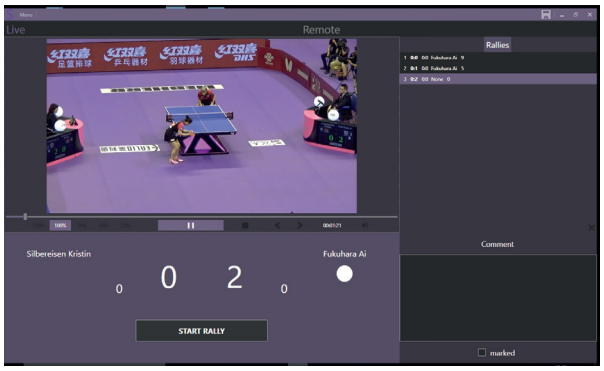


Abb. 2: Oberfläche des Live-Scouters (mit Video)

2.1.2 Nachbearbeitung

In der zweiten Erfassungswelle (nach dem Spiel), wird diese Annotation mittels einer zusätzlichen Oberfläche für die Beobachtungseinheit „Schlag" ergänzt. Die Liveerhebung bereitet die zweite Erfassungswelle vor, indem das Match komplett in Ballwechsel aufgeteilt ist und durch die eingegebene Ballwechsellänge für jeden Schlag ein spezifisches Template zur Dateneingabe der Schlag-Merkmale vorbereitet werden kann. Hier können zu jedem einzelnen Schlag die Merkmale Schlagseite, Schlagtechnik, Platzierung des Balles, Balltreffpunkt, Umlaufen, Eröffnungsball, Aggressivität und Qualität erfasst werden. Für den Aufschlag wurde ein separates Template entwickelt, um z. B. zusätzlich die Position des Aufschlägers oder den Spin des Aufschlages zu erfassen. Mit der Vorbereitung und Einteilung durch die Liveerhebung kann frei durch die Ballwechsel navigiert werden, ohne zusätzlichen Zeitverlust durch die Pausen zwischen den Ballwechseln.

Abbildung 3: Oberfläche des Remote-Scouters

2.1.3 Reduktion der manuellen Eingaben

Um notwendige Eingaben zu reduzieren, berücksichtigt der TT-Scouter tischtennisspezifische Spielcharakteristiken. Zum Beispiel ist durch die Wahl des Aufschlägers zu Beginn eines Spiels für jeden nachfolgenden Ballwechsel der Aufschläger festgelegt. Dadurch kann das System den Aufschläger automatisch aktualisieren, ohne dass der Benutzer eine zusätzliche Eingabe tätigen muss. Ähnlich verhält es sich bei den Merkmalen Spielstand (durch Sieger des vorangegangenen Ballwechsels) und Spielfeldseite (durch Seitenwahl zu Beginn des Spiels festgelegt).

2.1.4 Optimierung der manuellen Eingaben

Durch die sehr kurze Länge eines Ballwechsels ist der Zeitdruck, um währenddessen alle Merkmale einzugeben, enorm hoch und nur per Mausklicks kaum zu bewältigen. Deshalb können für die wichtigsten Merkmale frei wählbare Shortcuts benutzt werden. Da auch Shortcuts für Kombinationen aus Schlagseite und Schlagtechnik möglich sind (z. B. Shortcut für Vorhand Topspin), kann dadurch auch zusätzlich die Anzahl der Eingaben weiter reduziert werden.

Für die Eingabe der Platzierung eines Schlages gibt es, neben dem Klick auf ein 2-D Modell des Tisches, noch die Möglichkeit, die Platzierung direkt im Tisch des Videos anzuklicken. Hierfür wird der Tisch bzw. die Positionen seiner vier Ecken erfasst und der Tisch im Videobild kalibriert. Durch einen Klick auf das Videobild wird dann die Platzierung entsprechend berechnet und auf das 2-D Modell projiziert.

2.2 TT-Viewer

Der TT-Viewer ist ein speziell auf den Tischtennissport und die Bedürfnisse der Trainerinnen und Trainer im Deutschen Tischtennis-Verband optimiertes Analysewerkzeug, bei dem folgende Konzepte zentral sind:

- Verwendung einer klar strukturierten Benutzeroberfläche mit drei Spalten
- Bereitstellung von tischtennisspezifischen Filtermöglichkeiten
- Verschiedene Visualisierungen der gefilterten Ergebnisballwechsel
- Erstellung eines Reports mit Statistiken und Visualisierungen zur Beantwortung leistungsdiagnostischer Fragen.

2.2.1 Struktur der Benutzeroberfläche

Der TT-Viewer bietet eine einfache, mit wenigen Klicks bedienbare Oberfläche ohne Fensterhierarchien und Verzweigungen. Das Programm besteht im Wesentlichen aus einem Fenster mit drei Spalten. Die linke Spalte enthält diverse Filteroptionen, die mittlere Spalte zeigt Ballwechsel als Ergebnis der Filtereinstellungen und die rechte Spalte beinhaltet ein Videofenster mit den üblichen Steuerelementen und einem Bereich, in welchem individuelle Playlists erstellt und verwaltet werden können.

Abb. 4: Oberfläche des Viewers

2.2.2 Filtermöglichkeiten

Kernelement des TT-Viewers sind hierarchisch organisierte Filtermöglichkeiten, die es ermöglichen, Ballwechsel nach bestimmten Kriterien auszuwählen. Hier wird zwischen Filtern für einen ganzen Ballwechsel („Basisfilter" – obere Ebene) und Filtern für einzelne Merkmale von bestimmten Schlägen (untere Ebene) unterschieden. Die Basisfilter enthalten hierbei die Filter für die gespielten Sätze, den Sieger eines Ballwechsels, den Aufschläger eines Ballwechsels, die Ballwechsellänge und „Crunch Time" (entspricht allen Ballwechseln gegen Ende eines Satzes).

Diese Basisfilter können dann mit Filtern für einzelne Schlagmerkmale kombiniert werden (Schlagseite, Schlagtechnik, Spin (Aufschlag), Platzierung, Balltreffpunkt, Umspringen, Eröffnungsball, Aggressivität, Qualität). Hier stehen Templates für die ersten vier und den letzten erfolgreichen Schlag zur Verfügung. Die Merkmalsausprägungen innerhalb eines Merkmals werden dabei mit einem Oder-Operator verknüpft (z. B. „Ballwechsel mit kurzem oder halblangen Aufschlag" – Oder-Verknüpfung von kurzer und halblanger Platzierung). Zwischen den Merkmalen wird mit dem Und-Operator verknüpft („Ballwechsel mit kurzem Aufschlag und Unterschnitt" – Und-Verknüpfung zwischen Platzierung und Spin).

Kombiniert mit den Basisfiltern können so z. B. alle Ballwechsel aus dem ersten Satz angezeigt werden, in welchen Spieler A mit einem kurzen oder halblangen Rückhand-Unterschnitt-Aufschlag in einem Ballwechsel, der höchstens vier Schläge lang ist, einen Punkt erzielt hat (also entweder direkt mit dem Aufschlag oder mit dem darauffolgenden Schlag).

2.2.3 Visualisierungen der Ergebnisballwechsel

Für die Visualisierung der Ergebnisballwechsel gibt es drei Möglichkeiten: Die erste ist eine Listenansicht, die die gefilterten Ballwechsel alle untereinander als Listenelemente mit Informationen zum Ballwechsel (Ballwechselnummer, Spielstand, Aufschläger, Sieger, Ballwechsellänge) anzeigt. Die zweite Möglichkeit ist der sogenannte „große Tisch". Je nach ausgewähltem Schlagnummer-Template in der Filterspalte (1.-4. oder letzter Schlag), wird der jeweilige Schlag aller Ergebnisballwechsel auf einem Tisch dargestellt (siehe Abb. 5 „großer Tisch"). Dabei sind die Schlagmerkmale optisch codiert (Schlagtechnik = Form + Farbe, Schlagseite = Linienstruktur). D.h. bei ausgewähltem Aufschlagfilter werden auf dem „großen Tisch" die Aufschläge aller gefilterten Ballwechsel gleichzeitig angezeigt. Die dritte Möglichkeit sind die sogenannten „kleinen Tische". Hier wird ein Ballwechsel durch einen Tisch repräsentiert, auf welchem die ersten vier Schläge des jeweiligen Ballwechsels eingezeichnet sind (siehe Abb. 6 „kleine Tische"). Die einzelnen Schläge sind identisch kodiert, wie auf dem großen Tisch.

Der „große Tisch" gibt sozusagen einen Überblick über einzelne Schläge aller Ballwechsel (z. B. wohin schlägt Spieler A vermehrt auf oder welche Technik benutzt Spieler B überwiegend beim Rückschlag), wohingegen die „kleinen Tische" auf der Grundlage eines bestimmten Filters Einsicht über mögliche typische Spielzüge geben bzw. mögliche Gesetzmäßigkeiten innerhalb einer Rally aufdecken können (z. B. bei kurzen Aufschlägen von Spieler A ist der Rückschlag von Spieler B häufig lang und Spieler A versucht

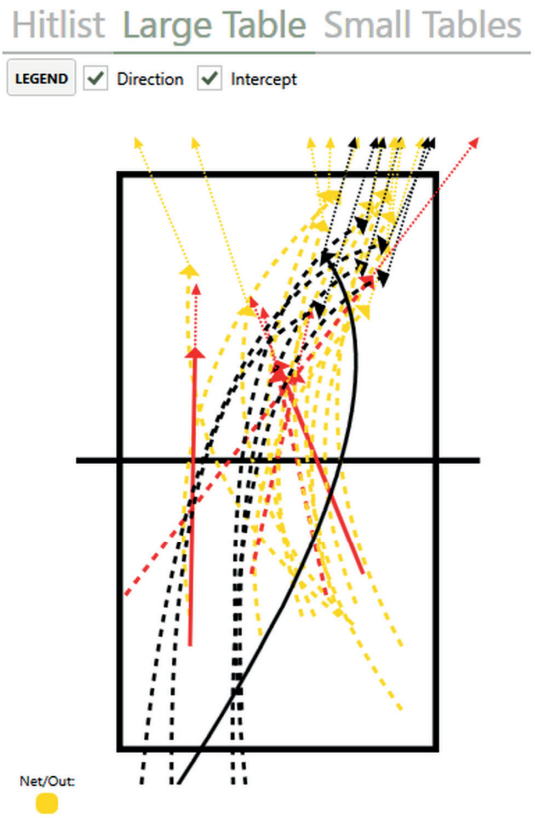


Abb. 5: großer Tisch

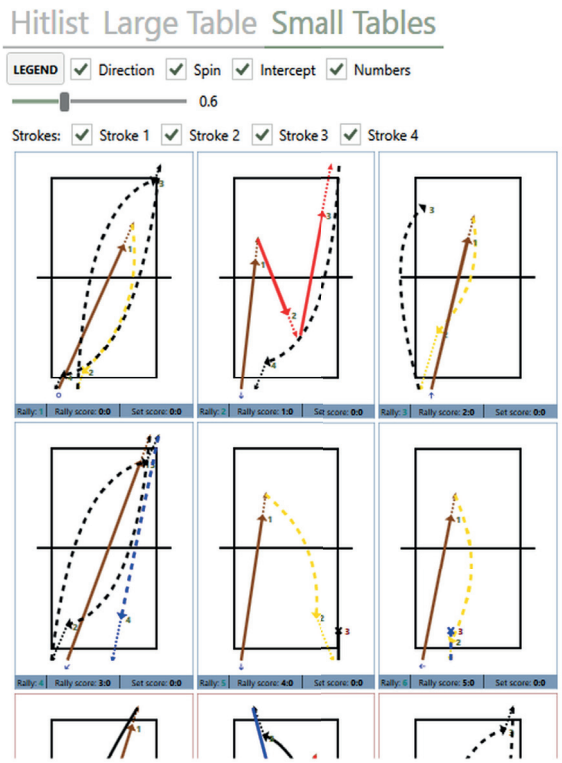


Abb. 6: kleine Tische

darauf immer Vorhand-Topspin zu spielen).

Bei allen drei Varianten der Visualisierung wird bei Klick auf das entsprechende Element (Listenelement/Pfeil auf großem Tisch bzw. kleiner Tisch) im Videoplayer der dazugehörige Ballwechsel abgespielt.

2.2.4 Reporterstellung

Es wurde ein Report-Werkzeug entwickelt, welches einen auf die individuellen Wünsche der Trainerinnen und Trainer bzw. Spielerinnen und Spieler angepassten Report mit diversen Statistiken und Visualisierungen generieren kann. Hierbei kann der Benutzer aus allgemeinen Statistiken zum Spiel und detaillierten Statistiken zu einem der beiden Spieler auswählen. Die allgemeinen Statistiken umfassen dabei Basisinformationen zum Spiel (Ergebnis, Anzahl gewonnener Punkt/Aufschläge), den Punktverlauf, Verteilungen der Ballwechsellängen, Match Dynamics, Übergangsmatrizen und diverse Indizes-Berechnungen. Zusätzlich können zu jedem Spieler bzw. zu jeder Spielerin Statistiken zu Merkmalausprägungen bei den ersten vier bzw. dem punktbringenden Schlag angezeigt werden. Die Statistiken können sich hierbei auf das ganze Spiel, einzelne Sätze oder auch frei wählbare Kombinationen aus Sätzen beziehen. Statistiken/Visualisierungen zu den einzelnen Schlägen können erstellt werden zu: Schlagseite, Spin (Aufschlag), Technik, Platzierung, Umlaufen und einer Kombination aus Technik und Platzierung. Zusätzlich zur Verteilung der Merkmalsausprägung wird auch jeweils die Anzahl der daraus resultierenden Punkterfolge, direkten Punkterfolge oder Punktverluste angezeigt.

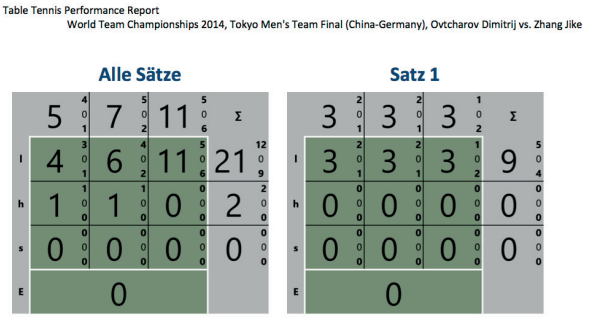


Abb. 7: Ausschnitt aus Report – Platzierung

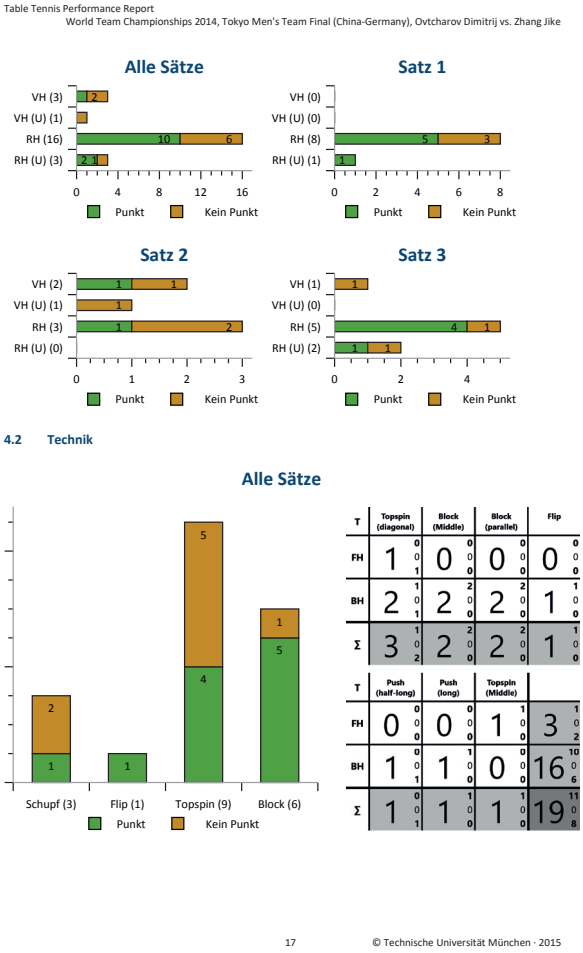


Abb. 8: Ausschnitt aus Report – Technik

3 Leistungsdiagnostik

Die leistungsdiagnostische Komponente des Projektes lässt sich in die Bereiche Theoretische und Praktische Leistungsdiagnostik unterteilen. Im ersten Fall ist eine Aufklärung der Leistungsstruktur in Form von generalisierten Zusammenhangsaussagen zwischen Leistungskomponenten angestrebt, während bei der Praktischen Leistungsdiagnostik die methodische Unterstützung bei der Generierung von trainingspraktischen Hinweisen oder die Entwicklung von Wettkampfstrategien im Vordergrund steht (Lames & McGarry, 2007).

Im Bereich der *Praktischen Leistungsdiagnostik* wurden erfolgreich erste Testläufe der Software (sowohl auf Windows, als auch auf Mac Rechnern, auf denen Windows über Bootcamp betrieben wurde) bei internationalen Turnieren wie z. B. der Europameisterschaft der Erwachsenen durchgeführt. Hier wurden mit Hilfe des Live-Scouters Spiele der möglicherweise kommenden Gegnerinnen und Gegner in Echtzeit analysiert und zwischen den jeweiligen Runden einer Spielerin mit Hilfe des Viewers präsentiert. Innerhalb eines Turniers ist die Zeit der begrenzende Faktor, weshalb dort wohl der Live-Souter ohne umfangreiche Nachbearbeitung das Mittel zur Wahl bleiben dürfte. Bei der Vorbereitung auf ein Turnier können detaillierte Analysen erstellt werden.

In der *Theoretischen Leistungsdiagnostik* wurde unter anderem die Ballwechsellänge, abhängig von Geschlecht und Ranking untersucht. Hier wurden vor allem im Bereich der absoluten Weltklasse signifikant höhere Ballwechsellängen bei den Damen als bei den Herren festgestellt (Fuchs & Lames, 2015).

Zusätzlich wurden Spiele mit Hilfe von finiten Markov-Ketten und numerischer Ableitung simuliert. Hier wurde die hohe Bedeutung der langen Ballwechsel festgestellt, und dass ein risikoreicherer Spielstil sich nur für den verlierenden Spieler lohnen würde (Wenninger & Lames, 2016)

4 Fazit

Aus Sicht der Sportinformatik konnte durch die Abbildung von spezifischem Tischtenniswissen in das Softwarepaket nicht nur eine effiziente Datenerfassung erreicht werden, sondern auch dem spezifischen Erkenntnisinteresse der Trainerinnen und Trainer Rechnung getragen werden. Die automatisierte Eingabe von manchen Parametern, entlastet die Dateneingabe zusätzlich und liefert ein Beispiel in eine teilautomatisierte Spielbeobachtung.

Abb. 9: Ballwechsellängen (Ordinatenachse) im Weltklasse-Tischtennis aufgeteilt nach Spielkategorien („top class" = aktuell weltbesten Chinesen unter den Top 4 bzw. 5 der Weltrangliste, „top 20" = Spielerinnen und Spieler unter den Top 20 der Weltrangliste, „over 20" = Spielerinnen und Spieler mit einer Weltranglistenposition > 20)

Aus Sicht der Sportpraxis können zwei Ziele erreicht werden: Erstens steht den Deutschen Nationalteams ein Werkzeug zur Verfügung, das einen unmittelbaren Wettbewerbsvorteil darstellen könnte. Zweitens konnten bereits erste Strukturanalysen durchgeführt werden, die dazu beitragen, die Leistungskomponenten im Tischtennis nicht nur besser zu verstehen, sondern auch wissenschaftlich abzusichern.

5 Literatur

Fuchs, M., & Lames, M. (2015). Rally length in top level table tennis. *Book of abstracts of the 14th ITTF Sports Science Congress and 5th World Racquet Sports Congress, 25*.

Lames, M., & McGarry, T. (2007). On the search for reliable performance indicators in game sports. *International journal of performance analysis in sport, 7* (1), 62-79.

Link, D., & Ahmann, J. (2013). Spielanalyse im Beachvolleyball. *Leistungssport, 43* (1), 58-63.

Link, D., Weber, C., & Prokein, T. (2015). *Leistungsdiagnostik Goalball.* Unveröffentlichter Endbericht zum BISp-Projekt (IIA1-070406/14): Technische Universität München.

Wenninger, S., & Lames, M. (2016). Performance Analysis in Table Tennis - Stochastic Simulation by Numerical Derivation. *International journal of computer science in sport, 15* (1), 22-36.

Steigerung des motorischen Lernens in den technisch-akrobatischen Sportarten durch Optimierung der Konsolidierungsphase: eine Labor- und Feldstudie

(AZ 070610/14-16)

Marco Taubert[1] *(Projektleitung)& Jürgen Krug*[2]

[1]Universität Magdeburg, Lehrstuhl Trainingswissenschaft, Schwerpunkt „Kognition und Bewegung“; Center for Behavioral Brain Sciences, Magdeburg; Max-Planck-Institut, Leipzig;
[2]Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät

Die Projektbearbeiter bedanken sich beim Direktor des Max-Planck-Instituts für Kognitions- und Neurowissenschaften (Leipzig) für die Unterstützung der Untersuchungen.

1 Problem

In einer Vielzahl von Sportarten ist das motorische Lernen in Form des Techniktrainings eine wesentliche Komponente der Leistungsstruktur. Von besonderer Bedeutung ist das Erlernen und Vervollkommnen sportlicher Techniken im Nachwuchstraining. Aus Sichtung der bestehenden sportwissenschaftlichen Literatur wird deutlich, dass sich die Forschungsbestrebungen zum Techniktraining vor allem darauf konzentrierten, die Effektivität von Übungseinheiten (z. B. die Reihenfolge der einzelnen Übungen einer Übungseinheit betreffend) zu erhöhen (Schnabel, Krug & Panzer, 2007; Schmidt & Wrisberg, 2008; Wulf, Shea & Lewthwaite, 2010). Auch wenn das aktive Üben einer Fertigkeit und die optimale Gestaltung dieses Übungsprozesses den wohl bedeutendsten Einfluss auf den Erfolg des motorischen Lernens haben, vollziehen sich die entscheidenden neurobiologischen Veränderungen für eine überdauernde Speicherung des Gelernten im Gehirn, *nach* dem aktiven Übungsprozess (Trempe & Proteau, 2012). Dieses Zeitfenster wird als Konsolidierungsphase bezeichnet und kann durch neuromodulatorisch wirksame Interventionsmaßnahmen zum Zwecke einer überdauernden Leistungsmodifikation beeinflusst werden (Müllbacher et al., 2002; Taubert et al., 2015).

Am Beispiel neuromodulatorischer Voraktivierungsstrategien konnte in einer Reihe von Untersuchungen der eigenen Arbeitsgruppe eine überdauernde Steigerung der motorischen Lernleistung in einer komplexen Ganzkörperaufgabe nachgewiesen werden (IIA1-070613/12-13; siehe Taubert & Krug, 2015). Die Entwicklung neuer Software zur Videoanalyse[1] ermöglichte in diesen Untersuchungen zudem eine Erprobung von Voraktivierungsstrategien im Nachwuchsleistungssport im Wasserspringen und Gerätturnen (Warninck et al., 2014). Aufgrund der instabilen Leistungsentwicklung, insbesondere beim Neulernen einer motorischen Fertigkeit, ist es jedoch zweckmäßig, die Effektivität neuromodulatorischer Intensivierungsmaßnahmen *nach* einer aktiven Übungseinheit (also in der Konsolidierungsphase) stärker in den Fokus der Forschungen zu rücken. Hierzu wurden im vorliegenden Projekt Labor- und Felduntersuchungen im Wasserspringen und Gerätturnen durchgeführt und eine Steigerung der motorischen Lern- und Behaltensleistung angenommen.

2 Methode

Das Projekt wurde in Anlehnung an grundlagen- und anwendungsorientierte Untersuchungen der eigenen Arbeitsgruppe durchgeführt (Taubert et al., 2010; Taubert & Krug, 2015) und setzte

1 Das Auswertprogramm utilius vimes Salto wurde auf der Basis der Vorgaben der Projektgruppe von der Firma CCC software GmbH entwickelt.

sich aus einer Laborstudie und 2 Feldstudien zusammen. Im Laborexperiment sollte der Nachweis erbracht werden, dass ein submaximales Aktivierungsprogramm auf dem Fahrradergometer (SAP) während der Konsolidierungsphase eine Effektivierung motorischer Lernprozesse bewirkt. Hierfür kam ein experimenteller Zwei-Gruppen-Versuchsplan zum Einsatz, wobei die Versuchsgruppe das SAP absolvierte und die Kontrollgruppe in dieser Zeit ruhte. Submaximale Belastungsprogramme sind in der Lage, Nervenwachstumsfaktoren im Gehirn freizusetzen und trainingsbedingte Anpassungen des Gehirns zu beeinflussen. Der Einfluss des SAP wurde anhand eines bereits etablierten motorischen Lernparadigma (Stabilometer) untersucht (Wulf et al., 2001). Zudem konnten durch die mehrwöchige Versuchsanordnung ebenfalls Effekte des SAP auf die Rekonsolidierung von motorischen Gedächtnisinhalten abgeschätzt werden. Einen Transfer dieser Laborergebnisse in die Sportpraxis erreichten wir in 2 Feldstudien im Wasserspringen und Gerätturnen. Dazu wurden mit einem Cross-over-Design jeweils zwei Mesozyklen im Gerätturnen und Wasserspringen verglichen (Abb. 1). Im ersten Mesozyklus wurde ein definiertes submaximales Belastungsprotokoll als neuromodulatorische Nachaktivierung am Ende der Trainingseinheit eingesetzt. Im darauffolgenden zweiten Mesozyklus wurde das Training ohne Nachaktivierung beendet. Die Mesozyklen hatten im Wasserspringen eine Dauer von 6 Wochen. Pro Woche wurden 2 Trainingseinheiten für das Experimentaltraining verwendet. Periodisierungsbedingt wurden im Gerätturnen die beiden Mesozyklen auf 3 Wochen reduziert. Für die Nachaktivierung wurden sportartspezifische Programme mit akrobatischen Elementen eingesetzt, die mittels Pulsuhr (Polar RS800CX GPS) kontrolliert wurden. Die Vorgaben des submaximalen Belastungsprotokolls entsprachen den Angaben von Taubert und Krug (2015). Ein Beispiel eines Nachwuchssportlers im Wasserspringen ist aus Abb. 2 zu entnehmen. Der analytische Fokus der motorischen Lernaufgabe lag bei den Feldstudien auf der Verbesserung der Aufstreckbewegung vor dem Eintauchen beim Kopfsprung rückwärts gehockt im Wasserspringen bzw. vor der Landung nach dem ersten Salto vorwärts gehockt in einer akrobatischen Reihe im Gerätturnen.

Die Stichprobe der Laboruntersuchung setzte sich aus 37 Sportstudierenden zusammen, die randomisiert in 2 Gruppen gelost wurden:

- Kontrollgruppe (N = 18 [9 w, 9 m]), Alter: 23,6 Jahre; Körperhöhe: M: 174 cm; Initialleistung Stabilometer: 6,4 s)
- Versuchsgruppe (N = 19 [9 w, 10 m], Alter: 23,8 Jahre; Körperhöhe: M: 179,3 cm; Initialleistung Stabilometer: 5,9 s).

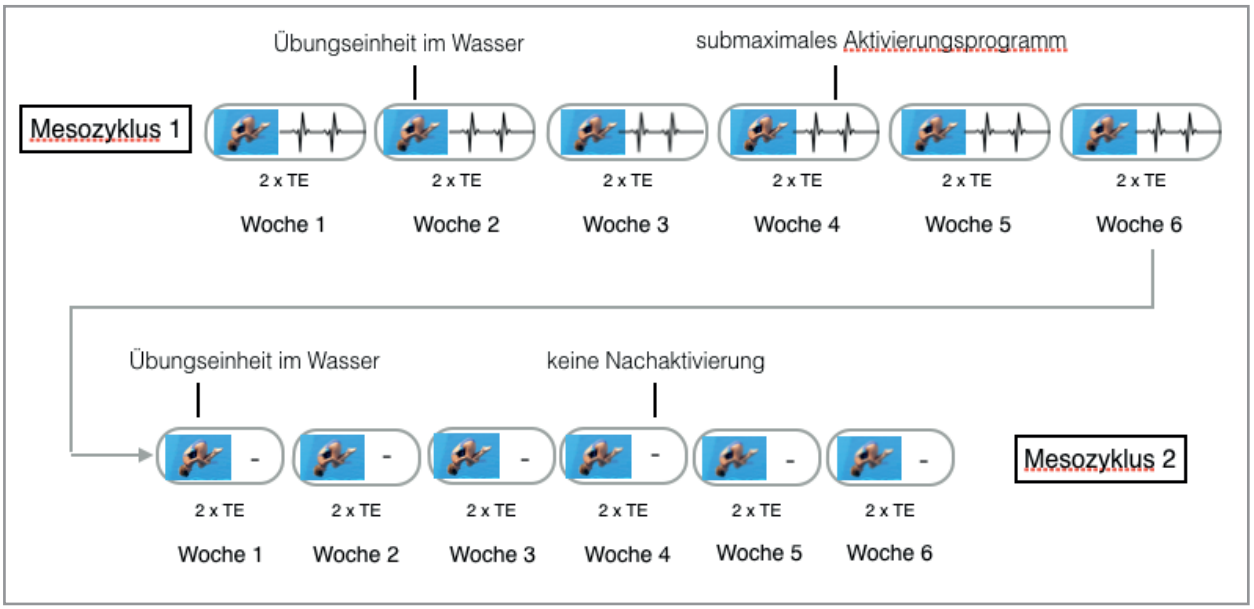


Abb. 1: Untersuchungsdesign für die Feldstudie im Wasserspringen (TE = Trainingseinheit).

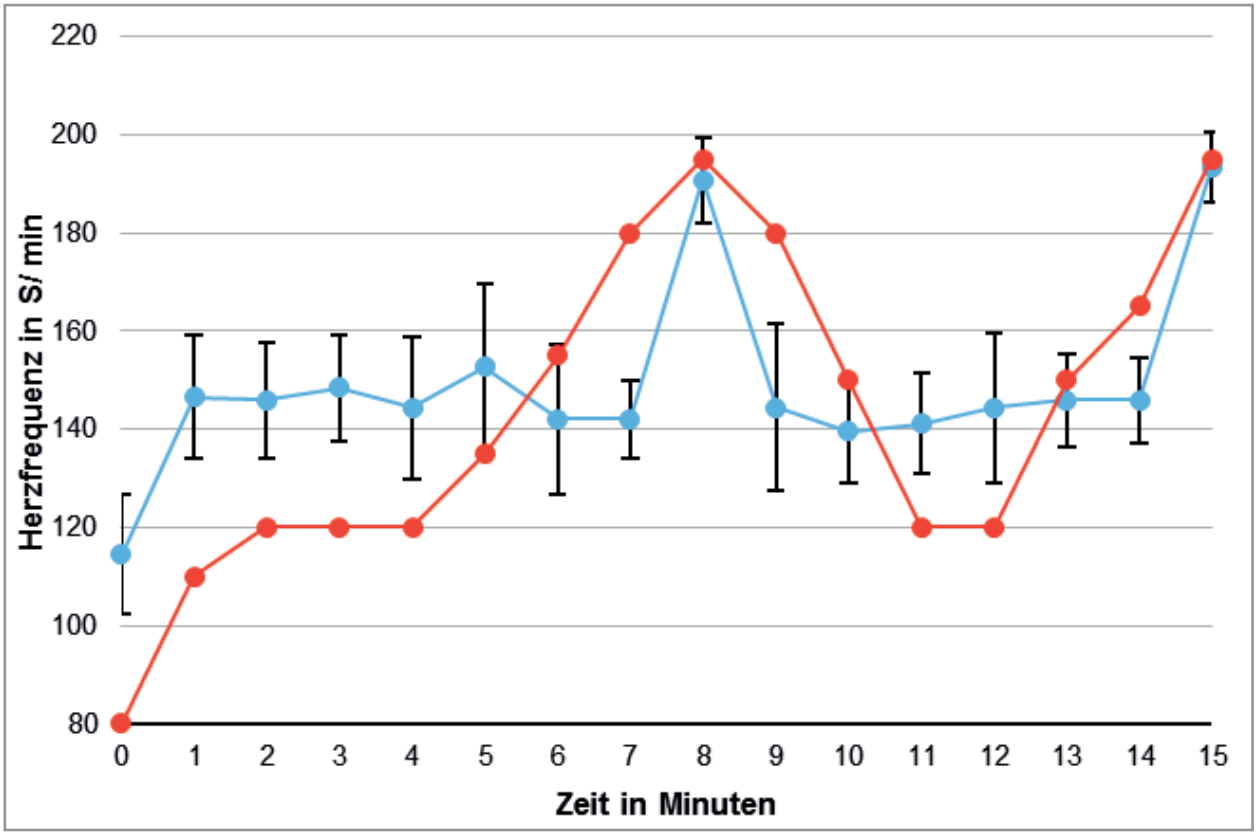


Abb. 2: Verlauf der mittleren Herzfrequenzen während des submaximalen Aktivierungsprogramms (—Soll- und—Ist-Wert)

Für das Laborexperiment wurden fünf Untersuchungstage angesetzt, die jeder Proband in einem Zyklus von 14 Tagen durchlief. Die Konzeption des Experiments sah zwei Lerntrainingseinheiten (1. und 3. Untersuchungstag; *early and late learning*) im Abstand von einer Woche vor, denen jeweils zwei Retentionstests im Abstand von je einem Tag (*early retention*) bzw. einer Woche (*late retention*) folgten. Als Parameter zur Berechnung der Lern- und Behaltensleistung auf dem Stabilometer wurde die „Zeit in der Mittelposition" von ±3° in Sekunden in jedem Übungsdurchgang erfasst und statistisch anhand der Differenz aus den Mittelwerten der beiden besten Versuche aus dem Lerntraining und dem Retentionstest getestet (*difference score*).

Im Anschluss an beide Lerntrainingseinheiten führte die Versuchsgruppe einen fahrradergometrischen Stufentest bis Abbruchkriterium durch (SAP), während die Kontrollgruppe eine zehnminütige Ruhepause im Sitzen oder Liegen verbrachte.

In der Sportart Wasserspringen fand das Feldexperiment mit zwei Nachwuchstrainingsgruppen der C- und D-Jugend am Bundesstützpunkt Wasserspringen in Leipzig statt. Zu diesen Trainingsgruppen gehörten insgesamt 10 Sportler (4 männliche und 6 weibliche) im Alter von 9 - 11 Jahren. Im Gerätturnen absolvierten insgesamt 15 Nachwuchsturnerinnen des Turn- und Gymnastikclubs Leipzig das Feldexperiment, wovon sieben ($N = 7$, $M_{Alter} = 10.5$ Jahre) am ersten Mesozyklus mit Nachaktivierungsstrategie und acht ($N = 8$, $M_{Alter} = 10.2$ Jahre) am zweiten Mesozyklus ohne Nachaktivierungsstrategie teilnahmen. Die Auswertung erfolgte videogestützt mit dem Auswertprogramm utilius vimes Salto (vgl. Warninck, Roßberg, Taubert & Krug, 2014). Die Lernleistung wurde auf der Basis der Differenz zu den Vorgabewerten der definierten Bewegungsposen (vgl. Abb. 3) berechnet.

Signifikante Effekte des SAP auf die Stabilometerleistungen in den Behaltenstests wurden varianzanalytisch mit SPSS überprüft. Die Homogenität der Stichprobe in demografischen

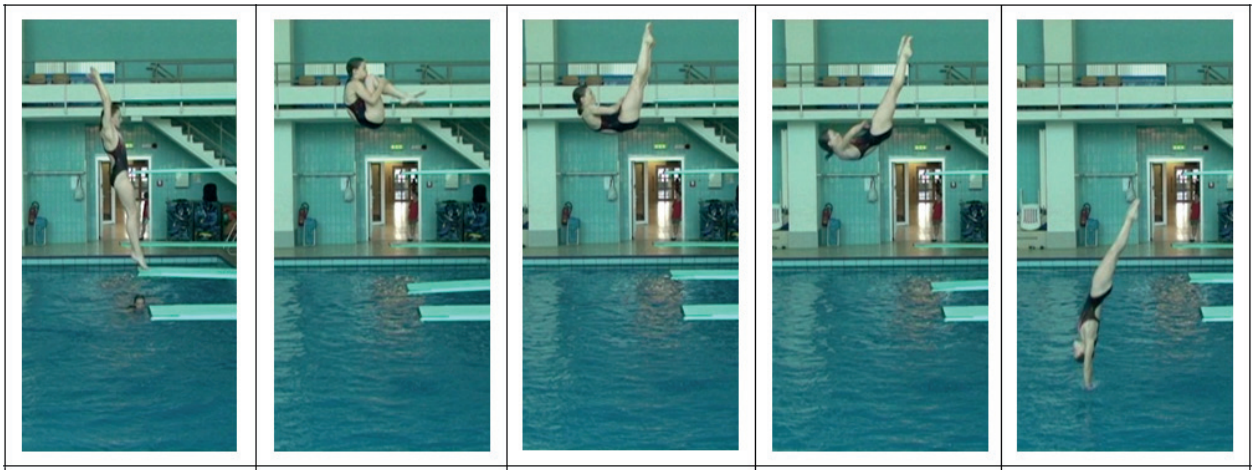


Abb. 3: Bewegungsablauf eines Kopfsprungs rückwärts gehockt (1m-Brett) mit den relevanten Posen.

und anthropometrischen Variablen wurde eingangs mit ungepaarten, zweiseitigen t-Tests analysiert (in Fällen mit Normalverteilungs-Verletzung wurden MWU-Tests gerechnet). Als Signifikanzgrenze wurde $p < 0.05$ verwendet. In gleicher Weise wurden die Effekte des SAP auf die Verbesserung des jeweiligen sportechnischen Bewegungsablaufs in den Feldexperimenten geprüft.

3 Ergebnisse

Im Folgenden werden ausgewählte Ergebnisse des Laborexperiments und der beiden Felduntersuchungen vorgestellt.

3.1 Laborexperiment

Vor Beginn der Untersuchung wiesen Versuchs- und Kontrollgruppe keine signifikanten Unterschiede im Alter (p=.80), Körpergewicht (p = .40), BMI (p = .43) sowie in der Initialleistung auf dem Stabilometer (p = .85) auf. Ein signifikanter Unterschied zeigte sich im Körpergewicht (p = .04). Das Körpergewicht wurde deshalb als mögliche konfundierende Variable in die nachfolgenden varianzanalytischen Tests integriert.

Die Entwicklung der Stabilometerleistung beider Gruppen über die Zeit ist in Abb. 4 aufgetragen. Die varianzanalytische Überprüfung der Behaltenstestleistungen (Abb. 5; Faktor GRUPPE 2-fach gestuft und Faktor ZEIT 4-fach gestuft) ergab einen signifikanten Haupteffekt GRUPPE (F (1, 34) = 4.76, p = .04, η^2_p = 0.123), keinen signifikanten Haupteffekt ZEIT (F (1.77, 60.26) = 1.28, p = .28, η^2_p = 0.036) sowie keinen signifikanten Interaktionseffekt (F (1.77, 60.26) = 0.03, p = .96, η^2_p = 0.001).

3.2 Feldstudie Wasserspringen[2]

Aufgrund des umfangreichen Datenmaterials der videogestützen Analysen bei 12 Sprüngen pro Trainingseinheit, 12 Trainingseinheiten pro Mesozyklus und 5 Posen mit 4 Winkeln (5760 Daten pro Sportler) war ein schrittweises Vorgehen bei der Auswertung erforderlich. Basierend auf den Erfahrungen der Voraktivierungsstudie (vgl. Taubert & Krug, 2015) wurden zunächst explorative Verlaufsanalysen zu Winkelverläufen (Abb. 6) und eine Gesamtübersicht zu den Differenzen zwischen dem 1.und 2. Mesozyklus erstellt, auch um unnötiges multiples Testen aller Leistungswerte über alle 12 Trainingseinheiten zu vermeiden und primäre Endpunkte der Untersuchung festzulegen (vgl. Bender, Lange & Ziegler, 2007). Die Übersicht ist in Tab. 1 zusammengestellt.

2 Die Auswertung basiert auf der Masterarbeit von Becker (2016).

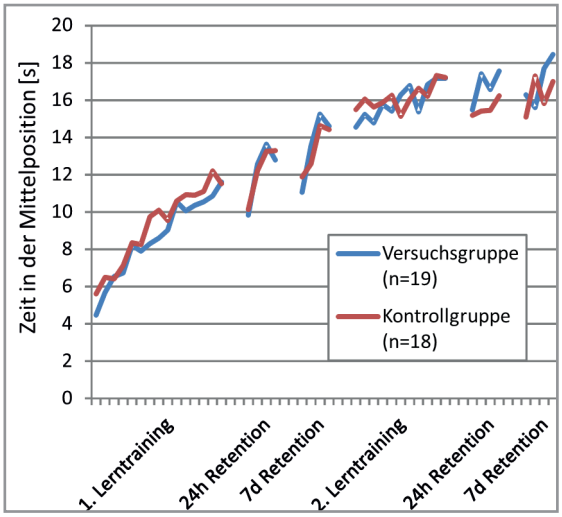


Abb. 4: Gruppenmittelwerte der Stabilometerleistung (Zeit in der Mittelposition) von Versuchs- und Kontrollgruppe über die gesamte Untersuchung. Im 1. Lerntraining wurden 15 und im 2. Lerntraining 11 Durchgänge absolviert. In allen Retentionstests erhielten die Testpersonen 4 Durchgänge.

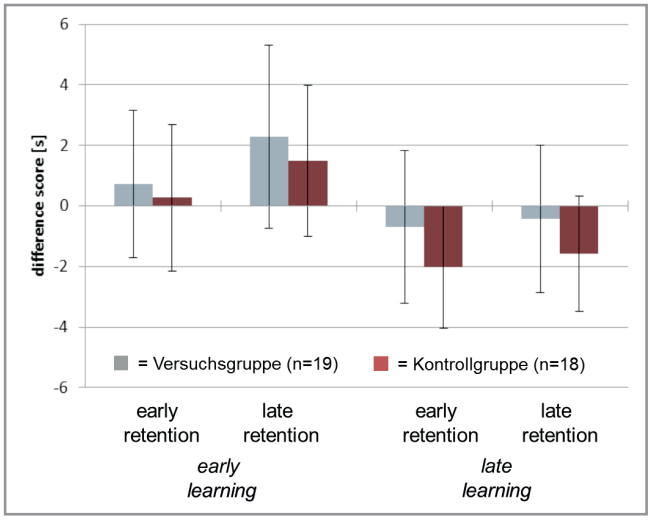


*Abb. 5: Gruppenmittelwerte und Standardabweichung der Behaltensleistungen 24 h sowie 7 d nach dem 1. und 2. Lerntraining in Versuchs- und Kontrollgruppe. Positive Werte im **difference score** zwischen den Gruppen deuten auf eine Verbesserung der Stabilometerleistung von Lerntraining zum jeweiligen Behaltenstest (sog. offline Lerneffekte; z. B. beim **early learning**), wohingegen weniger negative Werte eine bessere Leistungsstabilisierung nahelegen (sog. offline Stabilisierung; z. B. beim **late learning**).*

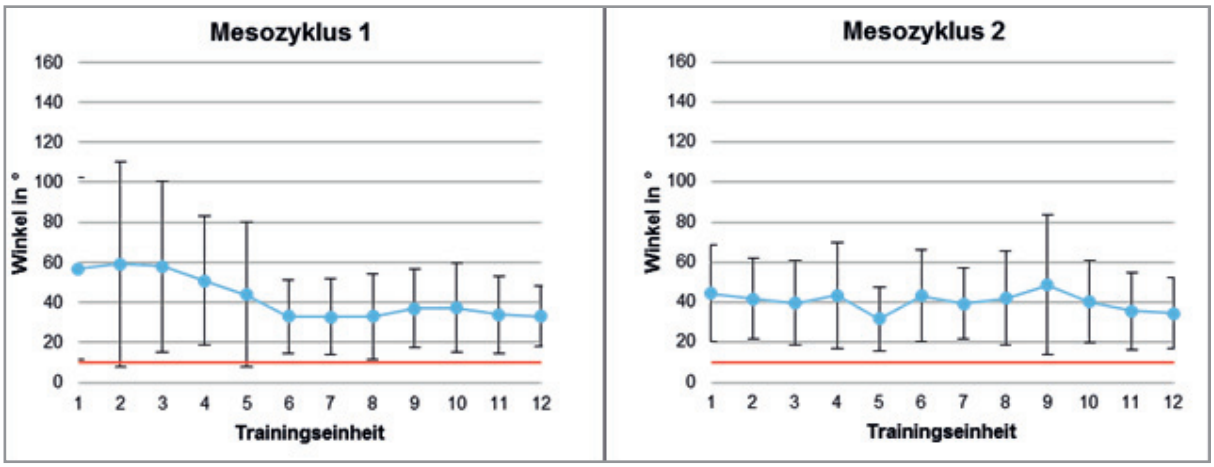


Abb. 6: Verlaufsanalyse des Schulterwinkels während der Pose Öffnen. Die blauen Linien zeigen die jeweiligen Gruppenmittelwerte als Ist-Wert, während die roten Linien den Soll-Wert im Technikleitbild darstellen.

Tab. 1: Mittelwertvergleiche beider Mesozyklen (+ = besserer Wert; - = schlechterer Wert; 0 = keine Unterschiede; x = nicht untersucht)

	Absprung	Hocken	Strecken	Öffnen	Eintauchen
Schulterwinkel	-	x	x	-	x
Hüftwinkel	-	-	-	x	0
Kniewinkel	x	+	x	x	x
Rotationswinkel	x	x	x	x	-

Der in Tab. 1 mit positivem Vorzeichen herausgehobene Kniewinkel in der Pose Hocken wurde mittels Varianzanalyse mit Messwiederholung auf signifikante Effekte getestet. Es gab jedoch keine Gruppen-, Zeit- oder Interaktionseffekte. Da die übliche Varianzanalyse eine erhebliche Informationsreduzierung pro Trainingseinheit (arithmetischer Mittelwert der 12 Versuche) nach sich zieht, wurde auch ein Ansatz mit Mixed models (u. a. Hox, 2010; Raudenbush & Bryk, 2002) for repeated measures unter Einbeziehung aller Versuche pro Trainingseinheit im Messwiederholungsdesign gerechnet. Aber auch mit dieser Erweiterung ergaben sich keine signifikanten Effekte. Mithin ließen sich keine Vorteile der Nachaktivierung im Sinne eines Konsolidierungseffekts im Feldexperiment der Nachwuchswasserspringer ermitteln.

3.3 Feldstudie Gerätturnen[3]

Im Mittelpunkt der Auswertung wurde das Aufstrecken in der Position Landung gestellt. Als Endphase des ersten Salto vorwärts gehockt dient diese Position zugleich als Vorbereitung für den nachfolgenden Salto. Eine gute technische Ausführung ist somit Voraussetzung für das Gelingen der akrobatischen Vorwärtsreihe. Die Dateninspektion zeigte keine Normalverteilung, deshalb wurden parameterfreie Verfahren für die statistische Auswertung verwendet (Mann-Whitney-U-Test und Friedman-Test). Das Signifikanzniveau wurde wiederum mit α = 5 % festgelegt.

Im Gegensatz zum Wasserspringen brachte die Aktivierungsstrategie in der Konsolidierungsphase einer Trainingseinheit bei den Turnerinnen signifikant bessere Schulter- ($z = -3.17$, $p = 0.002$), Hüft- ($z = -7.27$, $p = 0.000$) und Kniewinkelwerte ($z = -4.22$, $p = 0.000$) im Vergleich zu den Turnerinnen, bei denen das Aktivierungsprogramm nicht zur Anwendung kam. Es ist allerdings noch darauf hinzuweisen, dass die ausgewerteten Körperwinkel in größerer Distanz zum sporttechnischen Optimum liegen. Insofern stehen die Turnerinnen noch am Anfang der sporttechnischen Vervollkommnung der akrobatischen Reihe.

[3]Die Auswertung basiert auf dem Artikel von Neubert, Krug und Taubert (2017)..

4 Diskussion und Fazit

Mit dem Ziel einer Gegenüberstellung von verschiedenen Intensivierungsstrategien zum motorischen Lernen orientierte sich die methodische Bearbeitung des vorliegenden Projekts an den empirischen (Vor-)arbeiten der eigenen Arbeitsgruppe. Um die vorliegenden Befunde entsprechend einordnen zu können, sollen die Hauptergebnisse kurz zusammengefasst werden: In der Laboruntersuchung konnten signifikant bessere Retentionsleistungen durch intensive, fahrradergometrische Nachbelastungen in den Konsolidierungsphasen einer Stabilometeraufgabe nachgewiesen werden, wobei sich dieser Nachbelastungseffekt unspezifisch für die Lernphasen (early and late learning) und Retentionsintervalle (24 h, 7 d) abbildete. Die Felduntersuchungen im Turnen zeigten signifikante Leistungsverbesserungen im Verlauf eines Mesozyklus durch intensive Nachbelastungen am Ende einer Trainingseiheit, wohingegen keine signifikanten Verbesserungen im Wasserspringen detektiert werden konnten.

Tab. 2: Vergleich der Leistungsentwicklung zwischen dem 1. und 2. Mesozyklus (+ = signifikant besserer Wert; - = signifikant schlechterer Wert).

Position	SAP	Schulterwinkel	Hüftwinkel	Kniewinkel
	als Nachaktivierung	+	+	+
	ohne SAP	-	-	-

Die Lernverbesserungen unter standardisierten Laborbedingungen bestätigen tendenziell die Ergebnisse früherer Studien (u. a. Roig et al., 2012) zur Steigerung motorischer Lernleistungen bei manuellen Bewegungsaufgaben (wenig zu kontrollierende Freiheitsgrade) sowie die Ergebnisse eigener Arbeiten zur neuromodulatorischen Voraktivierung (Taubert & Krug, 2015). Jedoch ist zu konstatieren, dass insbesondere

eine 2-wöchige Voraktivierung einen deutlicheren Effekt auf die Leistungsentwicklung auf dem Stabilometer ausübte als die Nachbelastungsstrategie in der (Re-)Konsolidierungsphase. Diese Unterschiede führen wir schwerpunktmäßig auf die höhere Anzahl an Voraktivierungseinheiten (8 Einheiten vs. 1 Nachbelastungseinheit) und die damit einhergehenden, veränderten neurobiologischen Stimulationsvorgänge (Taubert et al., 2015) zurück. Dennoch bleibt die Nachbelastungsstrategie für das Techniktraining hochrelevant, da auf instabile Leistungsveränderungen beim Neulernen einer Bewegungstechnik (z. B. durch Leistungsrückgang im Training) flexibel seitens des Trainers reagiert werden kann. Hier wird weiterer Forschungsbedarf zur Intensivierung von Lernprozessen deutlich, den wir primär in einer Restrukturierung und zeitlichen Anordnung der Nachbelastungseinheiten sehen (vgl. van Dongen et al., 2016). Positiv gestaltete sich die Erprobung der Nachbelastung in das Nachwuchstraining im Turnen. Die Nachbelastungsgruppe wies hier eine bessere Leistungsentwicklung auf. Diese vielversprechenden Ansätze erfordern weitere empirische Bestätigung bei ähnlichen Trainingsanforderungen. Bemerkenswert sind die Unterschiede im Effekt der Nachaktivierung im Wasserspringen und Turnen. Da die Nachwuchssportlerinnen und -sportler im vergleichbaren kalendarischen und Trainingsalter liegen, wären möglicherweise Unterschiede im Entwicklungsstand der sporttechnischen Fertigkeit als Ursache zu vermuten. Es sind jedoch weitere Untersuchungen erforderlich, um genauere Begründungen zur Wirksamkeit von Nachaktivierungsstrategien zur Unterstützung des Konsolidierungsprozesses bei der Herausbildung sporttechnischer Fertigkeiten zu erarbeiten.

Die Labor- und Feldstudien geben Hinweise auf positive Wirkungen einer Nachbelastung beim sportmotorischen Lernen. Dies gilt es in weiteren Studien zu bestätigen bzw. zu optimieren und auf weitere sportartspezifische Bewegungsabläufe auszudehnen. Bei der Strukturierung von Übungseinheiten ist der zeitlichen Abfolge koordinativer und konditioneller Belastungsformen zur Intensivierung der Konsolidierungsphase eine stärkere Bedeutung beizumessen.

5 Literatur

Becker, P. (2016). *Zur Lernwirksamkeit einer Nachaktivierung im Wasserspringen*. Unveröffentlichte Masterarbeit. Universität Leipzig.

Bender, R., Lange, S. & Ziegler, A. (2007). Multiples Testen. *Deutsche Medizinische Wochenschrift, 132*, e26-e29.

Hox, J. (2010). *Multilevel analysis: Techniques and applications* (2nd ed.). New York, NY: Routledge.

Muellbacher, W., Ziemann, U., Wissel, J., Dang, N., Kofler, M., Facchini, S., Boroojerdi, B., Poewe, W. & Hallett, M. (2002). Early consolidation in human primary motor cortex. *Nature, 415* (6872), 640-644.

Raudenbush, S. W. & Bryk, A. S. (2002). *Hierarchical linear models: Applications and data analysis methods* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.

Roig, M., Nordbrandt, S., Geertsen, S. S. & Nielsen, J. B. (2013). The effects of cardiovascular exercise on human memory: A review with meta-analysis. *Neuroscience & biobehavioral reviews, 37* (8), 1645-1666.

Schmidt, R. A. & Wrisberg, C. A. (2008). *Motor learning and performance. A situation-based learning approach* (4th Ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Schnabel, G., Krug, J. & Panzer, S. (2007). Motorisches Lernen. In K. Meinel & G. Schnabel (Hrsg.), *Bewegungslehre – Sportmotorik. Abriss einer Theorie der sportlichen Motorik unter pädagogischem Aspekt* (11., überarb. und erw. Aufl., S. 144–210). Aachen u. a.: Meyer & Meyer.

Taubert, M. & Krug, J. (2015). Intensivierung motorischer Lernprozesse in den technisch-akrobatischen Sportarten durch neuromodulatorische Voraktivierungen: Labor- und Feldstudie. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2013/14* (S. 87-94). Köln: Sportverlag Strauß.

Taubert, M., Draganski, B., Anwander, A., Muller, K., Horstmann, A., Villringer, A. & Ragert, P. (2010). Dynamic properties of human brain structure: learning-related changes in cortical areas and associated fiber connections. *Journal of neuroscience, 30*, 11670-11677.

Taubert, M., Villringer, A. & Lehmann, N. (2015). Endurance Exercise as an "Endogenous" Neuro-Enhancement Strategy to Facilitate Motor Learning. *Frontiers in human neuroscience, 9*, 692. doi: 10.3389/fnhum.2015.00692

Trempe, M. & Proteau, L. (2012). Motor skill consolidation. In N. J. Hodges & A. M. Williams (Eds.), *Skill acquisition in sport. Research theory and practice* (2nd Ed., pp. 192-210). London: Routledge.

van Dongen, E. V., Kersten, I. H., Wagner, I. C., Morris, R. G. & Fernández, G. (2016). Physical Exercise Performed Four Hours after Learning Improves Memory Retention and Increases Hippocampal Pattern Similarity during Retrieval. *Current biology, 26*, 1722-1727.

Warninck, W., Roßberg, C., Taubert, M. & Krug, J. (2014). Trainingsdatenanalyse mit utilius vimes in technisch-kompositorischen Sportarten. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft*, in Druck.

Wulf, G., McNevin, N. & Shea, C. H. (2001). The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *Quarterly journal of experimental psychology A, 54*, 1143-1154.

Wulf, G., Shea, C. & Lewthwaite, R. (2010). Motor skill learning and performance: a review of influential factors. *Medical education, 44* (1), 75-84.

Bisherige Veröffentlichungen aus dem Projekt:

Lehmann, N. & Taubert, M. (in Druck). Exercise and motor learning. In H. Budde & M. Wegner (Hrsg.), *Exercise and Mental Health. Neurobiological Mechanisms*. New York, NY: CRC Press.

Lehmann, N. (2013). Auswirkungen einer intensiven Ausdauerbelastung auf die Konsolidierung motorischer Gedächtnisinhalte: Ergebnisse einer Pilotstudie. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge, 54*, 129-44.

Lehmann, N., Tolentino Castro, J. W., Fritz, T. H., Ragert, P., Villringer, A. & Taubert, M. (2016). Correlation of Baseline Brain Structure with Subsequent Complex Motor Skill Acquisition. In J. Wiemeyer & A. Seyfarth (Hrsg.), *Human Movement and Technology, 11th joint dvs Conference on Motor Control & Learning, Biomechanics & Training*, 28.-30. September 2016 in Darmstadt (S. 69-71). Herzogenrath: Shaker.

Neubert, A., Krug, J. & Taubert, M. (2017). Der Einfluss neuromodulatorischer Vor- und Nachaktivierungen auf motorische Lernprozesse im Gerätturnen. In S. Korban (Hrsg.), *Vielfalt und Vernetzung im Turnen, Tagungsband Jahrestagung der dvs-Kommission Gerätturnen*, 5 – 7 September 2016 in Augsburg. Edition Czwalina.

Taubert, M., Villringer, A. & Lehmann, N. (2015). Endurance Exercise as an "Endogenous" Neuro-Enhancement Strategy to Facilitate Motor Learning. *Frontiers in human neuroscience, 9*, 692. doi: 10.3389/fnhum.2015.00692

Beeinflussung zentralnervaler Aktivierungszustände innerhalb des motorischen Lernprozesses: ein Ansatz zur Verkürzung von Lernzeiten in den technisch-akrobatischen Sportarten

(AZ 070602/16-17)

Marco Taubert[1] *(Projektleitung) & Maike Hoff*[2]

[1]Universität Magdeburg, Lehrstuhl Trainingswissenschaft, Schwerpunkt „Kognition und Bewegung“; Center for Behavioral Brain Sciences, Magdeburg; Max-Planck-Institut, Leipzig
[2]Abteilung Neurologie, Max-Planck-Institut, Leipzig

Die Projektbearbeiter bedanken sich beim Direktor des Max-Planck-Instituts für Kognitions- und Neurowissenschaften (Leipzig) für die Unterstützung der Untersuchungen.

1 Problem

Spitzenleistungen im Sport setzen ein langjähriges und, besonders in den technisch-akrobatischen Sportarten, auf die Entwicklung und Optimierung von sporttechnischen Fertigkeiten orientiertes Training voraus. Während die Herausbildung von Spitzenleistungen im langfristigen Leistungsaufbau von vielerlei sozialen, psychologischen, körperlich-genetischen und trainingsspezifischen Faktoren abhängig ist, zielen die Bemühungen der trainings- und bewegungswissenschaftlichen Forschung vor allem auf die Optimierung des Übungsprozesses. Hierzu existieren im Bereich der Laborforschung zu komplexen Bewegungsabläufen fruchtbare Ansätze zur Verkürzung von Lernzeiten durch neuromodulatorisch wirksame Ausdauerbelastungen (u. a. Roig et al., 2012). In eigenen Arbeiten konnte hierzu gezeigt werden, dass eine mehrtägige Voraktivierungsphase zur Steigerung der Aneignungsleistung in einem nachfolgenden 6-wöchigen motorischen Lernprozess einer komplexen Ganzkörper-Aufgabe führt (IIA1-070613/12-13, Taubert & Krug, 2015). Dieses Konzept einer neuromodulatorischen Voraktivierung wurde anschließend in die Sportarten Wasserspringen und Turnen erfolgreich übertragen, wobei die Effektgrößen unter Feldbedingungen deutlich geringer ausfielen als im Laborversuch. Hieraus leitet sich eine Notwendigkeit zur Optimierung neuromodulatorischer Voraktivierungsprogramme ab.

Aus der Grundlagenforschung zur bewegungsinduzierten Neuroplastizität wissen wir, dass sportliche Belastungen mit einem intensiven Belastungsgefüge die Verfügbarkeit von Energiesubstraten im Gehirn erhöhen können (Roig et al., 2013). Zusätzlich schaffen diese Belastungen ein günstiges internes Millieu für nachfolgende Anpassungsprozesse z. B. im Rahmen des motorischen Lernens (Bekinschtein et al., 2011). Man geht davon aus, dass die Signalkette Laktat → neurotrophe Wachstumsfaktoren → strukturelle Neuroplastizität ein wesentlicher Grund für die Steigerung des motorischen Lernens durch intensive sportliche Belastungen darstellt (Roig et al., 2012; Roig et al., 2013; Taubert et al., 2015). Es ist jedoch noch unklar, wie die sportliche Belastung in den Übungsprozess genau integriert werden muss, um diese Steigerungseffekte zu optimieren.

Aktuelle Untersuchungen zur transkraniellen Neuromodulation lassen vermuten, dass wichtige Vorgänge zur Leistungssteigerung im Gehirn bereits sehr früh innerhalb des Übungsprozesses beeinflusst werden müssen (Reis et al., 2015). Die aktuelle Literaturlage gibt jedoch keinen Aufschluss darüber, ob neuromodulatorisch wirksame, sportliche Zwischenbelastungen *während* des Übungsprozesses die Lern- und Behaltensleistung fördern können. Aus diesem

Grund sollte im vorliegenden Projekt untersucht werden, inwiefern kurze Trainingsbelastungen auf dem Fahrradergometer innerhalb des motorischen Übungsprozesses die Lernleistung im Laborversuch auf dem Stabilometer fördern können.

2 Methode

Das Projekt wurde in Anlehnung an grundlagen- und anwendungsorientierte Untersuchungen der eigenen Arbeitsgruppe zum motorischen Lernen einer komplexen Ganzkörper-Aufgabe (Stabilometer) durchgeführt (Taubert et al., 2010; Taubert & Krug, 2015). Das Untersuchungsdesign sah 3 Stabilometer-Übungseinheiten à 15 Versuche vor, wobei die Zwischenbelastungen lediglich in der ersten Übungseinheit (UE) zum Einsatz kamen und die 2. (24 h) und 3. UE (7 d) als frühe und späte Retentionstests fungierten. Hierbei kam ein experimenteller Zwei-Gruppen-Versuchsplan zum Einsatz (Abb. 1), wobei die Versuchsgruppe zwei kurze Zwischenbelastungen auf dem Fahrradergometer nach 5 bzw. 10 Übungsversuchen absolvierten und die Kontrollgruppe in dieser Zeit ruhte. Der Einfluss der Zwischenbelastungen wurde anhand eines etablierten motorischen Lernparadigmas auf dem Stabilometer quantifiziert (Wulf et al., 2001). Neben diesen Verhaltensvariablen wurden zudem neurale Korrelate des Steigerungseffektes in der Gehirndurchblutung von motorischen Rindenfeldern mittels funktioneller Nah-Infrarot-Spektroskopie (fNIRS) untersucht. Der Fokus lag hierbei auf Änderungen der Oxygenierung und Deoxygenierung des präzentralen und superior frontalen Gyrus während des Stabilometertrainings. Aus Platzgründen wird im vorliegenden Kurzbericht lediglich auf die Verhaltensergebnisse eingegangen.

Die Stichprobe setzte sich aus 25 gesunden, inaktiven Versuchspersonen im frühen Erwachsenenalter zusammen, die randomisiert in 2 Gruppen gelost wurden:

- Kontrollgruppe (N = 12 [5 w, 7 m]), Alter: 27,6 Jahre; Körperhöhe: M: 170 cm; Initialleistung Stabilometer: 6,0 s)
- Versuchsgruppe (N = 13 [7 w, 6 m], Alter: 25,9 Jahre; Körperhöhe: M: 175 cm; Initialleistung Stabilometer: 5,1 s).

Als Parameter zur Berechnung der Lern- und Behaltensleistung auf dem Stabilometer wurde die „Zeit in der Mittelposition“ von ± 3° in Sekunden in jedem Übungsdurchgang erfasst und in 5er Blöcken gemittelt.

Das Protokoll der Zwischenbelastungen auf dem Fahrradergometer sah 8 intensivere Kurzblöcke à 30 sec. im Wechsel mit 8 moderaten Kurzblöcken à 30 sec. vor. Die Intensitäten wurden hierbei individuell anhand eines PWC170 Eingangstests gesteuert, wobei die intensiveren Kurzblöcke mit einer Belastungsintensität (in Watt) bei PWC170 und die moderaten Kurzblöcke bei PWC120 absolviert wurden (Abb. 2). Unmittelbar nach der Zwischenbelastung erfolgte eine Pause von 2 Minuten.

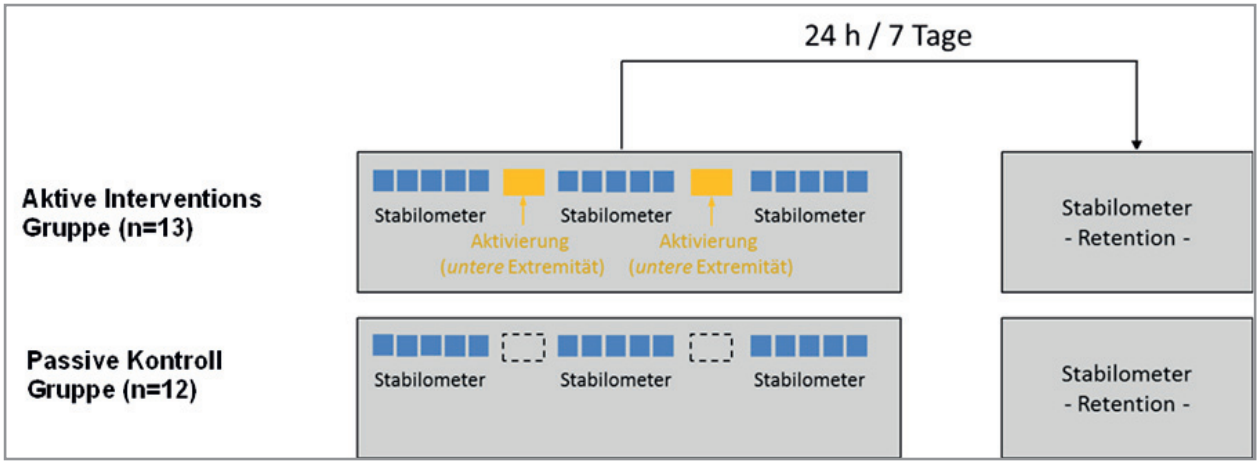


Abb. 1: Interventions- und Kontrollgruppendesign.

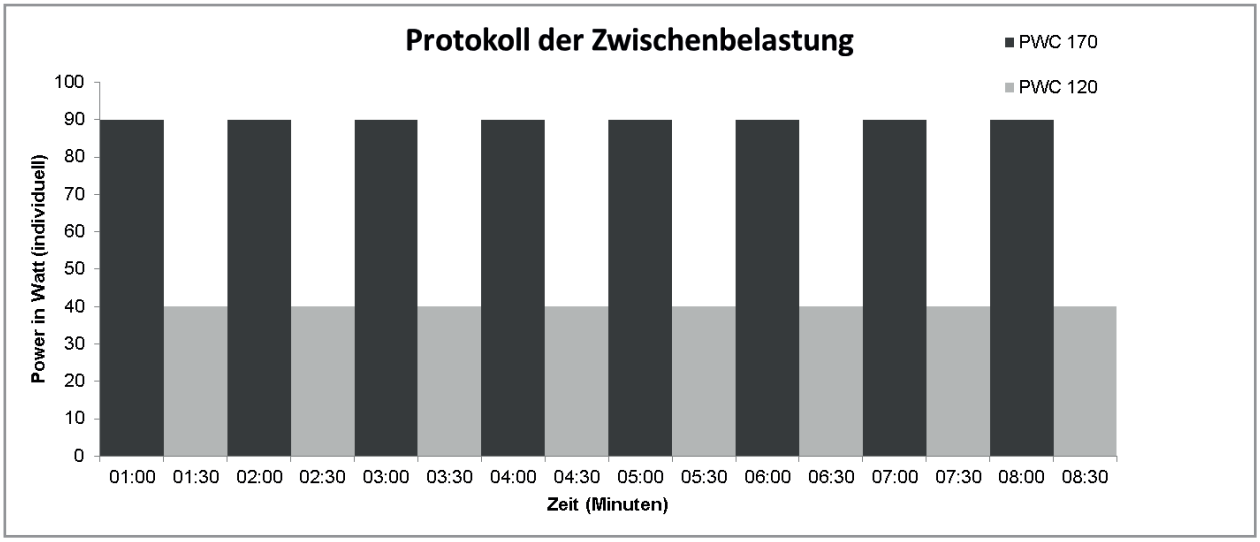


Abb. 2: Belastungsprotokoll einer Zwischenbelastung.

Signifikante Effekte auf die Stabilometerleistungen wurden varianzanalytisch mit SPSS überprüft. Die Homogenität der Stichprobe in demografischen und anthropometrischen Variablen wurde eingangs mit ungepaarten, zweiseitigen t-Tests analysiert (in Fällen mit Normalverteilungs-Verletzung wurden MWU-Tests gerechnet). Als Signifikanzgrenze wurde $p < 0.05$ verwendet.

3 Ergebnisse

3.1 Demographie

Versuchs- und Kontrollgruppe wiesen zu Untersuchungsbeginn keine signifikanten Unterschiede in den Variablen Alter, Gewicht, Körperhöhe und der initialen Stabilometerleistung auf (je $p > .15$).

3.2 Behaviorale Ergebnisse

3.2.1 PWC-Test

Als Baseline Untersuchung wurde die individuelle Leistung auf dem Fahrradergometer mit Hilfe des PWC-Tests nach WHO-Schema ermittelt. Für das interventionelle Trainingsprotokoll wurden die Ergebnisse der PWC 170 verwendet. Hier erreichte die aktive Untersuchungsgruppe einen Wert von 183,63 ± 43,61 und die Kontrollgruppe einen Wert von 211,38 ± 73,29. Es zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen ($p = .488$).

3.2.2 Motorische Gleichgewichtsaufgabe – Stabilometer

Sowohl die Versuchsgruppe, als auch die Kontrollgruppe haben an insgesamt 3 Trainingstagen eine motorische Gleichgewichtsaufgabe ausgeführt. Nach dem ersten Trainingstag fand 24 Stunden sowie 7 Tage später jeweils eine Retentionsmessung statt. Für jede Messung haben die Probanden insgesamt 15 Durchgänge à 30 Sekunden auf dem Stabilometer trainiert.

Die Daten wurden weiterhin über jeweils 5 Durchgänge gemittelt, sodass pro Trainingstag insgesamt 3 Blöcke analysiert wurden (Abb. 3). Unterschiede in der Stabilometerleistung wurden mit einer Varianzanalyse mit Messwiederholungen überprüft (Faktoren ZEIT [Block 1-9] und GRUPPE [VG vs. KG]). Beide Gruppen zeigten eine signifikante Steigerung ihrer Gleichgewichtsleistung (Haupteffekt ZEIT, $F8,144 = 8,595$, $p < 0,01$). Es konnten jedoch keine Gruppenunterschiede über die Trainingstage hinweg aufgezeigt werden (Interaktionseffekt ZEIT*GRUPPE $F8,144 = 0,659$, $p = 0,727$; Haupteffekt GRUPPE, $F1,18 = 0,010$, $p = 0,920$). Vergleiche pro Block zwischen beiden Gruppen ergaben keine signifikanten Unterschiede ($p > .1$).

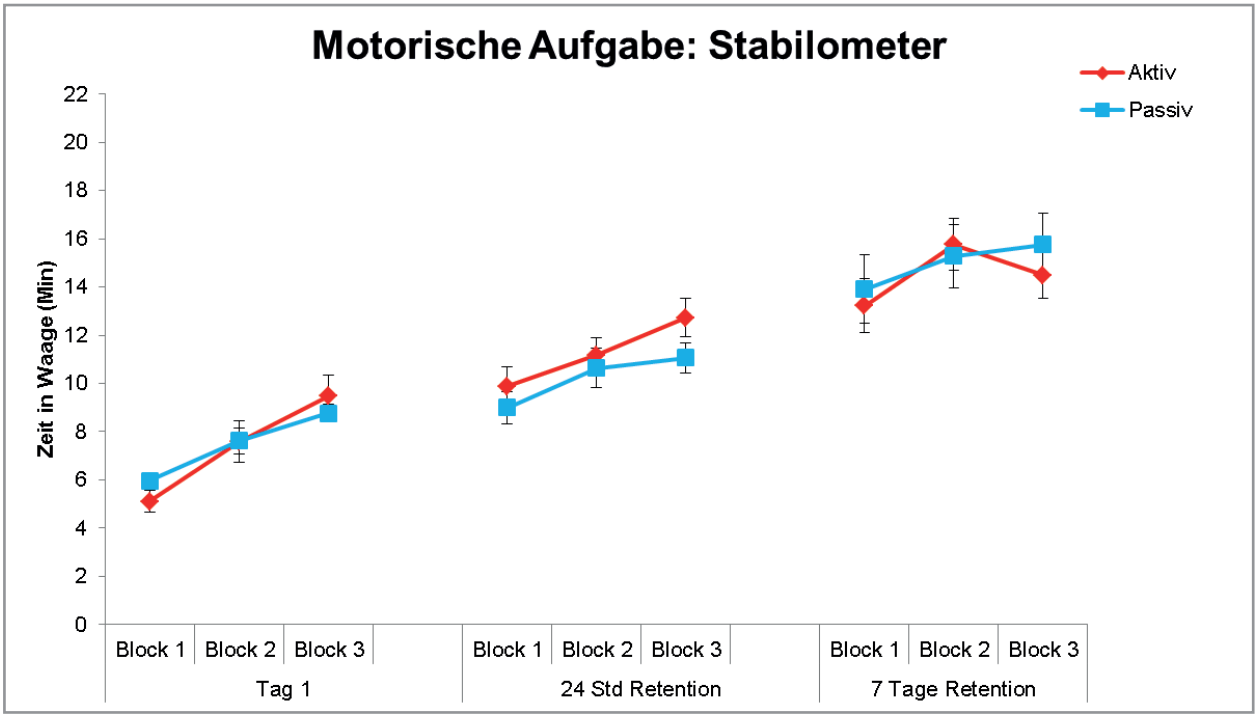


Abb. 3: Ergebnisse der motorischen Übungseinheiten auf dem Stabilometer. Versuchsgruppe (VG), Kontrollgruppe (KG). Die VG hat zwischen den Versuchsblöcken an Trainingstag 1, ein intensives Ergometertraining absolviert, während die KG in dieser Zeit ruhte. Die Daten sind dargestellt als Mittelwert ± Standardfehler.

4 Diskussion und Fazit

Im vorliegenden Projekt wurde untersucht, ob intensive, fahrradergometrische Belastungen innerhalb einer motorischen Übungseinheit zu kurz- oder langfristigen Leistungsveränderungen in einer koordinativ anspruchsvollen Gleichgewichtsaufgabe führen können. Aus den Ergebnissen gehen stabile, übungsbedingte Leistungsverbesserungen hervor, die jedoch nicht von den intensiven Zwischenbelastungen beeinflusst wurden. Es lassen sich keine Hinweise auf Verbesserungen oder Verschlechterungen in der unmittelbaren Leistungserbringung sowie der Behaltensleistung nach 24 h und 7 d Retentionsintervall finden. Somit scheint eine lokale, muskuläre Ermüdung durch intensive fahrradergometrische Belastungen keinen sichtbaren Einfluss auf nachfolgende koordinativ anspruchsvolle Übungen der unteren Extremitäten zu haben (Teipel, 1995). Es zeigen sich jedoch auch nicht die erhofften Leistungsverbesserungen als Nachweis einer Effektivierung motorischer Lernprozesse (Taubert & Krug, 2015).

Die Ergebnisse früherer Studien zum motorischen Lernen manueller sowie Ganzkörper-Bewegungsaufgaben indizieren eine Steigerung von Lern- und Behaltensleistungen durch akute und chronische Ausdauerbelastungen (u. a. Roig et al., 2012). So wurden in eigenen Arbeiten mit dem Stabilometer signifikante, langfristige Leistungssteigerungen durch vorgeschaltete, zweiwöchige Voraktivierungsperioden berichtet (Taubert & Krug, 2015). Diese Effektivitätsunterschiede zur vorliegenden Studie führen wir schwerpunktmäßig auf die höhere Anzahl an Voraktivierungseinheiten (8 Einheiten vs. 2 Zwischenbelastungseinheiten) und die damit einhergehenden, veränderten neurobiologischen Stimulationsvorgänge (Taubert et al., 2015) zurück.

Die Relevanz des Trainingsumfangs der Intensivierungsstrategie für eine Steigerung motorischer Lernprozesse wird auch in Laborergebnissen zur Nachbelastung deutlich (vgl. Bericht zum Projekt 070610/14-16, S. 91-97) und könnte einen wichtigen Hinweis für die Optimierung von Intensivierungsstrategien liefern. Während akute, körperliche Belastungen vor allem bioche-

mische Substanzen freisetzen, welche kurzzeitig die Energieversorgung und das Anpassungspotentiel des Gehirns anheben können, erzeugt ein regelmäßiges, mehrwöchiges Training im intensiven Belastungsgefüge nachhaltige Anpassungen in der Gehirnstruktur. Dies betrifft u. a. eine verbesserte Nährstoffversorgung durch Kapillarisierung relevanter Gehirngebiete (Black et al., 1990). Ob strukturelle Mechanismen ausschlaggebend für eine nachhaltige Steigerung motorischer Lernprozesse sind, muss jedoch in zukünftigen Untersuchungen überprüft werden.

5 Literatur

Bekinschtein, P., Oomen, C. A., Saksida, L. M. & Bussey, T. J. (2011). Effects of environmental enrichment and voluntary exercise on neurogenesis, learning and memory, and pattern separation. *Seminars in cell & developmental biology, 22*, 536-542.

Black, J. E., Isaacs, K. R., Anderson, B. J., Alcantara, A. A. & Greenough, W. T. (1990). Learning causes synaptogenesis, whereas motor activity causes angiogenesis, in cerebellar cortex of adult rats. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 87*, 5568-5572.

Reis, J., Fischer, J. T., Prichard, G., Weiller, C., Cohen, L. G. & Fritsch, B. (2015). Time- but not sleep-dependent consolidation of tDCS-enhanced visuomotor skills. *Cerebral cortex, 1*, 109-117.

Roig, M., Nordbrandt, S., Geertsen, S. S. & Nielsen, J. B. (2013). The effects of cardiovascular exercise on human memory: A review with meta-analysis. *Neuroscience & biobehavioral reviews, 37* (8), 1645-1666.

Roig, M., Skriver, K., Lundbye-Jensen, J., Kiens, B. & Nielsen, J. B. (2012). A single bout of exercise improves motor memory. *Plos one*, e44594. doi: 10.1371/journal.pone.0044594

Taubert, M. & Krug, J. (2015). Intensivierung motorischer Lernprozesse in den technisch-akrobatischen Sportarten durch neuromodulatorische Voraktivierungen: Labor- und Feldstudie. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2013/14* (S. 87-94). Köln: Sportverlag Strauß.

Taubert, M., Draganski, B., Anwander, A., Muller, K., Horstmann, A., Villringer, A. & Ragert, P. (2010). Dynamic properties of human brain structure: learning-related changes in cortical areas and associated fiber connections. *Journal of neuroscience, 30*, 11670-11677.

Taubert, M., Villringer, A. & Lehmann, N. (2015). Endurance Exercise as an "Endogenous" Neuro-Enhancement Strategy to Facilitate Motor Learning. *Frontiers in human neuroscience, 9*, 692. doi: 10.3389/fnhum.2015.00692

Teipel, D. (1995). *Studien zur Gleichgewichtsfähigkeit im Sport. Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft*, Köln: Sport und Buch Strauss.

Wulf, G., McNevin, N. & Shea, C. H. (2001). The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *Quarterly journal of experimental psychology A, 54*, 1143-1154.

Analyse und Entwicklung von Startstrategien im Ski Cross und Snowboard Cross

(AZ 080601/15-16)

Matthias Olvermann[1], Andreas Huber[2] & Peter Spitzenpfeil[1] (Projektleitung)

[1]Technische Universität München, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaften, Arbeitsbereich Angewandte Sportwissenschaften

[2]Olympiastützpunkt Bayern

1 Problem

Snowboardcross (SBX) und Ski Cross (SX) zählen zu den sogenannten „jungen Sportarten". SBX ist seit 2006 und SX seit 2010 Teil des olympischen Programmes. In beiden Sportarten treten mehrere Athleteninnen und Athleten (im Folgenden Aktive genannt) in einem Lauf gegeneinander an, was für einen spektakulären und attraktiven Rennverlauf sorgt. Im Gegensatz zu den etablierten Schneesportdisziplinen, gibt es im SBX und SX aber noch sehr wenige wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse. Randjelovic (2014) und Steenstrup (2011) beschäftigten sich mit den Ursachen und Häufigkeiten von Verletzungen. Nedergaardt et al. (2015) verglich biomechanische Parameter bei Indoor und Outdoor Messungen, ohne aber dabei auf die leistungsbestimmenden Faktoren einzugehen. Daher resultieren bisher die meisten Empfehlungen aus den Erfahrungen der Aktiven und Coaches.

In beiden Disziplinen wird davon ausgegangen, dass der Startphase eine wesentliche Bedeutung für den Rennverlauf zukommt. Die Untersuchung von Argüelles et al. (2011) bestätigt dies, über 80 % der in der ersten Kurve in Führung liegenden Aktiven erreichen im Ziel den ersten oder zweiten Platz. Die Startphase setzt sich aus dem Abzug aus einem Startgate und einer Startgerade zusammen, welche diverse Hindernisse/Elemente beinhaltet. Diese Elemente bestehen aus unterschiedlichen Sprüngen und Wellenabfolgen.

Im Rahmen des Forschungsprojektes sollen die Bedeutung des Startes, der unterschiedlichen Startstrategien und der Position bei der Bewältigung der ersten Elemente in den beiden Disziplinen SBX und SX ermittelt werden. Die Ergebnisse sollen der Entwicklung von Startstrategien dienen, die eine erfolgreiche Rennplatzierung begünstigen.

2 Methoden

Für den ersten Teil, die Analyse über die Bedeutung des Startes und der Position, erfolgte eine Auswertung von den Großveranstaltungen (Olympische Spiele 2014/Weltmeisterschaften 2015) und Weltcupveranstaltungen anhand von Fernsehaufzeichnungen mit insgesamt 12 Rennen und 208 Heats. Nach der Bestimmung von drei, über die Startgerade verteilten, Messpunkten, wurde die Position von jedem Athlet zu jedem Messpunkt mit der jeweiligen Position im Ziel korreliert. Der erste Messpunkt befand sich kurz nach dem Startgate, der zweite ungefähr auf Mitte der Startgeraden und der dritte in der ersten Kurve. Die genaue Festlegung auf die Messpunkte war abhängig von der Fernsehaufnahme und den Elementen auf der Startgerade. Mit diesen Fernsehaufzeichnungen konnten auch die Anzahl und die Ursachen der Stürze in den Rennen dokumentiert werden.

Für den zweiten Teil des Projektes, die Untersuchung der leistungsbestimmenden biomechanischen Parameter, standen 21 Aktive des deutschen Ski- und Snowboardverbandes zur Verfügung (Tab. 1).

Tab. 1: Anthropometrische Daten der Versuchspersonen aus den Gruppen SX und SBX.

SX n= 10 (5♂/5♀)	Alter [y]	Größe [cm]	Gewicht [kg]	SBX n=11 (9♂/2♀)	Alter [y]	Größe [cm]	Gewicht [kg]
MW	23,4	173,1	73,5	MW	20,3	174,0	71,6
STD	3,5	9,1	10,9	STD	3,7	6,8	8,7

Sie teilten sich in zehn Skicrosser bzw.-crosserinnen und elf Snowboardcrosser bzw.-crosserinnen mit Weltcup oder Europacup Erfahrung auf. In einer Skihalle führten die Aktiven an einem steilen und einem flachen Gelände mehrere Starts durch. Ein weltcuptaugliches Startgate stand zur Verfügung, und das offizielle Reglement und Kommando kam zur Anwendung. An dem Startgate wurde randomisiert die Höhe (hoch vs. tief) der Startgriffe verändert, und als Bewegungsanweisung wurden, ebenfalls randomisiert, die Höhe des Körperschwerpunktes (hoch vs. tief) und die Vorspannung (viel vs. wenig) vorgegeben. Alle Aktiven führten jede Starttechnik bzw. zu jeder Startgateeinstellung drei Starts aus.

Für die kinematische Analyse wurden die Aktiven anhand dem Hanavan Modell mit 20 Markern beklebt, und mit einem zehn Kamera Bewegungsanalysesystem (Basler AG, Ahrensburg, Deutschland) erfolgte mit 100 hz die kinematische Datenerhebung. Mit zwei in die Startgriffe integrierten zweidimensionalen Kraftaufnehmern (HJM Messtechnik GmbH, Kastl, Deutschland) und einer Aufnahmefrequenz von 1000 hz konnten die auftretenden Kräfte gemessen werden. Für die Beurteilung der Güte des Startes kam eine Zeitnahme mit einem Lichtschrankensystem zur Verwendung. Die synchronisierte Datenaufnahme konnte mit Simi motion® (Simi Reality Motion Systems GmbH, München, Deutschland) realisiert werden.

Die kinematische Auswertung umfasste die Körperwinkel in Knie, Hüfte, Ellenbogen und Schulter, die jeweiligen Bewegungsumfänge und den Verlauf des Körperschwerpunktes. Bei den Kraftparametern flossen die maximale Kraft, der Impuls und die Vorspannungswerte in die Auswertung ein. Für die statistische Analyse kamen der Spearman Korrelationskoeffizient und ein statistisches Modell basierend auf Regression zur Anwendung.

3 Ergebnisse

In der Gruppe SX zeigen sich in der Positionsanalyse signifikante ($p < 0.05$) Korrelationen bezüglich der Position an den drei Messpunkten (MP 1: rs = .35; MP 2: rs = .46; MP 3: rs = .62) und der Position im Ziel. In der Gruppe SBX kommt es zu ähnlichen Ergebnissen, MP 1: rs = .27; MP 2: rs = .50; MP 3: rs = .0.60. In Wahrscheinlichkeiten ausgedrückt, erreichen bei SX die in der ersten Kurve in Führung liegenden Aktive in 84 % der Fälle im Ziel den ersten oder zweiten Platz, was die Qualifikation für die nächste Runde bedeutet (Abb. 1).

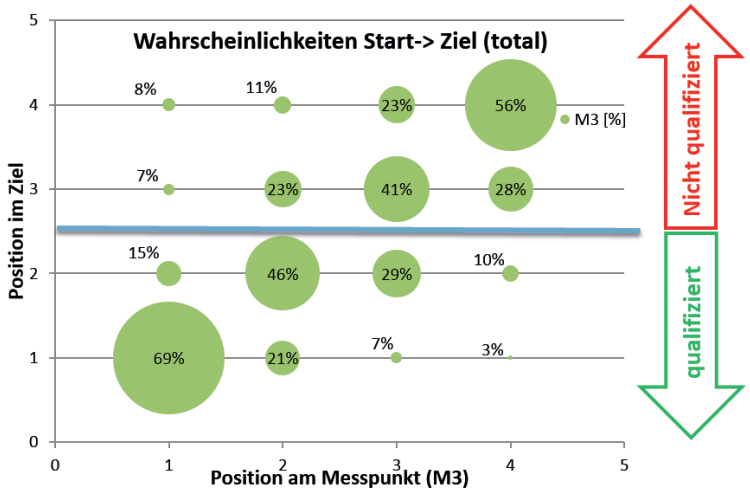


Abb. 1: Wahrscheinlichkeit der Position im Ziel in Abhängigkeit von der Position an Messpunkt 3 auf der Startgeraden in der Gruppe SX

Die Gruppe SBX unterscheidet sich in der Hinsicht, dass in der Regel die Heats mit sechs Aktiven ausgetragen werden und die Qualifikation für die nächste Runde mit den ersten drei Plätzen erreicht wird. Die Wahrscheinlichkeit in die nächste Runde aufzurücken, ist auf Position eins in der ersten Kurve mit 86 % aber vergleichbar mit der Gruppe SX.

Die Stürze ereignen sich sowohl bei SX als auch bei SBX deutlich häufiger in der zweiten Hälfte des Fahrerfeldes. Bei SX passieren die Stürze zu 25 % auf den Positionen eins und zwei und zu 75 % auf den Positionen drei und vier. Im SBX geschehen zu 42 % die Stürze auf den ersten drei Positionen und zu 58 % auf Position vier, fünf oder sechs (Abb. 2 unten).

Der entscheidende Parameter aus der biomechanischen Analyse ist die maximale Kraft relativiert zum Körpergewicht in Bewegungsrichtung. Im Durchschnitt generierte die SX Gruppe 12,47 ± 2,2 N/kg während der Zugphase. Dieser Parameter korreliert mit r = .91 am stärksten mit der Startzeit, dem entscheidenden Kriterium für einen guten Start (Abb. 3 unten). Das gilt sowohl für die Unterscheidung nach Geschlecht, als auch für die Gruppe SBX mit 11,80 ± 1,5 N/kg und einem r = .61.

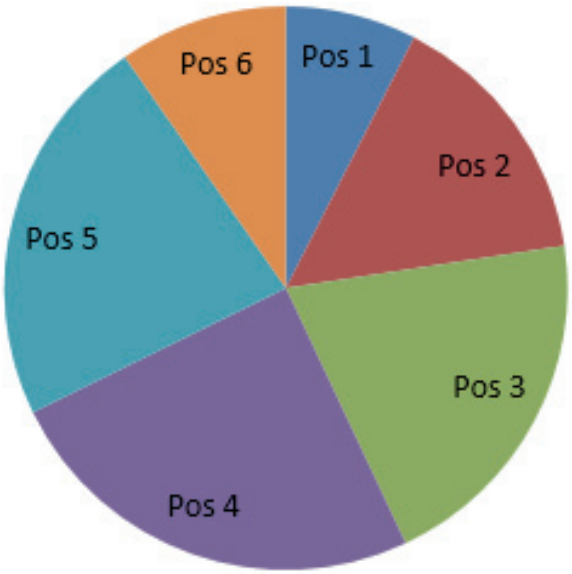


Abb. 2: Verteilung der Stürze beim SBX in Abhängigkeit zur Position im Rennen

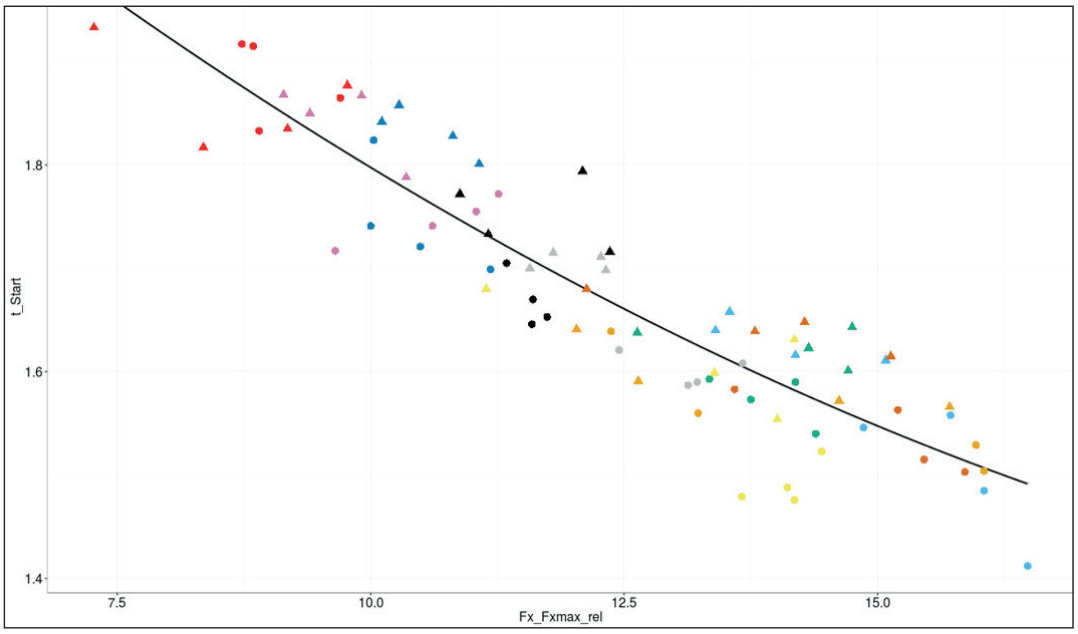


Abb. 3: Korrelation des Parameters F_{max}_rel (aufs Körpergewicht relativierte Maximalkraft) und der Startzeit

4 Diskussion

Die Ergebnisse von Argüelles (2011) werden durch diese Daten bestätigt. Die Startphase hat eine große Bedeutung für den Rennausgang. Es ist für die erfolgreiche Gestaltung des Rennens enorm wichtig, sich durch einen guten Abzug aus dem Gate und einer möglichst optimalen Bewältigung der Elemente in die vorderste oder zumindest auf die zweite Position zu bringen. Dadurch kann der Aktive sich auf die beste Fahrlinie konzentrieren und wird nicht durch die anderen Fahrer behindert. Die Gefahr, in einen Sturz verwickelt zu werden, ist in den hinteren Positionen deutlich erhöht, weil dort natürlich versucht wird, die Position zu verbessern und es somit leichter zu Berührungen und Stürzen kommt.

Aufgrund von diesen Ergebnissen sollte im Jahresablauf in der Vorbereitungsphase und im täglichen Training ein besonderes Augenmerk auf dem Start liegen. Um die Startphase erfolgreich gestalten zu können, ist eine entsprechende Kraftfähigkeit notwendig. Neben der Verbesserung der körperlichen Voraussetzungen ist natürlich die Umsetzung von großer Bedeutung. Wichtig ist, dass die aufgebrachte Kraft in Fahrtrichtung wirkt und somit in Geschwindigkeit umgesetzt werden kann. Die Aktiven sollten in der Vorstartphase sich darauf konzentrieren, dass sie sich in einer entsprechenden Ausgangsposition befinden und den Abzug so gestalten, dass sie ihre Kraft optimal entfalten können. Zudem müssen sie nach dem Abzug blitzartig umschalten und bereit für die ersten Elemente und deren Bewältigung sein. Der Trainer ist gefordert, den Aktiven entsprechende Anweisungen zu geben. Das kann eine Veränderung des Körperschwerpunktes oder auch von Gelenkswinkeln sein. Für die Unterstützung der Trainerarbeit können Sportwissenschaftler mit entsprechender Messtechnik Feedback über die entsprechenden Parameter geben und somit helfen, dass das Training möglichst effektiv und zielgerichtet abläuft.

5 Literatur

Argüelles, J. et al. (2011). First section of the course performance as a critical aspect in skicross competition: 2010 Olympic Games & World Cup analysis. *Portuguese journal of sport sciences, 11* (2), 969-972.

Needergaard, N. J., Heinen, F., Sloth, S., Holmberg & H. C., Kersting, U. G. (2015). Biomechanics of the ski cross start indoors on a customized training ramp and outdoors on snow. *Sports biomechanics, 14* (3), 273-286.

Randjelovic, S. et al. (2014). Injury situations in Freestyle Ski Cross (SX): a video analysis of 33 cases. *British journal of sports medicine, 48*, 29-35.

Steenstrup, S. E. (2011). *Injury incidence and injury patterns in qualification runs versus final runs in FIS World Cup snowboard cross and ski cross*. Master Thesis in Sports Physiotherapy; Department of Sports Medicine, Norwegian School of Sports Sciences.

5.1 Projektbezogene Veröffentlichungen

Olvermann, M., Frühschütz, H., Goll, M., Spitzenpfeil, P. & Huber, A. (2016). Start performance in ski cross: Kinematic and kinetic analysis. In: *Science and skiing VII Book of Abstracts*. ISBN 978-3-200-04885-0, 110-111.

Frühschütz, H., Olvermann, M., Goll, M., Huber, A. & Spitzenpfeil, P. (2016). Start performance in snowboard cross: Kinematic and kinetic analysis. In: *Science and skiing VII Book of Abstracts*. ISBN 978-3-200-04885-0, 111-112.

Spitzenpfeil, P., Olvermann, M., Frühschütz, H., Reisinger, S., Arnold, E., Goll, M. & Huber, A. (2016). Start performance in ski cross and snowboard cross: Influence on race results and kinematic and kinetic analyses. In: *Science and skiing VII Book of Abstracts*. ISBN 978-3-200-04885-0, 109-110.

Untersuchung der Blickbewegungsstrategien von Badmintonspielern und -spielerinnen der nationalen Spitze

(AZ 070701/16)

Wolf Gawin[1] (Projektleitung), Udo Fries[1], Jasmin Gaudel[1], Katharina Zwingmann[1], Nicholas Hugo Müller[2] & Benny Liebold[2]

[1]Technische Universität Chemnitz, Fakultät für Human- und Sozialwissenschaften, Institut für Angewandte Bewegungswissenschaften

[2]Technische Universität Chemnitz, Philosophische Fakultät, Institut für Medienforschung

1 Problem

Die effiziente Wahrnehmung von visuellen Reizen und die Fähigkeit zur schnellen und angemessenen motorischen Antwort sind vor allem im Spitzenbereich der Sportspiele äußerst leistungsrelevant (Jendrusch, 2011; Jin et al., 2011). Dies ist insbesondere in jenen Disziplinen von Bedeutung, bei denen die Schnelligkeit der Spielaktionen und hohe Ballgeschwindigkeiten wenig Zeit für eine Reaktion lassen, wie bei einem Angriffsschlag im Volleyball oder einem Sieben-Meter-Wurf im Handball. Erfolgreiche Spielaktionen sind in einer solchen Situation ohne eine gute Vorausahnung der gegnerischen Aktion kaum möglich, da die Flugzeit des geworfenen Objekts die eigentlich benötigte Zeit für eine Einfachreaktion und deren motorische Folgeaktion unterschreitet (Müller & Abernethy, 2012). Im Badminton beispielsweise erzielen Spitzenspieler Ballabfluggeschwindigkeiten bei Schmetterschlägen von über 100 m/s (Gawin et al., 2012). Würde der abwehrende Spieler seine Aktion erst starten, wenn die Ballflugrichtung nach dem Ballkontakt des Gegners eindeutig ist, dann wäre er kaum in der Lage, den Ball vor dem Auftreffen auf dem Feld zu erreichen.

Darüber hinaus sind im Badminton auch die Folgeaktionen auf den eigenen Schlag von hohem Zeitdruck begleitet. In den „schnellen" Disziplinen im Badminton wie im Herrendoppel oder im gemischten Doppel hat ein Team durchschnittlich etwa alle 1,3 s einen Ballkontakt (Abian-Vicen et al., 2013; Abián et al., 2014; Gawin, Beyer & Seidler, 2012). Das bedeutet, dass für die Bewegung an einen günstigen Handlungsort nach der eigenen Spielaktion durchschnittlich nicht viel mehr als eine Sekunde verbleibt. Aus diesem Grund liegt es nahe, dass nicht nur die effiziente Wahrnehmung der Aktion des Gegners eine bedeutsame Rolle spielt, sondern auch die Informationsaufnahme bzw. das Blickverhalten und die motorische Aktion nach dem eigenen Schlag.

Während im Badminton schon Studien zur Blickbewegung bei der Angriffsaktion oder dem Aufschlag des Gegners vorliegen (Abernethy & Russell, 1987; Hagemann & Memmert, 2006; Hagemann & Strauß, 2006; Alder et al., 2014), sind keine Publikationen bezüglich der Blickbewegungsstrategien nach der eigenen Aktion bekannt. Auch in anderen Rückschlagspielen wie im Tennis und Tischtennis wurden bisher die Blickstrategien von Spielern vor oder während der eigenen Aktion thematisiert (Lafont, 2008; Ripoll, 1989; Ripoll & Fleurance, 1988), die Folgeaktion und die Blickbewegung nach der eigenen Schlagausführung wurden nicht betrachtet.

Ein weiteres Problemfeld liegt in der Auswahl der handlungsrelevanten Stimuli. Bei den bereits vorliegenden Studien zur visuellen Wahrnehmung in den Sportspielen wurden bisher fast ausschließlich Videosequenzen für die Analyse der Blickbewegungen eingesetzt und die Reaktion auf das Stimulusmaterial durch eher sportartunspezifische Bewegungen überprüft (Piras, Lobietti & Squatrito, 2014; Shim et al., 2005). Validere Messungen der Wahrnehmungsfähigkeit

ergeben sich aber offenbar aus einem Untersuchungsablauf, bei dem sowohl eine realitätsnahe Spielsituation mit realen Spielern simuliert wird (Mann et al., 2007; Shim et al., 2005), als auch die Folgeaktion der Sportartspezifik entspricht (Mann, Abernethy & Farrow, 2010).

Darüber hinaus wird in einer Vielzahl von Untersuchungen zur Wahrnehmung im Sport der Vergleich zwischen Expertisegruppen von stark differierender Leistungsfähigkeit thematisiert (Experten-Novizen-Paradigma). Dabei werden üblicherweise pauschal Gruppenvergleiche durchgeführt und den jeweiligen Gruppen ein weitgehend einheitliches Blickschema zugeordnet (u. a. Vickers, 1996; Vickers & Williams, 2007; Williams, Singer & Frehlich, 2002). Interindividuell wird kaum differenziert, obwohl gerade bei hochqualifizierten Athleten individuelle Streuungen eine wichtige Rolle bei der Generierung von praktischen Handlungsempfehlungen spielen dürften.

Im vorliegenden Forschungsprojekt zu den Blickstrategien deutscher Nationalspieler wurden

- deren visuelle Suchstrategien nicht mit Videomaterial überprüft, sondern anhand von realen Gegenspielern bzw. mit Spielern auf einem vergleichbaren Leistungsniveau,
- einerseits hochqualifizierte Spieler (Nationalspieler) und Spieler geringerer Leistungsfähigkeit analysiert, und andererseits Spitzenspieler interindividuell miteinander verglichen und
- wettkampfnahe Spielzüge (Standardsituationen) unter Feldbedingungen unter dem Aspekt der Kopplung von Stimulus und Folgeaktion untersucht.

Übergreifend wurden folgende Fragestellungen bearbeitet:

- Auf welche Regionen richten Badmintonspieler vor, während und nach der Ausführung der eigenen Aktion ihren Blick?
- Liegen Unterschiede zwischen den Expertisegruppen bezüglich der Blickstrategien vor?
- Liegen Unterschiede in der Zeitdauer der finalen Fixation vor der eigenen Bewegungsausführung vor?
- Kann ein Zusammenhang zwischen der Dauer der finalen Fixation (QE) und der Leistungsfähigkeit der reagierenden Spieler bei der Aufschlagannahme und bei der Abwehr von Schmetterschlägen bestätigt werden?

Aus diesen Fragestellungen wurden gerichtete Hypothesen formuliert, die detailliert in den Ergebnisberichten zu dem Projekt nachzulesen sind (Gawin, 2017; Gawin et al., 2017; Gawin et al., 2016; Zwingmann et al., 2016). Alle detaillierten Ergebnisberichte liegen dem Deutschen Badminton-Verband (DBV) und dem Bundesinstitut für Sportwissenschaft in Form des ausführlichen Abschlussberichts vor.

2 Methode

Bei den Versuchspersonen handelte es sich um 22 Nationalspielerinnen und -spieler im Badminton von B- bis D/C-Kader (14 weiblich, 8 männlich, Alter 23,2; ± 4,9) und um 9 Spielerinnen und Spieler aus regionalen Vereinen (3 weiblich, 6 männlich, Alter 28,0; ± 8,2, Leistungsniveau Bezirksliga bis Regionalliga) im Bereich der Doppeldisziplinen. In den Einzeldisziplinen wurden 11 Nationalspielerinnen und -spieler (5 weiblich, 6 männlich, Alter 22,1; ± 5,4) und 6 Spielerinnen und Spieler aus regionalen Vereinen (5 weiblich, 1 männlich, Alter 30,0; ± 8,2, Leistungsniveau Bezirksliga bis Regionalliga) untersucht.

Zur Analyse der Blickbewegung wurde eine Blickbewegungsbrille von SMI (ETG 2w) eingesetzt, deren Erfassungsrate der Augenbewegungen 60 Hz betrug. Die Kinematik der motorischen Reaktionen wurde dreidimensional von zwei synchronisierten Hochfrequenzkameras (Marke Optronis, Software Marathon ultra, Fa. GS vitec) mit einer Aufnahmefrequenz von 500 Hz erfasst.

Für die Messungen im vorliegenden Projekt wurden in Anlehnung an vorangegangene Studien (Gawin et al., 2012) und in Absprache mit den Trainern des DBV vier taktisch bedeutsame Spielsituationen ausgewählt: Die Spieleröffnung im Doppel, die Abwehr eines Angriffsschlags im Einzel, der Angriff des Vorderspielers im Doppel und der eigene Angriff im Einzel. Alle Messungen fanden auf einem regulären Wettkampffeld mit Gegenspielern von mit den Versuchspersonen vergleichbarer Leistungsfähigkeit statt. In allen vier Spielsituationen wurden die Blickbewegungen der Versuchspersonen während des gesamten Tests über die Blickbewegungsbrille aufgenommen. Bei den ersten beiden Spielsituationen (Spieleröffnung und Abwehr) wurden darüber hinaus die Aktionen von Aufschläger und Rückschläger bzw. von Angreifer und Abwehrspieler mit den Hochfrequenzkameras dreidimensional erfasst.

Die Videos der Blickbewegungsbrille wurden bildweise von Hand codiert. Aus den absoluten Häufigkeiten der erfassten Frames der Blickregionen wurden relative Häufigkeiten der fixierten Regionen über alle Versuche der Spieler errechnet und die Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen und interindividuell zwischen den Spielern mittels der 95-%-Konfidenzintervalle dargestellt. Die statistische Prüfung auf Unterschiede zwischen den Expertisegruppen in Bezug auf die relativen Häufigkeiten der anvisierten Regionen wurde mittels $\chi 2$-Test durchgeführt. Die Zusammenhänge zwischen der Dauer der finalen Fixation (QE) und der Schnelligkeit der motorischen Reaktion wurden anhand der Korrelationsanalyse nach Spearman geprüft.

3 Ergebnisse

3.1 Standardsituation (1): Spieleröffnung im Doppel

Bei dieser Spielsituation wurde die Gruppe der Nationalspieler zusätzlich in Olympiateilnehmer (A-National) als am höchsten qualifizierte Athletengruppe und in weitere Nationalspieler (B-National) unterteilt. Zwischen den Expertisegruppen Olympiateilnehmer, weitere Kaderspieler und Amateure liegen statistisch signifikante Unterschiede bei der Blickbewegung mit einem mittleren Effekt vor ($\chi 2$ [4, 382569] = 5845, $p < 0{,}001$, $V = 0{,}28$). Die leistungsfähigsten Spieler richten ihren Blick während des gegnerischen Aufschlags vor allem auf die „zentrale“ Region Ball, Schläger und Ballhand, während die weniger qualifizierten Nationalspieler und die Ama-

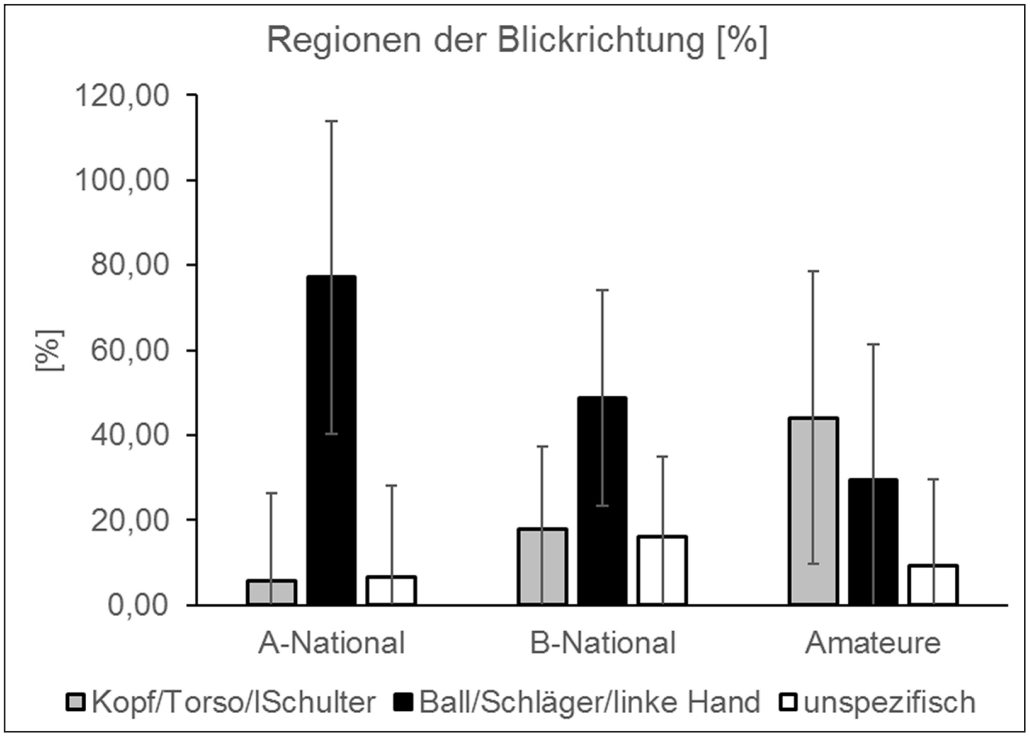


Abb. 1: Regionen der Blickrichtung von Olympiateilnehmern (A-National), weiteren Nationalspielern (B-National) und Vereinsspielern beim Rückschlag im Doppel.

teure stärker distale Regionen wie Kopf, Torso und Schulter in den Blick fassen.

Die finale Fixation vor der eigenen Bewegungsausführung hat bei den Olympiateilnehmern eine Länge von durchschnittlich 651 ms, bei den weiteren Kaderspielern 754 ms und bei den Amateuren 649 ms. Die Unterschiede sind weder statistisch noch praktisch bedeutsam (p = 0,88). Die Korrelationsanalyse nach Spearman belegt, dass es keine überzufälligen Zusammenhänge zwischen der Dauer der finalen Fixation und der Leistung bei der Aufschlagannahme, gemessen anhand der Schnelligkeit der motorischen Aktion, gibt, weder bei den Spielerinnen (r = -0,23) noch bei den Spielern (r = 0,08). Allerdings enthüllte die Analyse der Hochfrequenzvideos, dass einige Spielerinnen und Spieler aufgrund von technischen Defiziten in der Annahme noch Reserven in der Leistungsfähigkeit beim Rückschlag haben.

3.2 Standardsituation (2): Smashabwehr im Einzel

Aufgrund der relativ kleinen Stichprobe wird hier die Gruppe der Nationalspieler nicht mehr unterteilt und es wird lediglich zwischen Nationalspielern und Amateuren unterschieden.

Am häufigsten richten sowohl die Nationalspieler als auch die Amateure ihren Blick in der Vorbereitung auf ihre Abwehraktion auf den Ball bzw. auf die Flugbahn des Balls und auf den erwarteten Treffpunkt. Die Blickbewegungen der Versuchspersonen verlaufen nahezu alle nach demselben Muster: Zunächst folgt der Blick dem Ball, der im hohen Bogen auf den Gegenspieler zufliegt. Dann wandert er – schneller als der herabfallende Ball – nach unten zum erwarteten Treffpunkt und verharrt dort entweder oder wird noch weiter auf den Gegenspieler abgesenkt. Fast immer befindet sich der Blick kurz vor dem Ballkontakt des angreifenden Gegenspielers in einem Bereich genau im oder um den erwarteten Treffpunkt des Balls.

Die Unterschiede zwischen Nationalspielern und Amateuren sind sowohl bei den Blickstrategien (p = 0,482 - 0,841) als auch bei der Länge der finalen Fixationen vor dem Start zur Abwehrbewegung weder statistisch noch praktisch relevant (p = 0,373 – 0,851). Eine Korrelationsanalyse zwischen der finalen Fixationen und der Schnelligkeit der motorischen Reaktion wurde durchgeführt. Statistisch oder praktisch bedeutsame Zusammenhänge konnten allerdings nicht aufgezeigt werden.

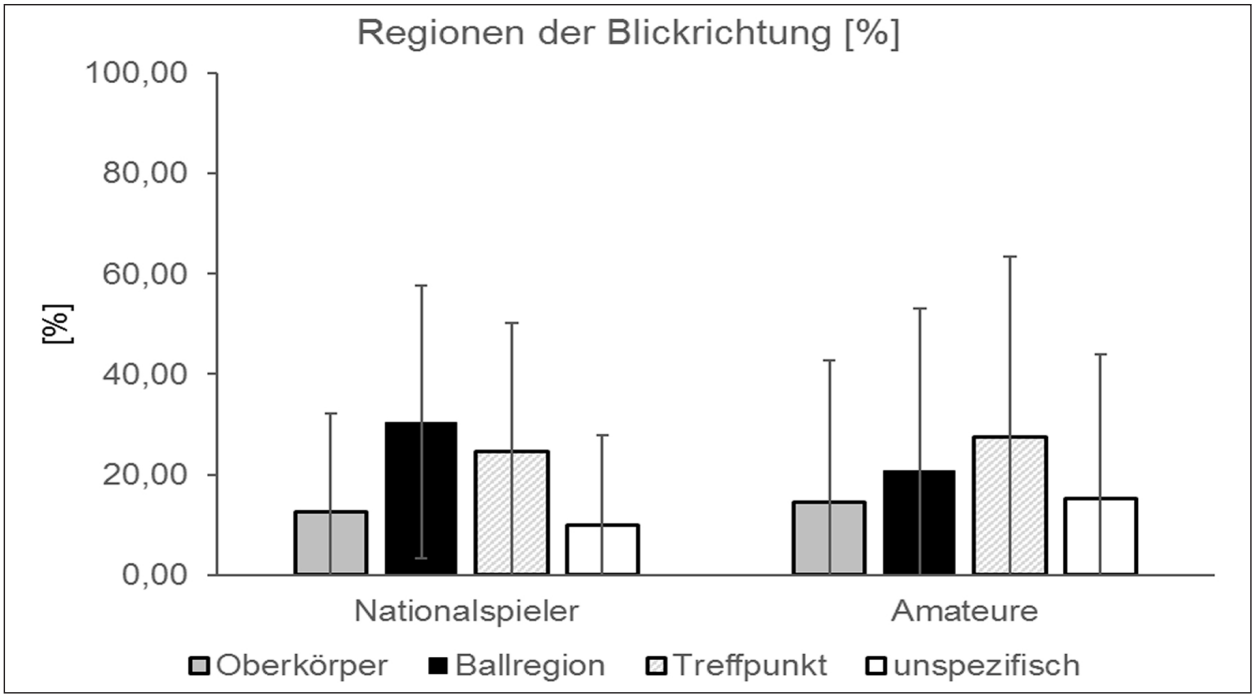


Abb. 2: Regionen der Blickrichtung vor der Smashabwehr von Nationalspielern und Amateuren

3.3 Standardsituation (3): Vorderspieler im Doppel

Bei der dritten Spielsituation wurden lediglich die Blickbewegungen der Nationalspielerinnen und -spieler aufgezeichnet, da es sich um eine explorative Fragestellung handelte, die für die Trainer des DBV für den Leistungsbereich der Nationalspieler aufgrund der besonderen taktischen Anforderungen von Interesse war. Der vordere Spieler im Doppel hat bei eigenem Angriff die Aufgabe, alle Bälle die zu flach durch seine Reichweite gespielt werden, offensiv zurückzuschlagen. Durch die kurze Distanz, die der Ball bis zu seiner Position zurücklegt, ist seine Reaktionszeit deutlich kürzer als die des Spielers im Rückraum und die schnelle visuelle Wahrnehmung auf dieser Position von besonderer Bedeutung.

Sowohl die Spielerinnen als auch die Spieler richten ihren Blick überwiegend auf den *parallel stehenden Gegenspieler* (46 % respektive 58 %), nur selten auf den diagonalen Gegenspieler. Die Kategorie „unspezifisch" wird mit etwa 19 % bei den Frauen häufiger als bei den Männern mit etwa 14 % registriert. Offensichtliche Differenzen zwischen den Geschlechtern treten in den Kategorien auf, die sich auf den Ball beziehen (= Ballregion") und in der Kategorie „Treffpunkt". Die Frauen richten ihren Blick zu über 10 % auf den Bereich des zukünftigen Treffpunkts. Diese Kategorie wird bei den Männern kaum registriert. Die Männer neigen dagegen dazu, die „Ballregion" zu über 13 % zu fixieren.

3.4 Standardsituation (4): Eigener Angriff im Einzel

Für die vierte Spielsituation wurde der Zeitabschnitt während der Angriffsaktionen der Einzelspielerinnen und -spieler analysiert, der 200 ms vor dem eigenen Ballkontakt begann und mit dem Ballkontakt des Gegners bei der Abwehr des Angriffsschlags endete. Die Herangehensweise hier war ebenfalls explorativ und zielte darauf ab, die Blickbewegungen der Spieler bei ihrem eigenen Angriff zu erfassen.

Die Männer blicken *vor dem Ballkontakt* zu über 90 % auf die Ballregion. Bei den Frauen beträgt der entsprechende Wert nur 36,5 %. Dagegen wird bei den Frauen die Strategie der „Blickwanderung nach vorne", also das Ausrichten des Blicks zum gegnerischen Feld, ohne dass der Ball im Blickfeld erscheint, mit einer Häufigkeit von 35,4 % registriert. Bei den Männern hat diese Region einen Anteil von lediglich 0,5 %. Der Bereich, auf den die Spielerinnen ihren Blick *nach dem Ballkontakt* am häufigsten lenken, ist die Region „dem Ball voraus" mit einem Anteil von über 56,5 %. Es folgen die Kategorien „unspezifisch" und „dem Ball folgend" mit ca. 18 respektive 14 %. Zwar ist auch bei den Männern die am häufigsten fixierte Region die Kategorie „Blick vor den Ball", der Anteil ist aber mit ca. 42 % niedriger als bei den Frauen, ebenso die Häufigkeit der Fixationen des unspezifischen Bereichs. Die Männer fixieren dagegen häufiger als die Frauen den Bereich „dem Ball folgend" und blicken ebenfalls häufiger genau auf den Ball, auf den Gegenspieler und die Region zwischen dem Gegenspieler und dem Ball.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die Männer vor dem Ballkontakt deutlich mehr den Ball und die Region um den Ball herum fixieren, während die Frauen zu gleichen Teilen die Ballregion anvisieren oder den Blick bereits auf die Gegenseite richten – eine Strategie, die bei den Männern beinahe gar nicht registriert wird. Darüber hinaus wird bei den Männern die Kategorie unspezifisch generell deutlich seltener als bei den Frauen registriert.

Es ergibt sich hier die Frage nach den Ursachen für diese geschlechtsspezifischen Unterschiede. Im vorliegenden Projekt kann darauf keine Antwort gegeben werden. Dieser Sachverhalt sollte u. U. bei nachfolgenden Untersuchungen geklärt werden.

4 Diskussion und trainingspraktische Ableitungen

Generell ist hier anzumerken, dass in den detaillierten Ergebnisberichten des Projekts an den Verband zusätzlich zu den unten beschriebenen pauschalen Trainingsempfehlungen auch für jeden einzelnen Spieler individuell Auswertungen entwickelt und an die Trainer des DBV weitergegeben wurden.

4.1 Standardsituation (1): Spieleröffnung im Doppel

Es zeigte sich, dass die Blickstrategien der drei Versuchsgruppen Olympiateilnehmer, weitere Nationalspieler und Amateure statistisch und praktisch relevant voneinander differieren, indem die Spieler der besten Leistungsgruppe mehr die „zentrale Region" Ball, Schlägerkopf und Ballhand in den Blick fassen als die Nationalspieler der zweiten Leistungsgruppe und die Amateure. Dagegen wandert der Blick der Amateure und auch der B-Nationalspieler häufiger auf die Bereiche Kopf, linker Arm, Schulter, Torso und Bein. Die rechte Hand, also die Hand, die den Schläger hält, wird in der vorliegenden Untersuchung gar nicht registriert, ebenso wenig der Schlagarm. Dies steht im deutlichen Widerspruch zu der Untersuchung von Alder und Kollegen (2014), die diese Regionen bei einem vergleichbaren Experiment häufig erfasst hatten und die darüber hinaus feststellten, dass hochqualifizierte Spieler eher selten den Ball mit dem Blick erfassen. Gerade mehrere der leistungsfähigsten hier untersuchten Spieler blicken während des gegnerischen Aufschlags fast ausschließlich auf den Ball.

Auch wenn die Nationalspieler offensichtlich andere Blickstrategien anwenden als die Amateure, so kann dies nicht bezüglich der Länge der finalen Fixation nachgewiesen werden. Dort liegen keine relevanten Unterschiede zwischen den Expertisegruppen vor. Das heißt, dass sehr leistungsstarke Spieler vor dem Auslösen des Starts beim Rückschlag den Blick nicht länger fixiert halten als weniger leistungsfähige Badmintonspieler. Dementsprechend kann hier auch kein Zusammenhang zwischen der Dauer der finalen Fixation und der Schnelligkeit der motorischen Reaktion bestätigt werden.

Beim spielnahen Training der Spieleröffnung im Doppel sollte darauf geachtet werden, dass die Spieler während des Aufschlags den Blick vorrangig auf die zentralen Regionen Ball, Schläger und Ballhand richten. Ein Abschweifen des Blicks auf „unspezifische" oder distale Bereiche sollte vermieden werden. Ein weiterer Faktor, auf den eingewirkt werden sollte, ist die Schlagtechnik beim Rückschlag. Einige Spieler könnten offensichtlich effektiver agieren, indem sie den Arm ohne Absenken des Schlägers geradlinig zum Ball führen. Zuletzt gibt es beim schnellkräftigen Start bei einigen Spielern Reserven. Insbesondere bei den Spielern, die beim schnellen Start zum Rückschlag unterdurchschnittlich abschneiden, sollte ein spezifisches Training der Schnellkraft helfen, den explosiven Start zum Ball zu verbessern.

4.2 Standardsituation (2): Abwehr im Einzel

Der Ball bzw. die Region um den Ball ist der Bereich am häufigsten betrachtet wird, der Gegenspieler wird eher selten – bei einigen Spielern überhaupt nicht – mit dem Blick erfasst. Die Unterschiede in den Blickstrategien scheinen aber nicht mit der Spielleistung der jeweiligen Spieler zusammen zu hängen, denn statistisch relevante Abweichungen in den Blickstrategien von Nationalspielern und Amateuren konnten nicht festgestellt werden. Auch die Annahme, dass die leistungsstärkeren Spieler eine längere Dauer der finalen Fixationen zeigen, konnte nicht bestätigt werden. Die mittlere Fixationsdauer der Gruppe der Nationalspieler und der Amateure sind nahezu identisch. Damit kann auch kein Zusammenhang zwischen der Dauer der finalen Fixation und der Schnelligkeit der motorischen Aktion nachgewiesen werden.

Mit den vorliegenden Daten kann nicht auf eine überlegene Blickstrategie der leistungsfähigeren Spieler geschlossen werden, somit sind auch konkrete Trainingsableitungen derzeit nicht angezeigt.

4.3 Standardsituation (3): Vorderspieler im Doppel

Die Spielerinnen richten ihren Blick zu über 10 % auf den Bereich des zukünftigen Treffpunkts. Diese Kategorie wird bei den Männern kaum registriert. Die Männer neigen dagegen dazu – insbesondere kurz vor der Abwehraktion der Gegenspieler –, die „Ballregion" mit dem Blick zu erfassen. Ähnlichkeiten bestehen darin, dass Frauen und Männer überwiegend ihren Blick auf den parallel stehenden Gegenspieler richten, nur selten auf den diagonalen Gegenspieler. Auch das „Abschweifen" des Blicks auf unspezifische Bereiche passiert mit 15-19 % ähn-

lich häufig. Generell kann davon ausgegangen werden, dass die Blickrichtung auf unspezifische Regionen, die in der Regel abseits des zentralen Geschehens verortet sind, die Aufmerksamkeit beeinträchtigt. Dagegen ist das konstante Fixieren einer bestimmten Region, wie den parallel stehenden Gegenspieler oder den zukünftigen Treffpunkt, wahrscheinlich eher günstig für die zielgerichtete Lenkung der Aufmerksamkeit. Demnach könnte es geboten sein, bei Spielern, die überdurchschnittlich oft keine spezifischen Bereiche fixieren, mit situationsspezifischen Übungen zur Wahrnehmung auf die Blickstrategien einzuwirken.

Nach den vorliegenden Ergebnissen sollten die trainierenden Spieler dabei bewusst ihren Blick auf den Torso des parallel stehenden Gegenspielers und auf die Ballflugbahn oder den zukünftigen Treffpunkt richten.

4.4 Standardsituation (4): Eigener Angriff im Einzel

Ableitungen wurden hier mit einer gewissen Vorsicht entwickelt, da die Resultate im Gruppenvergleich wenig Hinweise auf überlegene Blickstrategien ergaben. Deshalb wurde der leistungsfähigste Spieler der Stichprobe als Referenz herangezogen, in der Annahme, dass dessen Blickverhalten wahrscheinlich durch eine große Effizienz gekennzeichnet ist. Vor dem Ballkontakt sollte vorrangig auf die Ballregion fokussiert werden, nicht auf unspezifische und von der Ballflugbahn abweichende Bereiche. Nach dem Ballkontakt sollte der Blick sehr schnell dem Ball folgen und erneut auf den Ball oder den Bereich vor den Ball gerichtet werden und zusätzlich – sehr kurz – die Aktion des Gegenspielers geprüft werden, während sich der Ball auf seiner Flugbahn in das gegnerische Feld befindet.

5 Literatur

Abernethy, B. & Russell, D. G. (1987). Expert-novice differences in an applied selective attention task. *Journal of sport psychology, 9*, 326-345.

Abian-Vicen, J., Castanedo, A., Abian, P. & Sampedro, J. (2013). Temporal and notational comparison of badminton matches between men's singles and women's singles. *International journal of performance analysis in sport, 13* (2), 310-320.

Abián, P., Castanedo, A., Feng, X. Q., Sampedro, J. & Abian-Vicen, J. (2014). Notational comparison of men's singles badminton matches between Olympic Games in Beijing and London. *International journal of performance analysis in sport, 14* (1), 42-53.

Alder, D., Ford, P. R., Causer, J. & Williams, A. M. (2014). The coupling between gaze behavior and opponent kinematics during anticipation of badminton shots. *Human movement science, 37*, 167-179.

Gawin, W. (2017). *Ergebnisbericht „Abwehr im Einzel"*. Ergebnisbericht. Technische Universität Chemnitz, Insitut für Bewegungswissenschaften. Chemnitz.

Gawin, W., Beyer, C., Büsch, D. & Hasse, H. (2012). Analyse der Olympischen Spiele 2012 in der Sportart Badminton. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft, 19* (2), 16-34.

Gawin, W., Beyer, C., Büsch, D. & Høi, J. (2012). Die asiatische Überlegenheit beim Schmetterschlag: Videometrische Analysen der internationalen Badmintonelite im Wettkampf. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft, 19* (1), 67-81.

Gawin, W., Beyer, C. & Seidler, M. (2015). A competition analysis of the single and double disciplines in world-class badminton. *International journal of performance analysis in sport, 15* (3), 997-1006.

Gawin, W., Gaudel, J., Fries, U. & Liebold, B. (2017). *Ergebnisbericht „Rückschlag im Doppel“*. Ergebnisbericht. Technische Universität Chemnitz, Insitut für Angewandte Bewegungswissenschaften. Chemnitz.

Gawin, W., Kühnel, T., Fries, U. & Liebold, B. (2016). *Ergebnisbericht „Eigener Angriff im Einzel“*. Ergebnisbericht. Technische Universität Chemnitz, Institut für Angewandte Bewegungswissenschaften. Chemnitz.

Hagemann, N. & Memmert, D. (2006). Coaching anticipatory skill in badminton: Laboratory versus field-based perceptual training. *Journal of human movement studies, 50* (6), 381-398.

Hagemann, N. & Strauß, B. (2006). Perzeptive Expertise von Badmintonspielern. *Zeitschrift für Psychologie/Journal of psychology, 214* (1), 37-47.

Jendrusch, G. (2011). Dynamisches Sehen im Sport. *Aktuelle Kontaktologie, 6* (18), 26-29.

Jin, H., Xu, G., Zhang, J. X., Gao, H., Ye, Z., Wang, P., et al. (2011). Event-related potential effects of superior action anticipation in professional badminton players. *Neuroscience letters, 492*, 139-144.

Lafont, D. (2008). Gaze control during the hitting phase in tennis: a preliminary study. *International journal of performance analysis in sport, 8* (1), 85-100.

Mann, D. L., Abernethy, B. & Farrow, D. (2010). Visual information underpinning skilled anticipation: The effect of blur on a coupled and uncoupled in situ anticipatory response. *Attention, perception, & psychophysics, 72* (5), 1317-1326.

Mann, D. T., Williams, A. M., Ward, P. & Janelle, C. M. (2007). Perceptual-cognitive expertise in sport: A meta-analysis. *Journal of sport and exercise psychology, 29* (4), 457.

Müller, S. & Abernethy, B. (2012). Expert anticipatory skill in striking sports: A review and a model. *Research quarterly for exercise and sport, 83* (2), 175-187.

Piras, A., Lobietti, R. & Squatrito, S. (2014). Response time, visual search strategy, and anticipatory skills in volleyball players. *Journal of ophthalmology, 2014*, 1-10.

Ripoll, H. (1989). Uncertainty and visual strategies in table tennis. *Perceptual and motor skills, 68* (2), 507-512.

Ripoll, H. & Fleurance, P. (1988). What does keeping one's eye on the ball mean? *Ergonomics, 31* (11), 1647-1654.

Shim, J., Carlton, L. G., Chow, J. W. & Chae, W.-S. (2005). The use of anticipatory visual cues by highly skilled tennis players. *Journal of motor behavior, 37* (2), 164-175.

Vickers, J. N. (1996). Visual control when aiming at a far target. *Journal of experimental psychology: human perception and performance, 22* (2), 342-354.

Vickers, J. N. & Williams, A. M. (2007). Performing under pressure: The effects of physiological arousal, cognitive anxiety, and gaze control in biathlon. *Journal of motor behavior, 39* (5), 381-394.

Williams, A. M., Singer, R. N. & Frehlich, S. G. (2002). Quiet eye duration, expertise, and task complexity in near and far aiming tasks. *Journal of motor behavior, 34* (2), 197-207.

Zwingmann, K., Gawin, W., Flade, K., Fries, U. & Gaudel, J. (2016). Ergebnisbericht „Eigener Angriff als Vorderspieler im Doppel“. Ergebnisbericht. Technische Universität Chemnitz, Institut für Angewandte Bewegungswissenschaften. Chemnitz.

Vergleich eines polarisierten Trainingsmodells mit dem aktuellen Trainingsmodell des Deutschen Ruderverbandes

(AZ 070707/16)

Gunnar Treff[1] (Projektleitung), Kay Winkert[1], Mahdi Sareban[2], Jürgen M. Steinacker[1], Martin Becker[3] & Billy Sperlich[4]

[1]Uniklinik Ulm, Sektion für Sport- und Rehabilitationsmedizin
[2]Paracelsus Medizinische Privatuniversität Salzburg, Österreich, Universitätsinstitut für präventive und rehabilitative Sportmedizin
[3]Universität Würzburg, Institut für Informatik, DMIR Research Group
[4]Universität Würzburg, Integrative und experimentelle Trainingswissenschaft

1 Fragestellung

In den letzten Jahren wurden im Ausdauersport so genannte polarisierte Trainingsintensitätsverteilungen als überlegen diskutiert (Laursen et al., 2002; Stöggl und Sperlich, 2014). Polarisierte Verteilungen sind im Allgemeinen durch einen hohen Gesamttrainingsumfang gekennzeichnet, dessen Großteil die Athleten im Grundlagenbereich (Zone 1: < 2 mmol/L Blutlaktat) absolvieren. Im Unterschied zu pyramidenförmigen Trainingsintensitätsverteilungen liegt der Anteil hochintensiver Belastungen (Zone 3: > 4 mmol/L Blutlaktat) deutlich höher als der des Laktatschwellentrainings in (Zone 2: < 2 mmol/L Blutlaktat). Eine exemplarische polarisierte Verteilung wäre z. B. 80 % Zone 1 - 0 % Zone 2 - 20 % Zone 3 (80-0-20) (Seiler und Kjerland, 2006). Die Übergänge zwischen den Modellen der Trainingsintensitätsverteilungen sind fließend, und es existiert bislang kein Maß, das den Grad einer Polarisierung quantifiziert oder polarisierte von nicht polarisierten Verteilungen klar abgrenzt.

Die Trainingsmethodische Grundkonzeption des Deutschen Ruderverband (DRV) sieht einen relativ hohen Trainingsumfang auf Basis einer pyramidenförmigen Trainingsintensitätsverteilung vor (92-5-3).

Wir zielten in diesem Projekt mit dem Deutschen Ruderverband auf die Beantwortung der Frage, ob ein an ruderspezifische Bedingungen angepasstes, polarisiertes Trainingsmodell dem aktuellen pyramidenförmigen DRV-Trainingsmodell hinsichtlich der Entwicklung der ruderspezifischen Leistungsfähigkeit überlegen ist.

2 Methode

Für einen prospektiven Gruppenvergleich teilten wir insgesamt 16 männliche U23-Leistungsruderer, die sich nicht signifikant hinsichtlich Alter, Körpermasse oder Leistungsfähigkeit unterschieden, an zwei Standorten in jeweils zwei Teilgruppen auf, die 11 Wochen lang entweder nach dem aktuellen DRV-Modell (DRV: 93-5-2) oder nach einem polarisierten Modell (POL: 88-2-10) trainieren sollten. Am Ende des Studienzeitraums stand eine wichtige nationale Regatta, und es war beiden Gruppen ausdrücklich erlaubt, die Intensitätsverteilung zur Vorbereitung auf diesen Wettkampf zu periodisieren, d. h. dynamisch anzupassen.

Die tatsächliche Verteilung der Trainingsintensität wurde anhand des skizzierten 3-Zonenmodells auf Grundlage der Trainingsprotokolle berechnet. Vor und nach der Trainingsintervention wurde die Leistungsfähigkeit durch einen submaximalen Laktatstufentest zur Bestimmung der Leistung bei einer Blutlaktatkonzentration von 2 und 4 mmol/L (P2 und P4), einen 2000-m-Ergometer-Test und einen $\dot{V}O_{2max}$-Rampentest ermittelt.

Um die Ausprägung der polarisierten Verteilung zu quantifizieren und polarisierte von nichtpolarisierten Trainingsintensitätsverteilungen zu unterscheiden, berechneten wir einen Polarisations-Index gemäß der Formeln 1-3.

$$\textit{Polarisations-Index (arb.U.)} = \log \frac{\%\text{Zone 1}}{\%\text{Zone 2} \times \%\text{Zone 3}} \qquad \textbf{Formel 1}$$

Wenn Zone 2 = 0 %, gilt:

$$\textit{Polarisations-Index (arb.U.)} = \log \frac{\%\text{Zone 1}}{0.1\ \% \times (\%\text{Zone 3} - 0.1\ \%)} \qquad \textbf{Formel 2}$$

Wenn Zone 3 = 0 %, gilt:

$$\textit{Polarisations-Index (arb.U.)} = 0 \qquad \textbf{Formel 3}$$

Hierbei wurden Werte ≤ 2,0 arb.U. als nicht-polarisierte Intensitätsverteilung und Werte > 2,0 als zunehmend polarisiert interpretiert.

3 Ergebnisse

Vierzehn Athleten schlossen die Studie ab (DRV: N = 7; POL: N = 7). Das spezifische Training von DRV- und POL-Gruppe unterschied sich nicht signifikant hinsichtlich des Trainingsumfangs (1334 ± 67 km vs. 1255 ± 264 km; p = .47), der Dauer (5953 ± 315 min vs. 5919 ± 1216 min; p = .95) oder der Häufigkeit (80 ± 4 Einheiten/Woche vs. 84 ± 13 Einheiten/Woche; p = .41). Der tatsächliche Anteil von Zone 1 war in der POL-Gruppe ca. 5 % höher als geplant, so dass sich über die gesamten 11 Wochen kein signifikanter Gruppenunterschied im Grundlagenbereich ergab (Zone 1: 94 ± 3 % vs. 93 ± 2 %, p = .37). Wie geplant absolvierte die POL-Gruppe einen signifikant niedrigeren Anteil im Laktatschwellenbereich (Zone 2: 1 ± 1 % vs. 3 ± 2 %; p < .05) und einen höheren Anteil im hochintensiven Bereich (Zone 3: 6 ± 3 % vs. 2 ±1 %; p < .005) als die DRV-Gruppe. Zum Ende des Studienzeitraums erhöhten sich die Zone 3-Trainingsanteile in der DRV-Gruppe deutlich, was zu einem Polarisations-Index > 2.3 arb.U. während der letzten drei Wochen führte. Die Anzahl von Krankheitstagen und geplantem Trainingsfrei war nicht signifikant unterschiedlich. (DRV: 3 (1-7); POL 4 (1-11) (Median (min-max). p = .81).

Keine der erfassten Leistungsgrößen veränderte sich in einer der beiden Gruppen signifikant (Tab. 1). Bemerkenswert ist, dass sich P2 und P4 nur in der DRV-Gruppe tendenziell erhöhten, in der drei Ruderer (43 %) ihren P4-Wert über mehr als 3.3 % (kleinste lohnende Veränderung) verbessern konnten, was einer kleinen Effektstärke entspricht. In der POL-Gruppe konnte das nur ein Ruderer (14 %) realisieren, was sich auch in der trivialen Effektstärke widerspiegelt. Negative Korrelationskoeffizienten deuteten darauf, dass niedrigere P2 (r = -0.56; p =.02) und P4-Werte (r = -.53; p = .05) mit höheren Umfängen in Zone 3 einhergingen.

Die mittlere Leistung im 2000-m-Test stellt die physiologische Schlüsselvariable im Rudern dar. Die weitergehende Analyse zeigte tendenzielle Vorteile für die POL-Gruppe, in der 83 % der Athleten ihre Leistung um mehr als 1.3 % (kleinste lohnende Veränderung (Soper und Hume, 2004) verbessern konnten, in der DRV Gruppe hingegen nur 57 %. Die Verteilung war allerdings nicht signifikant unterschiedlich (p = .56, Fishers exact Test).

Tab. 1: Leistungskennwerte von 14 Hochleistungsruderern vor und nach einem 11-wöchigen Training einer pyramidenförmigen (DRV) oder polarisierten (POL) Trainingsintensitätsverteilung.

Messgröße	POL (N = 7)				DRV (N = 7)			
	Baseline	Post	Δ %	p	Baseline	Post	Δ %	p
$\dot{V}O_{2max}$ (mL/min/kg)	64 ± 3	64 ± 2	1,7 ± 5,6	.52	68 ± 7	68 ± 7	0,6 ± 2,8	.69
t_{2000m} (s)	369 ± 8	367 ± 6	-0,5 ± 0,6	.06	372,0 ± 10	369,8 ± 8,4	-0,5 ± 0,9	.22
P_{2000m} (W)	447 ± 27	454 ± 24	1,5 ± 1,7	.06	438 ± 36	444 ± 30	1,5 ± 2,6	.26
P2 (W)	291 ± 26	298 ± 19	3,0 ± 5,6	.23	297 ± 16	297 ± 27	0,2 ± 5,9	.90
P4 (W)	336 ± 25	341 ± 20	1,9 ± 4,8	.37	337 ± 17	336 ± 24	-0,5 ± 4,1	.80

POL bzw. DRV = Polarisierte bzw. DRV-typische, pyramidenförmige Trainingsintensitätsverteilung; $\dot{V}O_{2max}$ = Maximale Sauerstoffaufnahme; P_{2000m} bzw. t_{2000m} = Mittlere Leistung bzw. Fahrzeit im 2000-m-Ergometertest; P2 bzw. P4 = Leistung im Ruderergometerstufentest mit einer Blutlaktatkonzentration von 2 bzw. 4 mmol/L.

Abb. 1 zeigt die Leistungsänderung in Abhängigkeit vom mittleren Polarisations-Index über den Studienzeitraum. Offensichtlich war die tatsächlich realisierte Trainingsintensitätsverteilung individuell verschieden und mit einer Ausnahme konnten alle Ruderer ihre 2000-m-Leistung relevant verbessern, wenn der Polarisations-Index größer als 2.0 arb.U. war.

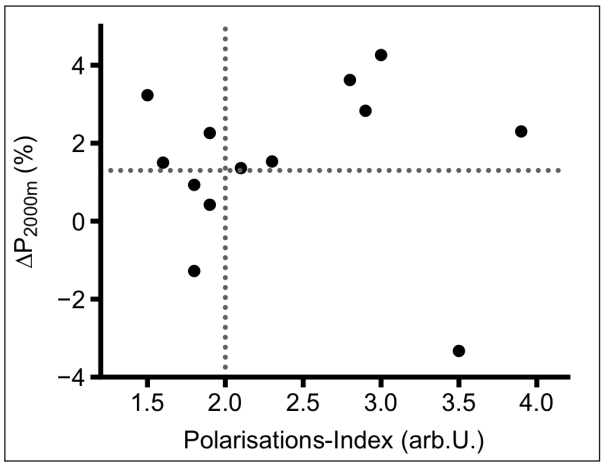


Abb. 1: Prozentuale Veränderung der mittleren Leistung im 2000-m-Ergometertest bei 14 Leistungsruderern. Die gestrichelten Linien markieren einen Polarisations-Index von 2.0 arb.U., der die Schwelle von nicht-polarisierten zu polarisierten Trainingsverteilungen darstellt, bzw. den prozentualen Messfehler der 2000-m-Leistung nach Soper und Hume (2004).

4 Diskussion

Anders als in den Studienergebnissen aus anderen Ausdauersportarten (Neal, et al., 2013; Stöggl und Sperlich, 2014) und einer Studie mit wenig trainierten Ruderern (Ní Chéilleachair, Harrison und Warrington, 2016) , zeigte sich in diesem Projekt bei einem hohen Grundlagenanteil von ca. 93 % keine signifikante Überlegenheit einer polarisierten gegenüber einer pyramidenförmigen Intensitätsverteilung. Zwar war das Training der POL-Gruppe signifikant polarisiert, allerdings entsprach der Grundlagenanteil nahezu dem der DRV-Gruppe. Im Umkehrschluss entsprach die Summe intensiver und hochintensiver (Zone 2 + Zone 3) Trainingsanteile mit ca. 7 % zwar der DRV-Tradition (Steinacker et al. 1998), lag aber deutlich niedriger als in anderen Studien zum polarisierten Training (Ní Chéilleachair, Harrison und Warrington, 2016). Wir vermuten hier einen wesentlichen Grund für den Unterschied zu anderen Studienergebnissen.

Das Ausbleiben der Gruppenunterschiede wurde dadurch begünstigt, dass die DRV-Gruppe während der letzten drei Wochen die hochintensiven Trainingsanteile deutlich erhöht und somit de facto ebenfalls polarisiert trainiert hat (Polarisations-Index 2.3–3.2 arb.U.). Diese Periodisierung entspricht der aktuellen Trainingslehre und stellt deshalb keine Limitation der Studie dar.

Die unerwartet ausgebliebene Steigerung der Grundlagenausdauerkennwerte P2 und P4 in der POL-Gruppe ist offenbar mit hohen Anteilen hochintensiven Trainings (Zone 3) und gleichzeitig niedrigen Trainingsanteilen im Laktatschwellenbereich (Zone 2) assoziiert, was die Bedeutung des Laktatschwellentrainings für die Ruderleistung unterstreicht, die sich auch in den Trainingsintensitätsverteilungen internationaler Spitzenruderer widerspiegelt.

Schließlich zeigten sich häufiger relevante Verbesserungen der 2000-m-Leistung bei fast allen Ruderern, die unabhängig von ihrer Gruppe eine erkennbare Polarisierung aufwiesen. Wegen des fehlenden physiologischen Korrelats ist diese Verbesserung mutmaßlich auf eine verbesserte Bewegungsökonomie durch die längere Trainingszeit in wettkampfspezifischen Bereichen zurückzuführen.

5 Zusammenfassung

In diesem Projekt zeigte sich bei einem Grundlagenanteil von 93 % weder eine eindeutige Überlegenheit des pyramidenförmigen DRV Modells noch des polarisierten Trainingsmodells, wobei beide Modelle trainingswirksam waren. Tendenzielle Vorteile für die Grundlagenausdauer ergaben sich wegen der höheren Trainingsanteile im Laktatschwellenbereich für das DRV-Modell, aber im komplexen und hochintensiven Bereich deuteten sich Vorteile für das polarisierte Modell an.

Eine Folgestudie sollte daher untersuchen, ob eine deutliche Steigerung der intensiven und hochintensiven Trainingsanteile auf 12-15 % unter Beibehaltung des Laktatschwellentrainings einen Vorteil gegenüber der aktuellen DRV-Trainingskonzeption mit höherem Grundlagentrainingsanteil aufweist.

6 Literatur

Altenburg, D., Mattes, K. & Steinacker, J. M. (2012). *Manual for Rowing Training – Technique, Performance and Planning*. 2nd edition. Wiebelsheim: Limpert.

Laursen, P. B., Shing, C. M., Peake, J. M., Coombes, J. S. & Jenkins, D. G. (2002). Interval training program optimization in highly trained endurance cyclists. *Medicine and science in sports and exercise, 34* (11), 1801-1807.

Neal, C. M., Hunter, A. M., Brennan, L., O'Sullivan, A., Hamilton, D. L., De Vito, G. & Galloway, S. D. (2013). Six weeks of a polarized training-intensity distribution leads to greater physiological and performance adaptations than a threshold model in trained cyclists. *Journal of applied physiology, 114* (4), 461-471.

Ní Chéilleachair, N. J., Harrison, A. J. & Warrington, G.D. (2016). HIIT enhances endurance performance and aerobic characteristics more than high-volume training in trained rowers. *Journal of sports sciences*, 1-7.

Seiler, K. S. & Kjerland, G. Ø. (2006). Quantifying training intensity distribution in elite endurance athletes: is there evidence for an „optimal" distribution? *Scandinavian journal of medicine & science in sports, 16* (1), 49-56.

Seiler, S. & Tønnessen, E. (2009). Intervals, thresholds, and long slow distance: the role of intensity and duration in endurance training. *Sportscience, 13*, 32-53.

Soper, C. & Hume, P. A. (2004). Rowing: Reliability of power output during Rowing changes with Ergometer type and race distance. *Sports biomechanics, 3* (2), 237-248.

Steinacker, J. M., Lormes, W., Lehmann, M. & Altenburg, D. (1998). Training of rowers before world championships. *Medicine and science in sports and exercise, 30* (7), 1158-1163.

Stöggl, T. & Sperlich, B. (2014). Polarized training has greater impact on key endurance variables than threshold, high intensity, or high volume training. *Frontiers in physiology, 5* (33).

Modellbasierte Zeitoptimierung von Pacingstrategien für das Zeitfahren im Straßenradrennsport

(AZ 070705/16-17)

Markus Gruber (Projektleitung)[1], *Raphael Bertschinger*[1] *& Thomas Kaufmann*[2]

[1]Universität Konstanz
[2]Bund Deutscher Radfahrer

1 Problem

Im Einzelzeitfahren muss die Athletin oder der Athlet eine vorgegebene Strecke in der kürzest möglichen Zeit absolvieren. Im Spitzensport ist man nur mit einer idealen Pacingstrategie in der Lage, um den Sieg mit zu fahren. In der Praxis stellt sich die Berechnung einer optimalen Pacingstrategie als äußerst komplex heraus, wird diese doch von internalen (Leistungsphysiologie) und externalen (Streckenbedingungen) Faktoren und deren Interaktionen beeinflusst. V. a. beim profilierten Zeitfahren oder Bergzeitfahren stellt sich die Frage, wie eine optimale Pacingstrategie gefunden werden kann. Bisher haben nur wenige Studien den Einfluss verschiedener externaler Faktoren hinsichtlich einer Verbesserung der Pacingsstrategie untersucht (Atkinson & Brunskill, 2000; Atkinson, Peacock, & Passfield, 2007; Swain, 1997). Bei der Suche nach optimierten Pacingstrategien fanden internale Faktoren bisher noch keine Berücksichtigung.

In dem vorliegenden Forschungsvorhaben wurde ein neuer Ansatz zur Optimierung von Pacingstrategien gewählt. Auf Basis eines physikalischen Modells der Fahrradmechanik und eines individuellen physiologischen Modells wurde mit mathematischen Methoden eine optimierte Pacingsstrategie für ein Bergzeitfahren berechnet und getestet. Die folgenden Hypothesen wurden innerhalb des Forschungsvorhabens überprüft:

Hypothesen

- H1: Die modellbasiert optimierte Pacingstrategie ist der eigenen subjektiv gewählten Pacingstrategie in einem Bergzeitfahren überlegen.
- H2: Einer Kontrollstrategie, welche die identische Fahrzeit wie die optimierte Strategie besitzt, aber der eigenen Pacingstrategie entspricht, kann nicht bis zum Ende des Bergzeitfahrens gefolgt werden.

2 Methode

2.1 Probanden

Sechs gesunde männliche Probanden (MW ± SD: 28 ± 4 Jahre, 183 ± 5 cm, 76.3 ± 5.3 Kg) mit unterschiedlicher aerober Leistungsfähigkeit wurden rekrutiert und gaben ihre schriftliche Einwilligung.

2.2 Experimenteller Ablauf

Jeder Teilnehmer absolvierte fünf Tests auf einem Fahrradergometer an unterschiedlichen Tagen, mit einem Abstand von mindestens sieben Tagen. Der erste Test beinhaltete eine Leistungsdiagnostik. An den beiden darauffolgenden Testtagen, musste der Proband ein simuliertes Bergzeitfahren mit seiner eigenen

Pacingstrategie absolvieren. Diese drei Tests wurden herangezogen, um das physiologische Modell zu kalibrieren und anschließend eine optimierte Pacingstrategie und die Kontrollstrategie für die Bergzeitfahrstrecke zu berechnen. An den beiden letzten Testtagen absolvierten die Versuchspersonen das Bergzeitfahren entweder nach dieser optimierten Pacingsstrategie oder der Kontrollstrategie in einer randomisierten Zuteilung.

2.2.1 Simulatorfahrten

Für die Simulatorfahrten kam ein selbst entwickelter und validierter Fahrradsimulator (Dahmenet al., 2011) zum Einsatz, welcher in Echtzeit ein Video abspielt und diverse mechanisch relevante Parameter (z. B. Leistung, Steigung, verbleibende Distanz) visuell rückmeldet. Als Simulation wurde ein Bergzeitfahren auf einen realen Alpenpass (Ostseite Flüela-Pass, Schweiz; Distanz: 12 km; Höhengewinn: 923 Hm; Mittlere Steigung: 8.1 %) gewählt.

In der ersten Simulatorfahrt sollte der Proband sich mit der Strecke vertraut machen und eine erste persönliche Bestzeit erzielen. Hierfür wurde die Person angewiesen, das Ziel vollkommen ausbelastet zu erreichen. Zur bestmöglichen Einschätzung der Strecke wurden diverse mechanische Parameter als Echtzeit-Feedback mitgeteilt.

Am darauffolgenden Testtag wurde das Bergzeitfahren wiederholt, mit der Vorgabe, eine neue Bestzeit zu erzielen. Der Messaufbau blieb identisch, mit der Ausnahme, dass als zusätzlicher Feedbackparameter der Rückstand bzw. der Vorsprung zum vorherigen Bergzeitfahren (Angabe in m) kontinuierlich eingeblendet wurde. Mit den erworbenen Streckenkenntnissen und dem zusätzlichen Feedback sollte eine größtmögliche zeitliche Verbesserung bewerkstelligt werden.

In den beiden darauffolgenden Simulatorfahrten mussten die Probanden die identische Strecke absolvieren, nun jedoch unter der Vorgabe, sich an zwei unterschiedliche Pacingstrategien halten zu müssen. Eine Strategie wurde anhand mathematischer Optimierungsverfahren berechnet und wird im Folgenden als *optimale Strategie* bezeichnet. Die zweite Strategie wird als Kontrolle verwendet. Sie ist identisch mit der besten selbst gewählten Strategie des Probanden, mit dem Unterschied, dass ein Leistungsversatz hinzuberechnet wurde, um die identische Zeit wie mit der optimalen Strategie zu erreichen. Die Strategien wurden randomisiert und zugeteilt, um Reihenfolgeeffekte auszuschließen. Sowohl dem Teilnehmer als auch dem Untersuchungsleiter, der mit dem Proband in Interaktion trat, war die aktuelle Pacingstrategie nicht bekannt (Doppelblindverfahren).

2.2 Mechanisches Modell

Um das Verhältnis der vom Fahrer abgegebenen Leistung und der resultierenden Geschwindigkeit modellieren zu können, wurde das etablierte mechanische Modell nach Martin, Milliken, Cobb, McFadden, and Coggan (1998) eingesetzt. Dieses Modell wurde bereits in Feldversuchen als auch mit dem in dieser Studie verwendeten Fahrradsimulator von Dahmen et al. (2011) validiert. Um eine bessere numerische Stabilität in dem Optimierungsproblem zu erhalten, wurde in der Formel die Geschwindigkeit mit der kinetischen Energie nach Dahmen and Brosda (2016) ersetzt.

2.3 Physiologisches Modell

Um während des Zeitfahrens zu jedem beliebigen Zeitpunkt eine möglichst genaue Aussage über die im Körper verbleibenden Energiereserven machen zu können, wurde das nach Moritani, Nagata, deVries, and Muro (1981) erweiterte *Critical Power* Konzept von Monod and Scherrer (1965) eingesetzt. Dieses stellt die hyperbolische Beziehung zwischen konstanter Leistungsabgabe und der Zeit bis zur Ausbelastung einer Person dar (siehe Abb. 1 oben). Die Asymptote der Zeit-Leistungs-Relation beschreibt die Critical Power (CP), die theoretisch unendlich lange geleistet werden kann. Leistungen oberhalb CP sind zeitlimitiert. Moritani et al. (1981) begründeten ihr CP-Modell mit dem leistungsphysiologischen Konzept der anaeroben Schwelle (ANS), bei der die ANS analog zu CP verwendet wird. Mit steigender Leistung oberhalb der ANS bzw. CP wird vermehrt Energie über anaerobe Stoffwechselwege gewonnen, die über die Zeit zu einer Übersäuerung der Arbeitsmuskulatur und zum Arbeitsabbruch führt.

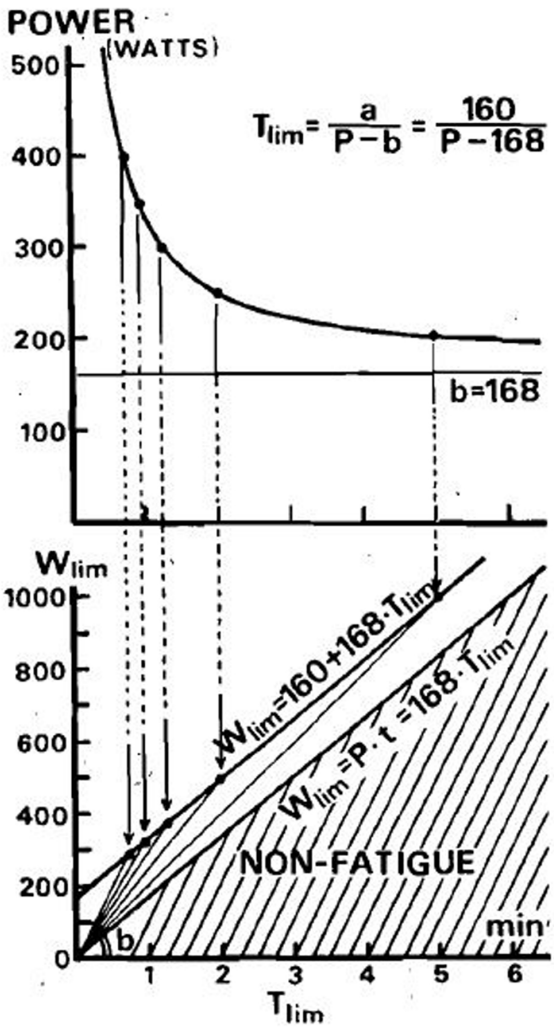


Abb. 1: Das Critical Power Konzept nach Moritani et al., 1981. Oben: Hyperbolische Beziehung zwischen konstanter Leistung und Zeit bis zur Ausbelastung. Unten: Die daraus berechnete verrichtete Arbeit. Ordinatenschnittpunkt definiert die Critical Power.

Um das CP-Modell für variable Leistungsprofile anwendbar zu machen, wird dieses in ein hydraulisches Modell (Abb. 2a) überführt. Dieses besitzt ein begrenztes anaerobes Energiereservoir (E_{an}) und ein unbegrenztes aerobes Reservoir (O), welche miteinander verbunden sind. Die maximale Flussrate vom aeroben in das anaerobe Reservoir ist durch CP (P_C) begrenzt. Die Entleerung (Abb. 2b) des anaeroben Reservoirs ist von der Leistungsabgabe (P) abhängig.

Liegt die Leistungsabgabe oberhalb CP, entleert sich der Tank, weil nicht ausreichend Energie aus dem aeroben Reservoir nachfließen kann. Ist das anaerobe Reservoir entleert, besagt das Modell, dass nur noch mit CP weitergefahren werden kann. Bei einer Leistung unterhalb CP

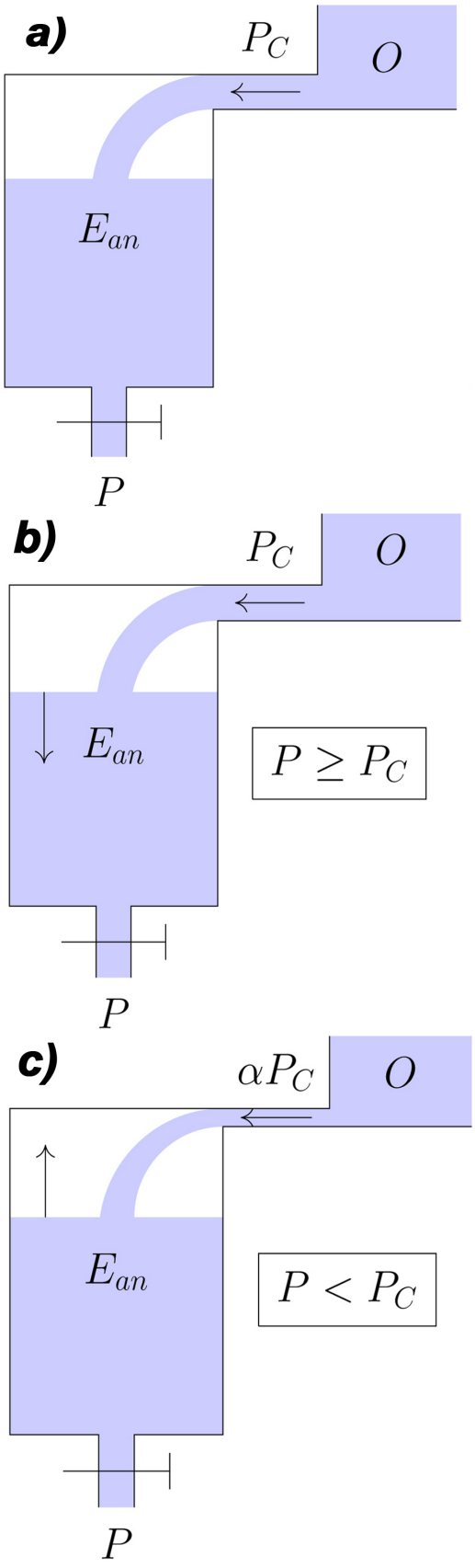


Abb 2: Schematische Darstellung des adaptierten hydraulischen CP-Modells für variable Leistungsabgabe. Füllstandgleichgewicht (a), Entleerung der anaeroben Energiereserven (b) und Wiederbefüllung (c).

findet eine Auffüllung des anaeroben Reservoirs mit der Rate von CP statt. Erste Simulationen haben jedoch gezeigt, dass diese Rate zu hoch ist. Um diesem Problem Rechnung zu tragen, wurde das Modell mit einem Dämpfungsfaktor (α) erweitert (Abb. 2c).

2.3.1 Parameterschätzung

Ausgehend von dem hydraulischen physiologischen Modell, besteht dieses aus drei Parametern, nämlich P_C, E_{an} und α. Diese werden durch ein numerisches, mathematisches Optimierungsverfahren ermittelt. Ausgehend von der Annahme, dass die Versuchspersonen zum Testbeginn maximal erholt und bei Testabbruch maximal ausbelastet sind, wurde die verbleibende anaerobe Kapazität am Ende jeder der ersten drei Laborversuche (Leistungsdiagnostik, Bergzeitfahren 1 & 2) minimiert (Abb. 3). Zusätzlich muss gewährleistet sein, dass die verbleibende anaerobe Kapazität während des Tests nicht unter Null fällt. Das daraus resultierende Minimierungsproblem wurde numerisch mit der Funktion *fmincon* gelöst, welche Bestandteil der Optimization Toolbox™ der kommerziellen Software Matlab (The Mathworks Inc., Natick, USA) ist.

Abb. 3 zeigt das Modellierungsergebnis für einen Probanden. Im oberen Schaubild ist die Leistungsverteilung während der ersten drei Fahrten beschrieben und im unteren die zugehörige verbleibende anaerobe Kapazität nach dem physiologischen Modell. Der Optimierungsalgorithmus hat dabei die physiologischen Parameter P_C, E_{an} und α so gewählt, dass die verbleibende Kapazität am Ende der Fahrten möglichst klein (nahe Null) ist und während der Fahrt immer positiv.

2.4 Pacingstrategien

Zur Berechnung einer optimalen Strategie muss die Zeit, die zur Bewältigung der Zeitfahrstrecke benötigt wird, minimiert werden. Daraus resul-

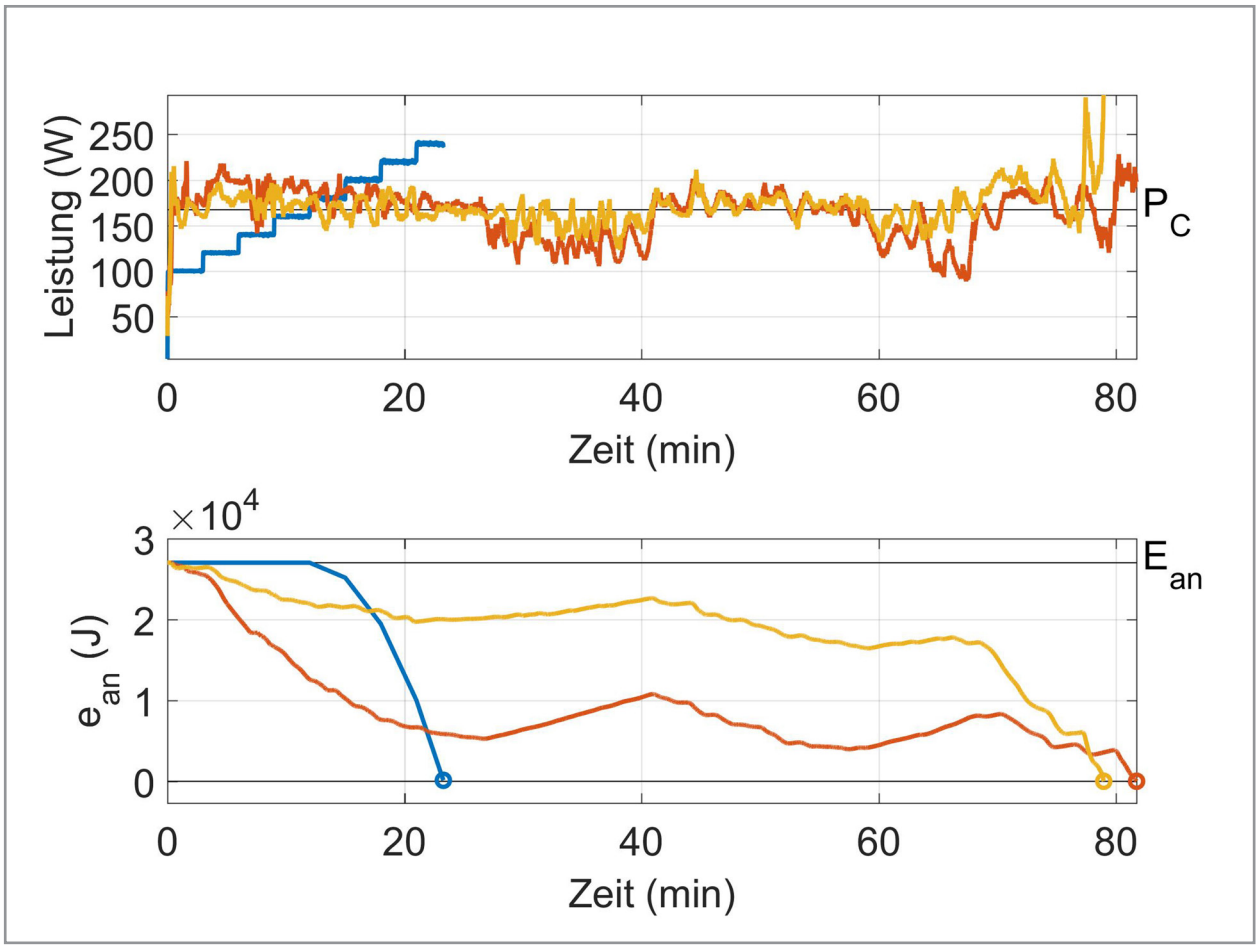


Abb. 3: Beispielhaftes Modellierungsergebnis eines repräsentativen Probanden. Oben abgebildet ist die Leistungsabgabe über die Zeit. Unten die entsprechende Restkapazität der anaeroben Kapazität.

tiert ein sogenanntes optimales Steuerungsproblem, um die beste Leistungsverteilung über den Kurs zu berechnen. Dieses wurde mit dem, speziell für diese Art von Problemen entwickelten, Löser GPOPS-II (RP Optimization Research LLC) gelöst. Um Problemen mit Singularitäten entgegen zu wirken, wurde zusätzlich eine Regularisierung eingeführt, welche große Leistungsschwankungen verhindert.

2.5 Statistische Analyse

Aufgrund der geringen Stichprobengröße wurde zunächst mit dem Shapiro-Wilks Test überprüft, ob eine mögliche Verletzung der Normalverteilung vorliegt. Im Falle einer Normalverteilung, wurden t-tests für gepaarte Stichproben durchgeführt ($p < 0.05$). Für die statistischen Analysen wurde die Open Source Software JASP (Version. 0.8.1.2., Amsterdam, Holland) genutzt.

3. Ergebnisse

Mit der optimalen Strategie wird signifikant weniger (t-test; $p < .01$) Zeit für das Bergzeitfahren benötigt als mit der eigenen Strategie. Aus Tab. 1 ist zu entnehmen, dass alle Probanden der Strategie folgen konnten und ihre Zeit minimierten. Der mittlere Zeitgewinn lag bei 1:08 Minuten.

Drei von sechs Probanden waren in der Lage, der Kontrollstrategie zu folgen und erreichten dadurch dieselbe Zeit wie mit der optimalen Strategie. Der mittlere Zeitverlust der Kontrollstrategie gegenüber der optimierten Strategie liegt bei 35 Sekunden. Der Zeitgewinn der Kontrollstrategie gegenüber der eigenen Strategie liegt bei 34 Sekunden. Diese Mittelwertdifferenz erreicht allerdings keine statistische Signifikanz (t-test; $p = .096$).

4. Diskussion

Im vorliegenden Projekt wurde erfolgreich ein physiologisches Modell zur Berechnung einer optimierten Pacingstrategie für ein simuliertes Bergzeitfahren entwickelt, implementiert und validiert. Mit einer auf Basis des neu entwickelten Modells berechneten Pacingstrategie waren alle getesteten Athleten in der Lage, eine vorgegebene Zeitfahrstrecke in kürzerer Zeit als mit einer subjektiv gewählten eigenen Strategie zu absolvieren. Dieses Ergebnis deutet darauf hin, dass das physiologisch-mechanische Modell zur Berechnung optimierter Pacingstrategien auch im Spitzensport Anwendung finden könnte. Die Modellparameter können für andere bekannte Bergzeitfahrstrecken angepasst werden. Damit ist eine Übertragbarkeit im Bereich „Bergzeitfahren“ prinzipiell gewährleistet. Interessanterweise konnten die Fahrzeiten bei drei Athleten durch die persönlich gewählte Strategie in gleichem Maße wie mit der optimierten Strategie gesteigert werden, indem der in den ersten Testfahrten selbst gewählte Leistungsverlauf so parallelverschoben vorgegeben wurde, dass die durch das Modell berechnete Zeit erreicht wurde. Drei weitere Athleten konnten eine derartige Strategie allerdings nicht bis zum Ende verfol-

Tab. 1: Ergebnissse der Fahrzeiten für die drei simulierten Bergzeitfahrten mit verschiedenen Pacingstrategien

VPN	Beste Eigene Strategie	< Differenz >	Optimierte Strategie	< Differenz >	Kontrollstrategie
	(hh:mm:ss)	%	(hh:mm:ss)	%	(hh:mm:ss)
1	00:43:03	-0.77	00:42:43	0.00	00:42:43
2	01:00:12	-1.27	00:59:26	0.00	00:59:26
3	00:44:28	-1.24	00:43:55	1.86	00:44:44
4	01:19:01	-2.74	01:16:51	2.41	01:18:42
5	00:58:17	-2.2	00:57:00	1.43	00:57:49
6	00:53:55	-3.24	00:52:10	0.00	00:52:10
MW	**00:56:29**	**-1.91**	**00:55:21**	**0.95**	**00:55:56**
SD	**00:13:05**	**0.89**	**00:12:30**	**0.99**	**00:11:53**

gen. Aufgrund der geringen Teilnehmerzahl in der vorliegenden Studie kann nicht endgültig geschlussfolgert werden, ob die modellbasierte Optimierung generell einer selbstgewählten forcierten Strategie überlegen ist. Dies müsste in einer Folgeuntersuchung mit einer ausreichend großen Athletengruppe überprüft werden.

Um eine weitere Generalisierbarkeit auf das Zeitfahren im Straßenradsport herzustellen, müsste das Modell auf z. B. profilierte Zeitfahrstrecken adaptiert und validiert werden. Außerdem müsste eine Überprüfung mit Spitzenathleten durchgeführt werden, um die Transfermöglichkeit in den Spitzensport zu demonstrieren.

5. Literatur

Atkinson, G., & Brunskill, A. (2000). Pacing strategies during a cycling time trial with simulated headwinds and tailwinds. *Ergonomics, 43* (10), 1449-1460. doi:10.1080/001401300750003899

Atkinson, G., Peacock, O., & Passfield, L. (2007). Variable versus constant power strategies during cycling time-trials: prediction of time savings using an up-to-date mathematical model. *Journal of sports science, 25* (9), 1001-1009. doi:10.1080/02640410600944709

Dahmen, T., & Brosda, F. (2016). *Robust Computation of Minimum-Time Pacing Strategies on Realistic Road Cycling Tracks*. Paper presented at the 11. Symposium der dvs-Sektion Sportinformatik, Magdeburg.

Dahmen, T., Byshko, R., Saupe, D., Röder, M., & Mantler, S. (2011). Validation of a model and a simulator for road cycling on real tracks. *Sports engineering, 14* (2-4), 95-110.

Martin, J. C., Milliken, D. L., Cobb, J. E., McFadden, K. L., & Coggan, A. R. (1998). Validation of a Mathematical Model for Road Cycling Power. *Journal of applied biomechanics, 14* (3), 276-291. doi:10.1123/jab.14.3.276

Monod, H., & Scherrer, J. (1965). The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics, 8* (3), 329-338.

Moritani, T., Nagata, A., deVries, H. A., & Muro, M. (1981). Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics, 24* (5), 339-350. doi:10.1080/00140138108924856

Swain, D. P. (1997). A model for optimizing cycling performance by varying power on hills and in wind. *Medicine and science in sports and exercise, 29* (8), 1104-1108.

Kraftasymmetrie der Beinstrecker: Neuronale oder muskuläre Ursachen?

(AZ 070708/16-17)

Robert Bollinger, Dieter Bubeck & Wilfried Alt (Projektleitung)
Universität Stuttgart, Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft

1 Problem

Aus Kohortenstudien geht hervor, dass ein gestörtes Seitenverhältnis der Beinkraftfähigkeit einen internen Risikofaktor für Belastungsschäden der unteren Extremität im Leistungssport darstellt (Bonci, 1999; Croisier, 2004; Freckleton & Pizzari, 2012; Knapik et al., 1991). Eine solche bilaterale Kraftasymmetrie kann das Ergebnis zahlreicher Faktoren sein, die miteinander in Wechselwirkung stehen. Dazu zählen die spezifische Belastungsstruktur einer bestimmten Sportart (Zvijac et al., 2014), die Dominanz einer Körperseite (Jones & Bampouras, 2010) sowie insbesondere Vorverletzungen (Schiltz et al., 2009). Die zugrunde liegenden neuronalen und muskulären Ursachen sind bislang nicht erforscht. Damit steht die Theoriebildung bezüglich der präventiven Wirksamkeit einer bestimmten Intervention gänzlich aus. Die vorliegende Studie zielt darauf ab, diesen Missstand zu beheben, indem der Einfluss des Muskelvolumens sowie der willkürlichen Aktivierungsfähigkeit auf die Kraftasymmetrie am Beispiel des M. quadriceps femoris analysiert wird. Auf Basis dieser Erkenntnisse sollen Handlungsanweisungen für die Prävention und Rehabilitation im Spitzensport bereitgestellt werden, durch deren Umsetzung die Kraftasymmetrie der Beinstrecker abgebaut und der Gesundheitsstatus der Spitzenathleten angehoben werden kann.

2 Methode

2.1 Versuchspersonen

Die untersuchte Stichprobe setzte sich aus 73 Bundeskaderathletinnen und Bundeskaderathleten unterschiedlicher Sportarten zusammen, die durch den Olympiastützpunkt Stuttgart betreut wurden. Die Versuchspersonen wiesen zum Zeitpunkt der Untersuchung weder akute noch chronische Überlastungssyndrome der unteren Extremität auf und partizipierten uneingeschränkt am Trainings- und Wettkampfbetrieb. In Tab. 1 sind die wichtigsten Daten der Studienteilnehmer zusammengefasst.

Inkludiert wurden Sportlerinnen und Sportler, die in einer Voruntersuchung eine Kraftasymmetrie der Beinstrecker von mindestens 15 % aufweisen. Dieses Screening diente neben der Probandenakquise auch als Gewöhnung an die Versuchsbedingungen. Es umfasste maximale isometrische und konzentrische isokinetische Knieextensionen beider Extremitäten. Die Stichprobe wurde durch eine nach Geschlecht und Sportart gematchte Kontrollgruppe (KG) komplettiert. Alle Versuchspersonen wurden über den Gegenstand und die möglichen Risiken der Untersuchung aufgeklärt und unterzeichneten eine Einverständniserklärung. In Abb. 1 werden die Gruppenzusammensetzung sowie die Sportartzugehörigkeit veranschaulicht.

Tab. 1: Personenstichprobe. Professional Training Age: PTA; Wochentrainingsstunden: WTU; Trainingsausfall: TA; Kraftasymmetrie-gruppe: KASY; Kontrollgruppe: KG.

	KASY	KG
N (m/w)	32	41
Alter (Jahre)	20,38±4,97	20,54±4,84
Gewicht (kg)	72,72±13,21	75,33±14,34
Größe (cm)	176,94±8,37	176,65±17,68
PTA (J.)	11,70±6,60	10,56±6,31
WTU (h)	15,54±6,38	14,78±6,32
TA (Wo.)	27,64±32,46	24,24±43,68
	KASY (m)	**KG (m)**
N (m/w)	19	25
Alter (Jahre)	21,37±5,58	20,96±5,15
Gewicht (kg)	78,71±12,93	81,32±14,45
Größe (cm)	178,71±7,00	177,90±21,58
PTA (J.)	12,89±7,53	10,76±6,60
WTU (h)	14,88±7,10	14,29±6,45
TA (Wo.)	34,10±31,06	26,92±27,02
	KASY (w)	**KG (w)**
N (m/w)	13	16
Alter (Jahre)	18,92±3,43	19,87±4,23
Gewicht (kg)	63,96±7,50	65,95±7,53
Größe (cm)	174,35±9,47	174,69±8,20
PTA (J.)	9,96±4,40	10,25±5,80
WTU (h)	16,50±5,00	15,55±6,03
TA (Wo.)	28,69±34,38	32,19±60,36

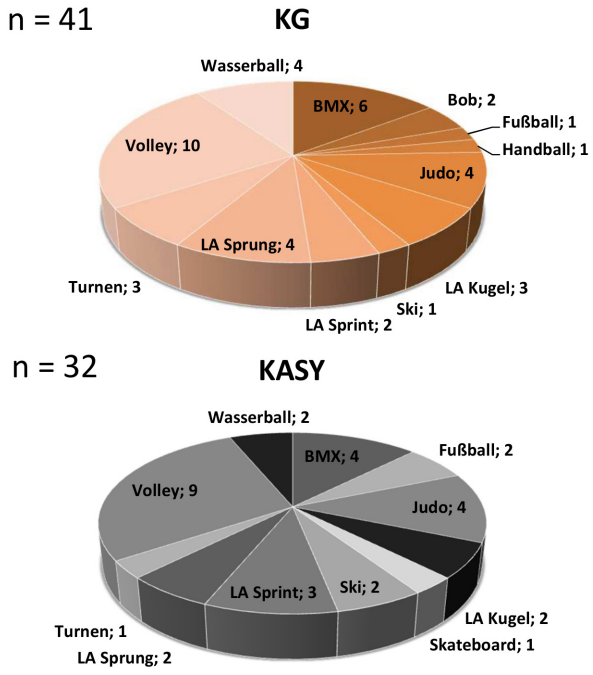


Abb. 1: Gruppenzusammensetzung. Leichtathletik: LA; Volleyball: Volley.

2.2 Muskelvolumetrie

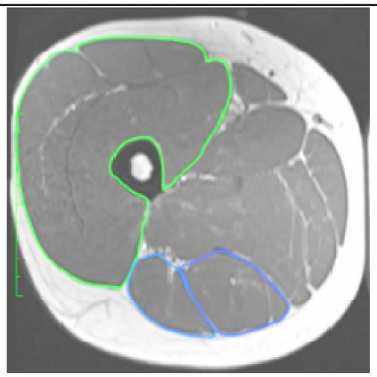
Die Bestimmung des Muskelvolumens erfolgte mittels Magnetresonanztomographie (MRT). In Rückenlage mit gestreckten Beinen wurden dazu beide Oberschenkel der Versuchspersonen von der Spina iliaca anterior superior bis zur Patella T1-gewichtet mit einer Schichtdicke von 1 cm gescannt. Verwendet wurden ein 1,5-T MRT (Magnetom Avanto, Siemens Healthcare GmbH, Deutschland) und folgende Messeinstellungen: time to echo: 13 ms; repetition time: 626 ms; matrix size: 512 x 336. Die MRT-Aufnahmen wurden im DICOM-Format exportiert und mit der OsiriX-Software (Pixmeo SARL, Schweiz) und einem Grafiktablet (Cintiq 22 HD, Wacom, Japan) von einem einzigen Versuchsleiter ausgewertet. Hierzu wurden die Muskelquerschnitte (cross-sectional area = CSA) des M. quadriceps femoris in jeder MRT-Aufnahme manuell eingezeichnet und erfasst (siehe Tab. 2).

2.3 Kraftmessungen

Die Kraftfähigkeit der Knieextensoren wurde durch isometrische sowie isokinetische Maximalkontraktionen (maximum voluntary contraction = MVC) beider Beine mit Bewegungsgeschwindigkeiten von 0, 60 und 180°/s erfass. Sämtliche Kraftmessungen wurden mit einem isokinetischen Dynamometer (IsoMed 2000, D&R Ferstl GmbH, Hemau, Deutschland) durchgeführt. Der Messablauf wird in Abb. 2 dargestellt.

Alle Testpersonen wurden mit einem Hüftwinkel von 90° auf dem Sitzpolster des Dynamometers positioniert und mit einem Hüftgurt sowie Schulterpolstern fixiert (siehe Tabelle 2). Es wurde darauf geachtet, dass die Drehachse des Dynamometers mit der Gelenkachse übereinstimmte. Das Schienbeinpolster wurde ca. 5 cm oberhalb des Malleolus medialis positioniert. Alle Geräteeinstellungen wurden systemseitig gespeichert und für die Sicherstellung gleicher Messbedingungen auf beide Extremitäten angewendet. Die isometrischen MVC wurden bei einem Kniewinkel von 80° absolviert. Die Probanden waren angehalten auf Kommando schnellstmöglich das maximale Drehmoment zu erreichen und dieses über 3 s aufrecht zu halten. Der Bewegungsbereich bei den isokine-

Tab. 2: Methoden (Kraft und MRT).

Kraftdiagnostik	Magnetresonanztomographie	Muskelvolumetrie
IsoMed 2000	1.5-T Magnetom Avanto	OsiriX 8.5
Knieflexion/-extension (60, 180, 0 °/s)	Schichtdicke: 1 cm T1-gewichtete axiale Scans	M. quadriceps femoris Ischiocrurale Muskulatur
		

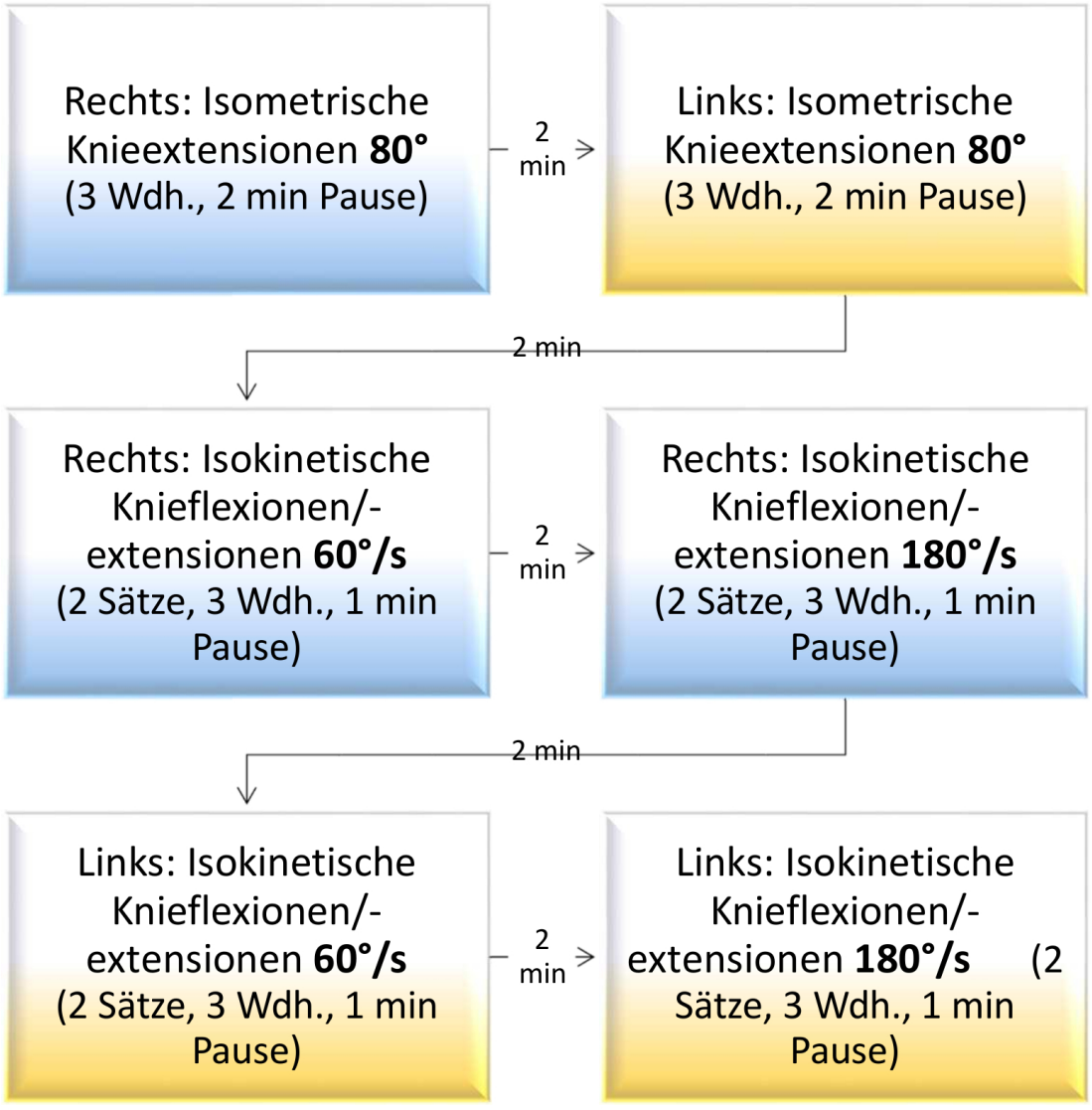


Abb. 2: Protokoll Kraftmessung.

tischen MVC (60, 180 °/s) betrug 90°. Die Testpersonen wurden durch den Versuchsleiter bei jedem Versuch verbal motiviert. Die Daten wurden exportiert und mit der ISA-Software (CSI, Deutschland) offline analysiert.

2.4 Interpolated Twitch Technique

Die Bestimmung der willkürlichen Aktivierungsfähigkeit des M. quadriceps femoris (voluntary activation = VA) erfolgte auf Basis transkutaner elektrische Nervenstimulationen des N. femoralis (TENS) während isometrischer MVC der Knieextensoren durch die sogenannte Interpolated Twitch Technique (ITT; Allen, Gandevia, & McKenzie, 1995; Behrens, Mau-Moeller, & Bruhn, 2012). Generiert wurden die Stimulationen durch ein Laborreizgerät (Digitimer, DS7A, UK) mit einer maximalen Stromstärke von 100 mA und einer maximalen Spannung von 400 V. Als Kathode wurde eine selbstangefertigte Stabelektrode (Durchmesser von 1 cm^2) verwendet, die in einen Hüftgurt integriert und in der Hüftbeuge auf Höhe des N. femoralis angebracht wurde. Die Anode, eine Einwegoberflächenelektrode (Spes Medica, CDES003545, Italien) mit einem Durchmesser von 35 x 45 mm, wurde auf dem Trochanter major desselben Beins platziert. Jede Nervenreizung bestand aus zwei aufeinanderfolgenden Rechteckimpulsen (= Doublet; 2 x 1 ms Dauer; 10 ms Abstand). Die Spannung betrug 400 mV. Die Reizabgabe wurden mit der STIMULI-Software (Pfitec, Deutschland) so moduliert, dass sowohl 2 s nach Kontraktionsbeginn als auch 2 s nach Kontraktionsende ein Doublet appliziert wurde. Die Reize wurden durch einen A/D-Wandler (National Instruments, PCI-6229, USA) im Reizrechner ausgegeben. Über eine analoge Ausgabe wurde so das Stimulationsgerät ausgelöst. Die Stromstärke der Reizung wurde durch eine speziell angefertigte Reizverlängerung gemessen und kontrolliert. Ein speziell angefertigter digitaler Auslöser wurde als Bindeglied zwischen der Reizabgabe durch den Reizrechner und der Signalaufnahme durch den Aufnahmerechner genutzt.

2.5 Datenauswertung und statistische Methoden

Die Muskelvolumina des M. quadriceps femoris (V_{QF}) wurden bestimmt, indem die CSA mit der Schichtdicke multipliziert und über die gesamte Muskellänge aufsummiert wurden. Für alle MVC wurde die maximale Amplitude (Maximales Drehmoment = M_{max}) bestimmt. Die willkürliche Aktivierungsfähigkeit der Quadricepsmuskulatur wurde mit der Formel %VA = (1 − überlagerte Zuckung x (M_v/Mmax) x control twitch^{-1}) x 100 berechnet, wobei M_v für das Drehmoment unmittelbar vor der Nervenstimulation steht (Behrens et al., 2012). Versuche, für die galt $M_v \leq 95$ % von Mmax, wurden nicht ausgewertet. Die OEMG der dynamischen MVC wurden gleichgerichtet und geglättet (Root Mean Square = RMS 50 ms; de Luca, 1997). Für die weiteren statistischen Auswertungen wurde die durchschnittliche Muskelaktivierung über die gesamte Dauer der MVC berechnet.

Die Untersuchung der Kraftasymmetrien erfolgte über die Bildung von Symmetrieindizes (Limb Symmetry Index = LSI) nach der Formel LSI = (links-rechts)/$Maximum_{li,re}$ * 100. Unterschiede zwischen der Kraftasymmetriegruppe (KASY) und der KG wurden durch t-Tests nach Student geprüft. Des Weiteren wurde der Einfluss des Muskelvolumens und der willkürlichen Aktivierungsfähigkeit auf die Kraftasymmetrien bei unterschiedlichen Bewegungsgeschwindigkeiten (LSI_M_{max}Ext0, LSI_M_{max}Ext60, LSI_M_{max}Ext180) durch stufenweise multiple lineare Regressionen analysiert. Die statistische Datenanalyse wurde mit SPSS Statistics 23 (IBM, US) durchgeführt.

3 Ergebnisse

Die Gruppenvergleiche der erhobenen Parameter ergaben keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen der KASY und der KG, ausgenommen der Kraftasymmetrien, der Asymmetrien der willkürlichen Aktivierungsfähigkeit sowie der Quadricepsvolumenasymmetrien (siehe Abb. 3).

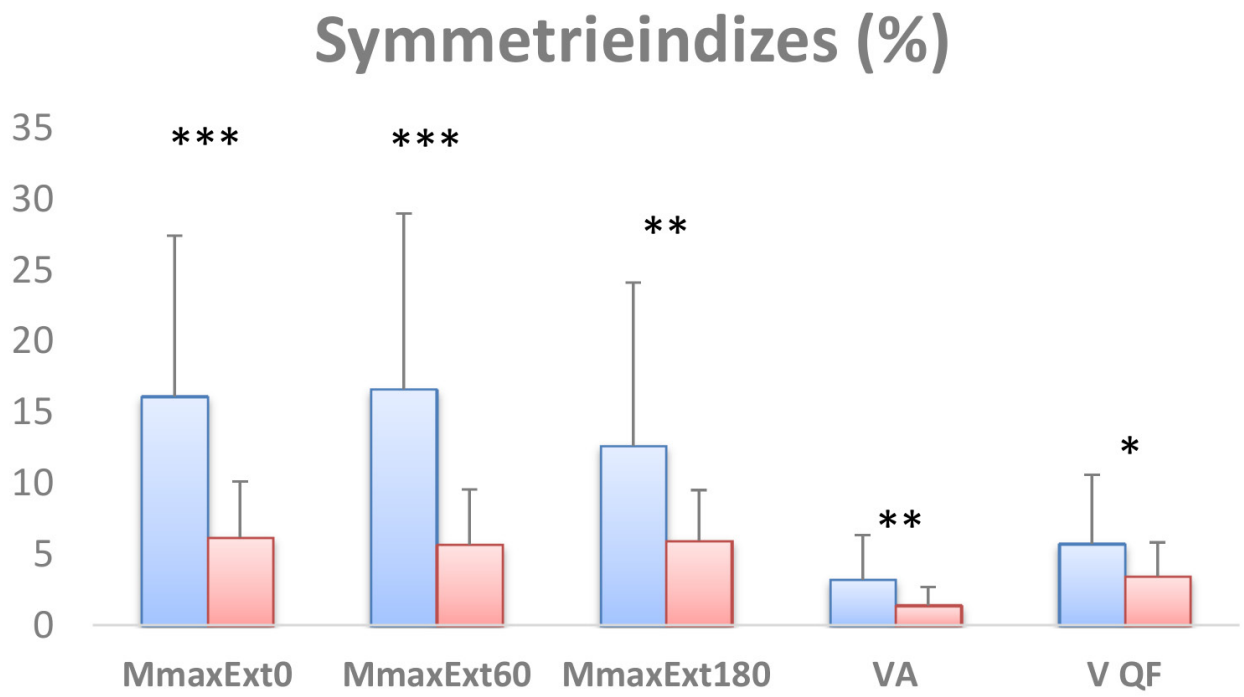


Abb. 3: Gruppenvergleiche der mittleren Beträge der Kraftasymmetrien, Muskelvolumenasymmetrien und Aktivierungsasymmetrien der Knieextensoren. Maximales Drehmoment bei Knieextensionen mit Bewegungsgeschwindigkeiten von 0, 60 und 180°/s: MmaxExt0, MmaxExt60, MmaxExt180; Willkürliche Aktivierungsfähigkeit: VA; Muskelvolumen M. quadriceps femoris: V QF.

Die Regressionsanalysen ergaben, dass 50 % (LSI_M_{max}Ext0) bzw. 40 % (LSI_M_{max}Ext60) und 30 % (LSI_M_{max}Ext180) der Varianz der Kraftasymmetrien durch die Volumenasymmetrien und die Asymmetrien der willkürlichen Aktivierungsfähigkeit erklärt werden konnten (r_0 = 0,705; r_{60} = 0,629; r_{180} = 0,543; alle $p < 0{,}0001$). Mit steigender Bewegungsgeschwindigkeit nahm die Stärke des Zusammenhangs zwischen LSI_M_{max} und LSI_VA (r_0 = 0,498; r_{60} = 0,351; r_{180} = 0,260) im Gegensatz zu den Korrelationen zwischen LSI_M_{max} und LSI_V_{QF} (r_0 = 0,592; r_{60} = 0,583; r_{180} = 0,543) allerdings beträchtlich ab. Da der Zusammenhang zwischen LSI_M_{max}Ext180 und LSI_VA nicht signifikant ausfiel, wurde die Variable LSI_VA für eine präzisere Prognose aus dem Regressionsmodell ausgeschlossen. Die Zusammenhänge zwischen den Kraftasymmetrien bei isometrischen MVC und den Muskelvolumenasymmetrien bzw. den Aktivierungsasymmetrien sowie den Prognostizierten Kraftasymmetrien des Regressionsmodells werden in Abb 4 dargestellt.

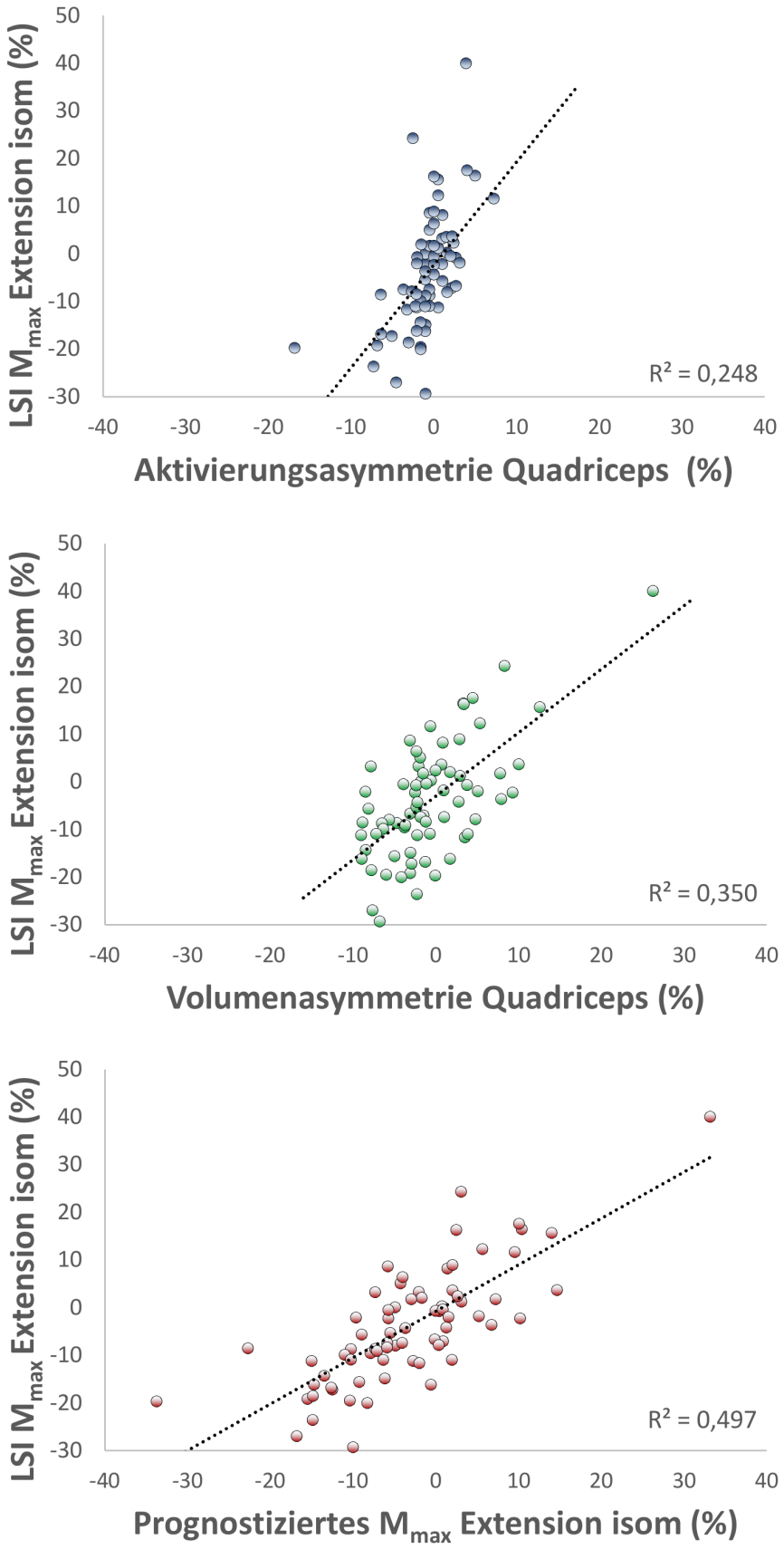


Abb. 4: Streudiagramme zur Darstellung der Zusammenhänge zwischen Kraftasymmetrie und Muskelvolumenasymmetrie (A), Aktivierungsasymmetrie (B) oder der prognostizierten Kraftasymmetrie (C). Limb Symmetry Index: LSI; Maximales Drehmoment bei isometrischen Knieextensionen: Mmax Extension isom.

4 Diskussion

Der Hauptbefund der vorliegenden Studie bestand in der Stärke der Zusammenhänge zwischen den Muskelvolumen- und Kraftasymmetrien einerseits und den Asymmetrien der willkürlichen Aktivierungsfähigkeit und den Kraftasymmetrien andererseits. Diese Ergebnisse stützen die Befunde von Maffiuletti et al., (2016), die im Unterschied zu der vorliegenden Studie die morphologischen Eigenschaften der Quadricepsmuskulatur anhand von maximalen Nervenstimulationen bei entspannter Muskulatur (resting twitch torque) ermittelten. Die Forschungsgruppe validierte die ITT für die Untersuchung von Kraftasymmetrien und konnte durch das angewendete Regressionsmodell 41 % der Varianz aufklären. Dieser Wert konnte durch die verwendeten Methoden in der vorliegenden Untersuchung sogar auf 50 % erhöht werden. Des Weiteren wurde der Ansatz in der vorliegenden Studie auf dynamische MVC bei unterschiedlichen Bewegungsgeschwindigkeiten ausgeweitet. Dabei war festzustellen, dass die Vorhersagekraft der Regressionsmodelle bei dynamischen Kontraktionen insgesamt geringer ausfiel. Begründet war dies darin, dass die Stärke der Zusammenhänge zwischen den Aktivierungsasymmetrien und der Kraftasymmetrien mit steigenden Bewegungsgeschwindigkeiten abnahm und bei 180°/s nicht einmal mehr statistisch signifikant war. Dies lag vermutlich daran, dass die VA unter isometrischen Bedingungen erfasst wurde. Es bleibt festzuhalten, dass die standardisierten Beta-Gewichtungen der Muskelvolumenasymmetrien sowohl bei den dynamischen als auch bei den isometrischen MVC stets deutlich größer ausfielen als die der Aktivierungsasymmetrien. Damit klären die Seitenunterschiede der Muskelvolumina die Varianz der Kraftasymmetrien stärker auf als die Aktivierungsasymmetrien. Der grundsätzliche Zusammenhang zwischen dem Muskelvolumen und der Maximalkraftfähigkeit einerseits (Cormie, Mcguigan, & Newton, 2011; Folland & Williams, 2007; Masuda et al., 2003; Thomas et al., 2015) sowie der neuronalen Ansteuerung der Muskulatur und der Maximalkraftfähigkeit andererseits (Häkkinen et al, 2000; Ivey, Roth, et al., 2000; Ivey, Tracy, et al., 2000; Mizner et al., 2005) ist hinlänglich bekannt und unbestritten. Der Wert der vorliegenden Arbeit liegt in der Erkenntnis, dass sich sowohl willkürliche Aktivierungsasymmetrien als auch in höherem Maße Muskelvolumenasymmetrien auf die Ausprägung von Kraftasymmetrien der unteren Extremität bei Spitzensportlern auswirken.

Wie einleitend beschrieben, erhöhen bilaterale Kraftasymmetrien der kniegelenkumgreifenden Muskulatur in Höhe von 10 % und mehr nachweislich das Verletzungsrisiko von Spitzensportlerinnen und Spitzensportlern (Croisier, 2004; Freckleton & Pizzari, 2012; Knapik et al., 1991). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie ergaben, dass viele Sportlerinnen und Sportler trotz deutlich erhöhten Kraftasymmetrien uneingeschränkt am Trainings- und Wettkampfbetrieb partizipieren und damit ein erhöhtes Verletzungsrisiko eingehen. Der Gruppenvergleich zeigte weiterhin, dass die Versuchspersonen der KASY signifikant höhere Kraftasymmetrien aufwiesen als die der KG. Damit war die angestrebte Gruppeneinteilung zumindest in diesem Punkt erfolgreich. Die unterschiedliche Probandenanzahl der Untersuchungsgruppen verdeutlichte allerdings, dass das Gruppen-Matching nicht wie geplant erfolgen konnte. Manche Athletinnen und Athleten erfüllten in der Hauptuntersuchung, gegensätzlich zum Screening, nicht mehr die Einschlusskriterien für die KASY und wurden demnach der KG zugeteilt. Dies wirft die Frage nach der Zuverlässigkeit der Messergebnisse hinsichtlich der Kraftasymmetrien der unteren Extremitäten auf. Dementgegen stehen die Befunde von Dirnberger, Wiesinger, Kösters und Müller (2012), die die Reliabilität von maximalen Knieextensionen mit Intraklassen Korrelationskoeffizienten (Intraclass correlation coefficients = ICC) von 0,90 – 0,98 bzw. 0,94 -0,98 angaben. Die Pausen zwischen den Kraftmessungen betrugen in dieser Untersuchung allerdings maximal 72 h. In der vorliegenden Studie betrug der Zeitabschnitt zwischen den Voruntersuchungen und den Hauptuntersuchungen aus organisatorischen Gründen im Mittel vier Wochen. Es muss also eher davon ausgegangen werden, dass sich in der Zeit zwischen Screening und Hauptuntersuchung das Ausmaß der Kraftasymmetrien bei manchen Probanden verändert hat.

Neben den LSI_M_{max} fielen auch die Gruppenunterschiede der Muskelvolumenasymmetrien und der Aktivierungsasymmetrien statistisch signifikant aus, wobei die LSI der KASY größer waren als die der KG. Auffällig war, dass das Ausmaß der Asymmetrien insgesamt jedoch deutlich niedriger ausfiel als das der Kraftasymmetrien. Für LSI_M_{max}Ext0 gilt: Eine Erhöhung der Muskelvolumenasymmetrie/Aktivierungsasymmetrie um 1 % erhöht das Ausmaß der Kraftasymmetrie um 1,15/1,61 %.

Abschließend wird auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse vermutet, dass ein intensives unilaterales Krafttraining, dass zur Zunahme der Muskelmasse führt, am besten dazu geeignet ist, Kraftasymmetrien der unteren Extremität und somit das Verletzungsrisiko im Spitzensport zu reduzieren. Der hier verwendete statistische Ansatz erlaubt leider keine konkreten Aussagen über die Ursache-Wirkungs-Beziehungen der analysierten Größen. Weiterführende Studien sollten diesem Aspekt unbedingt Rechnung tragen, indem sie die Effekte eines unilateralen Hypertrophietrainings auf die Kraftasymmetrien längsschnittlich untersuchen.

5 Literatur

Allen, G. M., Gandevia, S. C., & McKenzie, D. K. (1995). Reliability of measurements of muscle strength and voluntary activation using twitch interpolation. *Muscle and nerve, 18* (6), 593-600.

Behrens, M., Mau-Moeller, A., & Bruhn, S. (2012). Effect of Exercise-induced Muscle Damage on Neuromuscular Function of the Quadriceps Muscle. *International journal of sports medicine, 33* (8), 600-606.

Bonci, C. M. (1999). Assessment and evaluation of predisposing factors to anterior cruciate ligament injury. *Journal of athletic training, 34* (2), 155-164.

Cormie, P., Mcguigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing Maximal Neuromuscular Power Part 1 – Biological Basis of Maximal Power Production. *Sports medicine, 41* (1), 17-39.

Croisier, J. L. (2004). Factors Associated with Recurrent Hamstring Injuries. *Sports medicine, 34* (10), 681-695.

de Luca, C. J. (1997). The use of surface electromyography in biomechanics. *Journal of applied biomechanics, 13*, 135-163.

Dirnberger, J., Wiesinger, H. P., Kösters, A., & Müller, E. (2012). Reproducibility for isometric and isokinetic maximum knee flexion and extension measurements using the IsoMed 2000-dynamometer. *Isokinetics and exercise science, 20* (3), 149-153.

Folland, J. P., & Williams, A. G. (2007). The adaptations to strength training: Morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports medicine, 37* (2), 145-168.

Freckleton, G., & Pizzari, T. (2012). Risk factors for hamstring muscle strain injury in sport: a systematic review and meta-analysis. *British journal of sports medicine*, 1-10.

Häkkinen, K., Alen, M., Kallinen, M., Newton, R. U., & Kraemer, W. J. (2000). Neuromuscular adaptation during prolonged strength training, detraining and re-strength-training in middle-aged and elderly people. *European journal of applied physiology, 83*, 51-62.

Ivey, F. M., Roth, S. M., Ferrell, R. E., Tracy, B. L., Lemmer, J. T., Hurlbut, D. E., ... & Hurley, B. F. (2000). Effects of age, gender, and myostatin genotype on the hypertrophic response to heavy resistance strength training. *The Journals of gerontology. Series A, biological sciences and medical sciences, 55* (11), M641-M648.

Ivey, F. M., Tracy, B. L., Lemmer, J. T., NessAiver, M., Metter, E. J., Fozard, J. L., & Hurley, B. F. (2000). Effects of strength training and detraining on muscle quality: age and gender comparisons. *The Journals of gerontology. Series A, biological sciences and medical sciences, 55* (3), B152-NaN-B159.

Jones, P. A., & Bampouras, T. M. (2010). A comparison of isokinetic and functional methods of assessing bilateral strength imbalance. *Journal of strength and conditioning research, 24*, 1553-1558.

Knapik, J. J., Bauman, C. L., Jones, B. H., Harris, J. M., & Vaughan, L. (1991). Preseason strength and flexibility imbalances associated with athletic injuries in female collegiate athletes. *The American journal of sports medicine, 19*, 76-81.

Maffiuletti, N. A., Barbero, M., Cescon, C., Clijsen, R., Beretta-Piccoli, M., Schneebeli, A., ... & Togninalli, D. (2016). Validity of the twitch interpolation technique for the assessment of quadriceps neuromuscular asymmetries. *Journal of electromyography and kinesiology, 28*, 31–36.

Masuda, K., Kikuhara, N., Takahashi, H., & Yamanaka, K. (2003). The relationship between muscle cross-sectional area and strength in various isokinetic movements among soccer players. *Journal of sports sciences, 21*, 851-858.

Mizner, R. L., Petterson, S. C., Stevens, J. E., Vandenborne, K., & Snyder-Mackler, L. (2005). Early quadriceps strength loss after total knee arthroplasty. The contributions of muscle atrophy and failure of voluntary muscle activation. *The journal of bone and joint surgery. American Volume, 87* (5), 1047-1053.

Schiltz, M., Lehance, C., Maquet, D., Bury, T., Crielaard, J. M., & Croisier, J. L. (2009). Explosive strength imbalances in professional basketball players. *Journal of athletic training, 44* (1), 39-47.

Thomas, A. C., Wojtys, E. M., Brandon, C., & Palmieri-Smith, R. M. (2015). Muscle atrophy contributes to quadriceps weakness after ACL reconstruction. *Journal of science and medicine in sport*, 8-12.

Zvijac, J. E., Toriscelli, T. A, Merrick, W. S., Papp, D. F., & Kiebzak, G. M. (2014). Isokinetic Concentric Quadriceps and Hamstring Normative Data for Elite Collegiate American Football Players Participating in the NFL Scouting Combine. *Journal of strength and conditioning research, 28* (4), 875-883.

Effekte eines systematischen Trittfrequenz-Trainings auf zentralnervale und muskuläre Aktivität sowie Leistungsfähigkeit im Radsport

(AZ 070801/15)

Manuel Mücke[1, 2], Elisabeth Lutzke[1] & Kuno Hottenrott[1] (Projektleitung)

[1]Department für Sportwissenschaft, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
[2]Department für Sport, Bewegung und Gesundheit, Universität Basel

1 Problemstellung und Ziel

Im Radsport gibt es seit langem kontroverse Diskussionen über die optimale Trittfrequenz in Training und Wettkampf. Eine Vielzahl an Untersuchungen wurde hierzu bereits veröffentlich.

Dabei wird neben hämodynamischen und metabolischen Faktoren immer mehr auch das Zentralnervensystem als leistungsbestimmend und auch trainierbar wahrgenommen (Gronwald et al., 2015). Durch gezielte zentralnervale Reizsetzungen könnte die Ausdauerkapazität verbessert werden (ebd.). Jedoch liegen nur sehr wenige Erkenntnisse zur Wechselwirkung zwischen zentralnervaler Aktivität, peripherer Muskelaktivität und unterschiedlichen Trittfrequenzen bei typischen radsportlichen Dauerbelastungen vor. Aktuelle Studien (Gronwald, 2012 und Ludyga, 2014) haben bereits gezeigt, dass durch die technische Weiterentwicklung der Elektroden, Verstärker und Auswertungssoftware eine simultane Erfassung zentralnervaler Aktivität mittels Elektroenzephalografie (EEG) während sportlicher Belastung unter standardisierten Bedingungen möglich ist. Dabei wurde ebenfalls untermauert, dass die Trittfrequenz als eigenständiges Belastungsnormativ einen direkten Einfluss sowohl auf metabole und kardiale als auch auf zentralnervale Parameter hat.

Bisherige Erkenntnisse lassen bereits einen positiven Zusammenhang der Trittfrequenz mit der frequenzbandübergreifenden zentralen Aktivierung vermuten (Hottenrott et al., 2013 sowie Ludyga et al., 2015). Darüber hinaus zeigte sich bei Dauerbelastungen im Zeitverlauf ein umgekehrt U-förmiger Verlauf in der zentralnervalen Aktivität mit einem Anstieg zu Belastungsbeginn und einer allmählichen Verringerung gegen Belastungsende (Hottenrott et al., 2013). Bei Ludyga (2014) zeigte sich im Alpha- und Beta-Frequenzband eine Reduktion der EEG-Leistung (insbesondere bei 90 und 120 U/min) im Verlauf einer einstündigen Belastung und eine Abflachung des ebenfalls umgekehrt U-förmigen Verlaufs der Hirnaktivität über Zeit. Nach aktuellem Stand liegen keine Studien vor, die für eine vergleichbare sportliche Ausdauerbelastungssituation Interaktionen zwischen zentralnervaler (EEG) und peripherer muskulärer Aktivität (Elektromyographie (EMG)) untersuchen.

Ziel des Projektes war es, die Effekte eines systematischen, variablen Trittfrequenztrainings im Radsport auf die zentralnervale und muskuläre Aktivität sowie weitere leistungsphysiologische Parameter zu analysieren. Bei dieser Studie handelt es sich um anwendungsorientierte Grundlagenforschung, die einen Vorlaufcharakter für nachfolgende, prozessbegleitende Trainingsstudien hat.

2 Methoden

Die Untersuchung wurde mit 35 Radsportlern und Triathleten aus dem Amateursportbereich durchgeführt, welche zwischen 18 und 38 Jahre alt waren und in den vorhergegangenen 6 Monaten über ein Trainingspensum von 6-12 Stunden pro Woche verfügten. Nach der medizinischen Eingangsuntersuchung und der Unterschrift der Einverständniserklärung fand eine randomisierte Zuteilung in die Hochfrequenz-

gruppe (HFG) oder Niedrigfrequenzgruppe (NFG) statt. Prä- (T1) und Posttest (T2) gliederten sich in je 2 Termine im Abstand von 3-7 Tagen, wobei der erste zur Erfassung leistungsbezogener Parameter auf dem Hochleistungsfahrradergometer (FES E2000S) unter Zuhilfenahme von Spirometrie und Laktatdiagnostik diente (vgl. Abb. 1). Beim zweiten Termin fand ein einstündiger Dauertest auf dem Fahrradergometer an der individuellen anaeroben Schwelle (IAnS) bei konstanter Trittfrequenz von 90 U/min statt. Dabei wurden die zentralnervale Aktivität mittels EEG und die periphere muskuläre Aktivität des M. vastus lateralis und des M. biceps femoris (caput longum) mittels EMG am rechten Bein aufgezeichnet. Der Ergometerstufentest am ersten Termin diente dabei auch zur Bestimmung der IAnS für den Dauertest am zweiten Termin. Zur Kontrolle wurden während des Dauertests in regelmäßigen Abständen Laktatproben entnommen. Zu allen Terminen wurde zudem die Körperzusammensetzung mit einer Bioimpedanzwaage ermittelt.

Das EEG wurde nach dem internationalen 10:20-System (Jasper, 1958) mit 32 Elektroden aufgezeichnet, wobei die Elektroden an den Positionen TP9, TP10, PO9, PO10, Oz, O1 und O2 hardwareseitig ausgeschaltet wurden, da sie erfahrungsgemäß Artefakten u. a. durch die Nackenmuskulatur ausgesetzt sind und das gemittelte EEG-Signal beeinflussen könnten (vgl. Ludyga, 2014). Zur Referenzierung des Belastungs-EEGs wurde vorher eine ein minütige Ruhemessung mit geöffneten Augen in sitzender Position auf dem Fahrradergometer durchgeführt. Das Oberflächen-EMG der beiden o. g. Muskeln wurde mit vorverstärkten EMG-Kabeln durchgeführt. Die Positionen der Klebeelektroden wurden nach den Vorgaben von Seniam (www.seniam.org) ausgemessen und fotografisch dokumentiert. Als Referenzwert diente ein vor dem Dauertest durchgeführter maximum voluntary contraction (MVC) Test.

Zwischen T1 und T2 fand die achtwöchige Interventionsphase in 2 Trainingsgruppen statt, in denen mit variablen hohen bzw. niedrigen Trittfrequenzen im Intervalltrainingsmodus trainiert wurde. Das individuell erstellte Trainingsprogramm wurde durch die Probanden auf ihrem eigenen Trainingsfahrrad im Feld durchgeführt und umfasste wöchentlich ein vierstündiges Trittfrequenztraining unter sukzessiver Steigerung, kombiniert mit einem vierstündigen Grundlagenausdauertraining. In der Hochfrequenzgruppe wurde mit Trittfrequenzen zwischen 100 U/min und dem individuellen Maximum gefahren, während die Niedrigfrequenzgruppe kraftorientiert mit Trittfrequenzen zwischen 60 und 90 U/min trainierte. Während der Intervention wurden Herzfrequenz, Trittfrequenz und Geschwindigkeit auf Fahrradcomputern (POLAR, CS 500+cad), in 15-sekündigen Abständen aufgezeichnet und gespeichert.

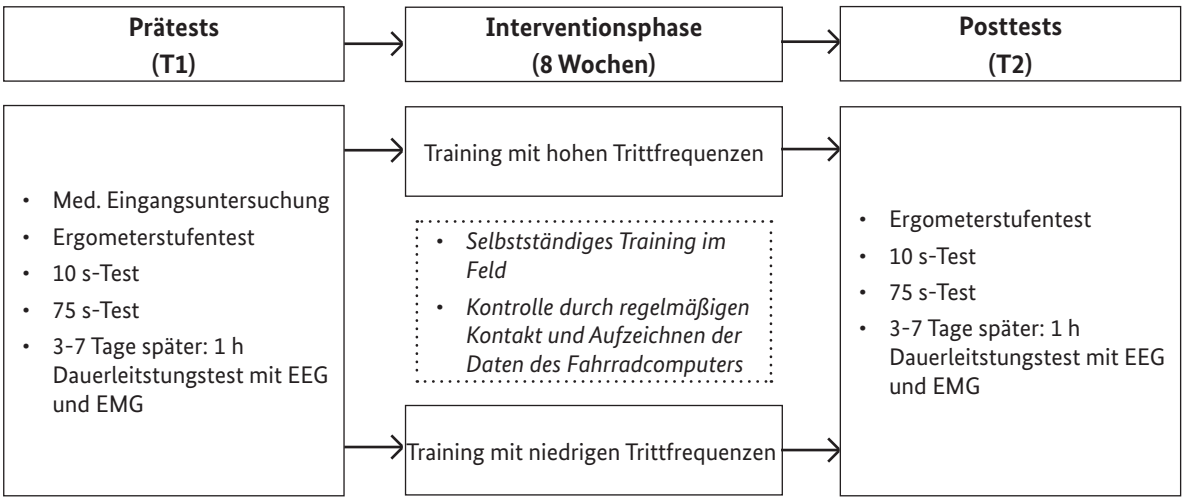


Abb. 1: Studiendesign

3 Ergebnisse

Von den 35 rekrutierten Probenden lieferten 19 vollständige, auswertbare Datensätze. Häufigste Drei Probanden mussten nachträglich wegen mangelnder Datenqualität von der Analyse ausgeschlossen werden. Gründe für die Dropouts von 12 Probanden waren Verletzungen und Erkrankungen sowie Zeitmangel die vollständige Intervention nach den strikten Vorgaben exakt durchzuführen. Zu T1 lagen zwischen HFG und NFG keine signifikanten Unterschiede in Körperzusammensetzung und Leistungsdaten vor.

Tab. 1: Charakterisierung der Probanden in den beiden Interventionsgruppen zu T1

	Hochfrequenzgruppe MW (SD) min/Max	Niedrigfrequenzgruppe MW (SD) min/Max
N	10	9
Sportart	6 Rennrad, 3 Triathlon, 1 Mountainbike	6 Rennrad, 1 Rennrad + Skilanglauf, 1 Rennrad + Langstreckenlauf, 1 Mountainbike
Alter in Jahren	29,50 (5,01) 21 / 35	30,89 (5,97) 20 / 38
Größe in m	1,819 (0,055) 1,73 / 1,89	1,804 (0,062) 1,73 / 1,93
Gewicht in kg	78,74 (9,60) 60,3 / 92,5	75,82 (10,72) 61,6 / 95,4
BMI in kg/m²	23,76 (2,43) 20,15 / 27,23	23,23 (2,43) 19,23 / 25,61
RR sys	137,00 (11,29) 119 / 155	129,43 (15,08) 114 / 154
RR dia	86,25 (6,56) 78 / 95	81,14 (11,81) 65 / 102
Ruhe-HF in x/min	57,40 (8,34) 43 / 69	54,78 (11,07) 42 / 73

Infolge der Trainingsintervention war über die gesamte Stichprobe eine signifikante Reduktion von Körpergewicht, Körperfettanteil und BMI sowie ein signifikanter Anstieg des Körperwasseranteils zu verzeichnen (ANOVA mit Messwiederholung mit den Faktoren „Zeit“ und „Zeit*Gruppe“; keine Gruppenunterschiede). Bei den leistungsbezogenen Parametern konnte im Stufentest in der HFG eine signifikante Verbesserung der relativen VO_{2max} und in der NFG eine signifikante Erhöhung der relativen Leistung an der IAnS nachgewiesen werden (gepaarter T-Test). Im Maximalkrafttest (10s-Test) verbesserte sich die relative maximale Leistung in der HFG signifikant. Im Plateau-Leistungstest (75s-Test) zeigte sich eine signifikante Verringerung der Nachbelastungs-Laktatwerte 3 min und 6 min nach dem Test in der NFG. Alle weiteren Veränderungen erreichten keine statistische Signifikanz.

Die zentralnervale Aktivität im alpha (7,5-12,49 Hz)- und beta (12,5-32 Hz)-Frequenzband ist in Abb. 2 und 3 grafisch dargestellt. Es wurde jeweils die zehnte, zwanzigste, dreißigste, vierzigste und fünfzigste Minute des einstündigen Dauertests ausgewertet. Artefakte wurden semiautomatisch bereinigt. Für die Auswertung wurde der Mittelwert über alle Elektroden gebildet. Die Ruhewerte im alpha- und beta-Frequenzbereich unterscheiden sich weder im Prä-Post-Vergleich noch zwischen den Gruppen. In allen Frequenzbändern war die Aktivität zu allen Zeitpunkten des Tests signifikant höher als in Ruhe. In Varianzanalysen mit Messwiederholung mit „Testverlauf“ (einzelne Messzeitpunkte während des Tests) und „Zeit“ (Prä- und Posttest) als Innersubjektfaktoren und „Interventionsgruppe“ als Zwischensubjektfaktor ergaben sich signifikante Effekte für „Zeitverlauf“ im alpha- und beta-Frequenzband.

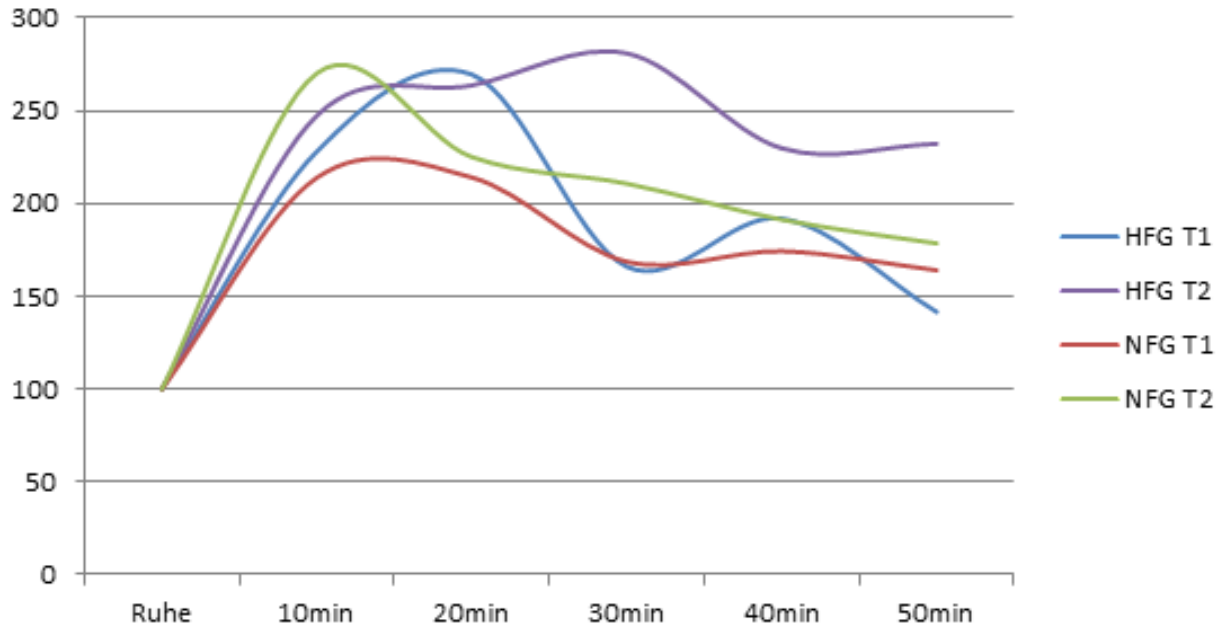


Abb. 2: Mittelwerte der Alpha-Aktivität der Hoch (HFG)- und Niedrigfrequenzgruppe (NFG) im Testverlauf von Prätest (T1) und Posttest (T2)

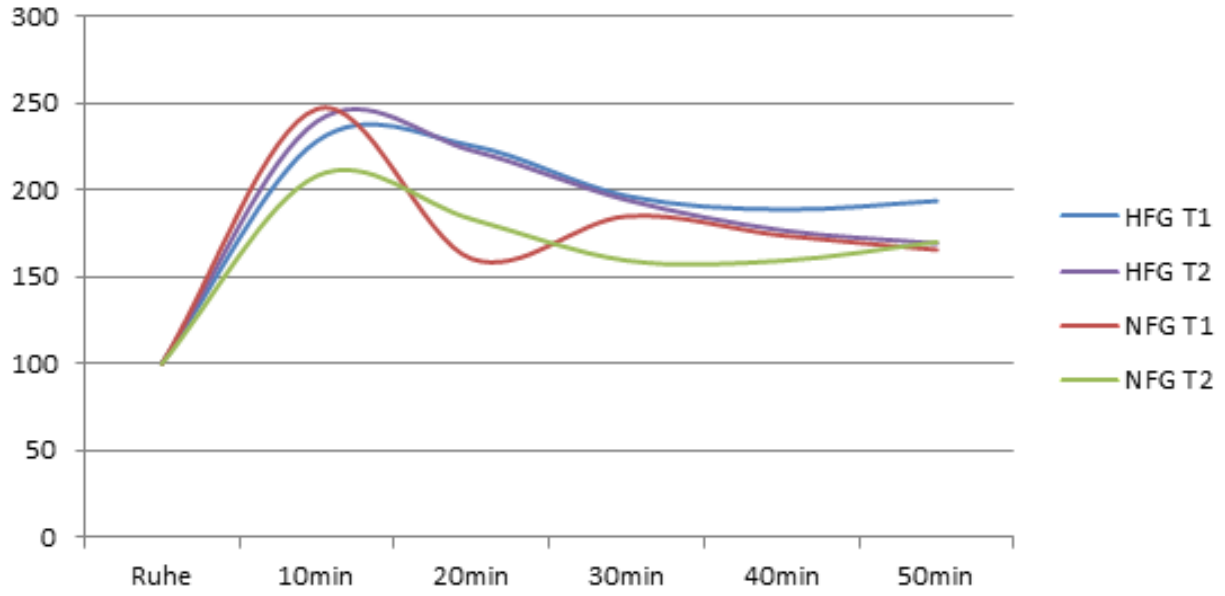


Abb. 3: Mittelwerte der Beta-Aktivität der Hoch (HFG)- und Niedrigfrequenzgruppe (NFG) im Testverlauf von Prätest (T1) und Posttest (T2)

Wie in Abb. 2 und 3 illustriert, lagen die Peaks dabei 10 min nach Testbeginn vor. Ausnahmen bildeten die alpha-Aktivität in der HFG zu T1 (Peak nach 20 min) und zu T2 (Peak nach 30 min). In Bonferroni-korrigierten post hoc Tests ergaben sich jedoch keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Messzeitpunkten mehr. Auch im alpha/beta-Verhältnis zeigten sich keine signifikanten Ergebnisse. Dies ist möglicherweise auf die großen interindividuellen Unterschiede zwischen den Probanden und die kleine Stichprobe zurück zu führen.

Für die Auswertung der parallel zum EEG erfassten Aktivität des M. vastus lateralis und des M. biceps femoris wurden ebenfalls die Testminuten 10, 20, 30, 40 und 50 herangezogen. Dafür wurden die einzelnen Kontraktionen innerhalb einer Minute gemittelt. Die extrahierten

Werte wurden auf die im MVC-Test erzielten Werte referenziert. In der Hochfrequenzgruppe lag die mittlere Aktivität des M. vastus lateralis im Prätest bei 63,4 % von MVC und im Posttest bei 66,6 %. Dem stehen 52,3 % bzw. 47,9 % in der Niedrigfrequenzgruppe gegenüber. Die Aktivität des M. biceps femoris lag bei der Hochfrequenzgruppe im Prätest bei 19,7 % von MVC und im Posttest bei 23,2 % von MVC. In der Niedrigfrequenzgruppe wurden 25,8 % und 18,9 % ermittelt (Abb. 4 und 5). Der Unterschied der Muskelaktivitäten zwischen beiden Gruppen zu allen Messzeitpunkten wurde mittels T-Tests untersucht. Hier fanden sich jedoch trotz augenscheinlich geringerer Aktivität im M. vastus femoris in der NFG keine signifikanten Ergebnisse. Eine ANOVA mit Messwiederholung mit den Innersubjektfaktoren „Testverlauf" (einzelne Messzeitpunkte während des Tests) und „Zeit" (Prä- und Posttest) und dem Zwischensubjektfaktor „Interventionsgruppe" zeigte nur beim M. vastus lateralis signifikante Ergebnisse

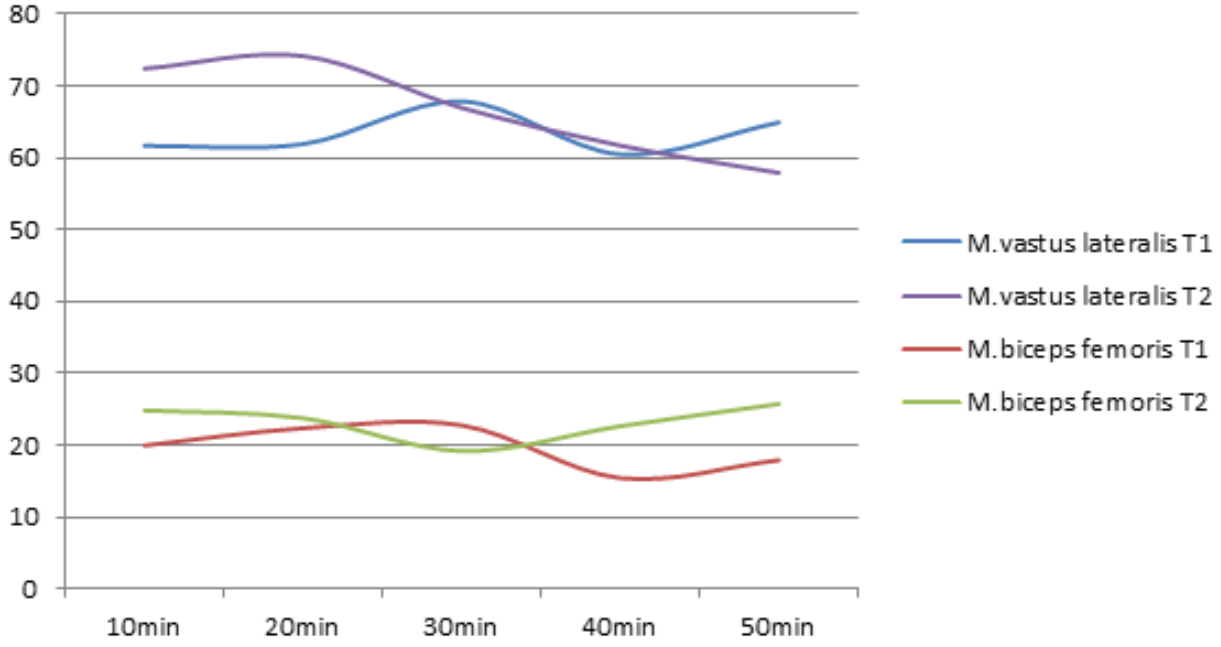


Abb. 4: Muskelaktivität der Hochfrequenzgruppe in % vom MVC-Wert beim Prätest (T1) und Posttest (T2)

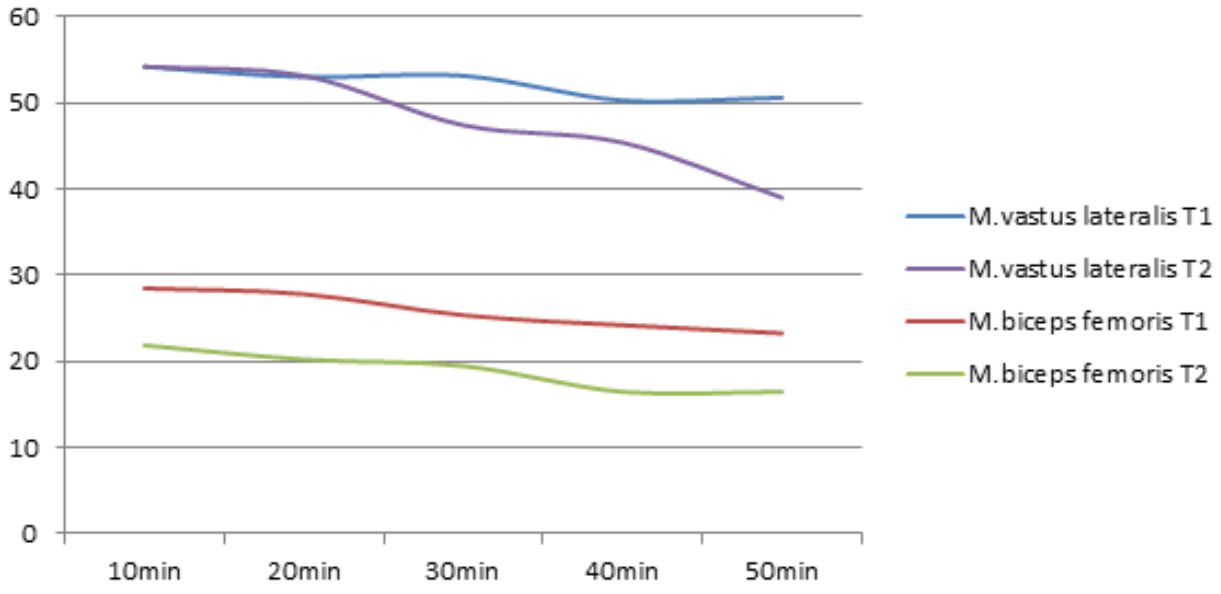


Abb. 5: Muskelaktivität der Niedrigfrequenzgruppe in % vom MVC-Wert beim Prätest (T1) und Posttest (T2)

bei den Faktoren „Testverlauf“ ($p < 0,05$, partielles $Eta^2 = 0,481$) und „Testverlauf*Gruppe“ ($p < 0,05$, partielles $Eta^2 = 0,502$). Hier konnten jedoch im post hoc Test keine signifikanten Unterschiede mehr nachgewiesen werden.

Zusammenhänge zwischen zentralnervaler und peripherer muskulärer Aktivität wurden mit Korrelationen nach Pearson berechnet. Es konnten keine signifikanten Korrelationen zwischen beiden Variablen ermittelt werden.

4 Diskussion und Fazit

Eine Adaptation der zentralnervalen oder der peripheren muskulären Aktivität durch die Trainingsintervention konnte weder für das Hoch- noch für das Niedrigfrequenztraining eindeutig nachgewiesen werden. Die aus vorhergegangenen Untersuchungen generierte Hypothese eines umgekehrt U-förmigen Verlaufs der zentralnervalen Aktivität konnte nicht eindeutig bestätigt werden. Tendenziell deuteten die Ergebnisse jedoch eher auf ein im Belastungsverlauf frühes Ansteigen der zentralnervalen Aktivität (mit Peak nach bereits 10 min) mit einer anschließend allmählich abflachenden Kurve hin. Dies konnte jedoch nicht statistisch belegt werden.

Zwischen den Verläufen der zentralnervalen Aktivität (EEG) und der im EMG gemessenen peripheren Muskelaktivität ergaben sich keine statistischen Zusammenhänge. Es kann damit nicht von einer Synchronizität muskulärer und zentralnervaler Aktivität im Belastungs- und Ermüdungsverlauf ausgegangen werden. Hierzu liegen bisher noch keine Ergebnisse anderer Untersuchungen vor. Eine eindeutige Überlegenheit eines der beiden Trittfrequenzparadigmen konnte an dieser Stelle nicht festgestellt werden.

Die ausbleibenden signifikanten Veränderungen der zentralnervalen und muskulären Aktivität könnten möglicherweise damit zusammenhängen, dass die Leistungsunterschiede im Prä-Posttest-Vergleich nicht groß genug bzw. zum Teil nur auf eine Gewichtsreduktion der Probanden – und nicht auf eine tatsächliche Leistungssteigerung – zurück zu führen waren. Ludyga et al. (2016) konnten bei einem mittleren Unterschied der relativen VO_{2max} von 9.2ml/ min/kg einen Unterschied im alpha/beta-Verhältnis nachweisen. In der vorliegenden Untersuchung verbesserte sich die HFG jedoch nur um 2.68ml/min/kg, während die NFG sogar unverändert blieb. Diese Effekte reichten möglicherweise nicht aus, um zentralnervale Anpassungen zu provozieren. Die geringe Wirksamkeit des angebotenen Trainings könnte auf zwei mögliche Ursachen zurück zu führen sein. Zum einen wurden Probanden mit einem wöchentlichen Trainingspensum von 6-12 Stunden eingeschlossen. Der gute Trainingszustand der Probanden vor der Intervention führte möglicherweise zu abgeschwächten Effekten des Trainingsprogramms. Zum anderen ist ein variables Intervalltrainingsprogramm mit Trittfrequenzen von 60U/min bis zum Maximum unter Vorgabe dezidierter Trainingsbereiche (Herzfrequenz) nur schwer im Feld umsetzbar, da Umwelteinflüsse (u. a. Verkehr, Wind/Wetter, Streckenprofil) unberechenbare Störfaktoren bilden. Des Weiteren unterliegen sowohl EEG- als auch EMG-Daten auch bei hoher Standardisierung traditionell größeren interindividuellen Schwankungen. Diese fielen hier aufgrund der geringen Probandenzahl stärker ins Gewicht und verhinderten möglicherweise das Erkennen tatsächlich vorhandener Zusammenhänge. Zukünftige Untersuchungen mit größeren Stichproben und einem Training unter kontrollierten (Labor-)Bedingungen könnten interindividuelle Schwankungen abpuffern und ggf. für weitere aufschlussreiche Ergebnisse sorgen.

5 Literatur

Gronwald, T. (2012). *Hirnaktivität im Sport. Analyse der zentralnervalen Aktivierung während definierter Ausdauerbelastungen auf dem Fahrradergometer unter Normoxie und Hypoxie*. Hamburg: Verlag Dr. Kovac.

Gronwald, T., Ludyga, S. & Hottenrott, K. (2015). Train your brain - Variabilität im Trainingsprozess. *Medical sports network, 4* (15), 40-43.

Hottenrott, K., Taubert, M., & Gronwald, T. (2013). Cortical brain activity is influenced by cadence in cyclists. *The open sports sciences journal, 6*, 9-14.

Ludyga, S. (2014). *Anpassungen der Gehirnfunktion nach Radsporttraining. Effekte von Hoch- und Niederfrequenztraining im Radsport auf die zentralnervale Aktivität sowie die aerobe und anaerobe Ausdauerleistungsfähigkeit*. Hamburg: Verlag Dr. Kovač.

Ludyga, S., Gronwald, T. & Hottenrott, K. (2016). The Athlete's Brain: Cross-Sectional Evidence for Neural Efficiency during Cycling Exercise. *Neural plasticity*, 1-7.

Ludyga, S., Hottenrott, K. & Gronwald, T. (2015). Einfluss verschiedener Belastungssituationen auf die EEG-Aktivität. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 66*, 113-120.

Leistungsoptimierung Biathlonschießen – Diagnostik der Schießleistung und Schießmess-platztraining der deutschen Biathlon-National-mannschaft in Vorbereitung auf die Olympischen Winterspiele 2018 (Pyeongchang/Südkorea)

(AZ 071621/14-15)

Dirk Siebert (Projektleitung)[1] *& Nico Espig*[2]

[1]Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, BTW der Natursportarten
[2]Institut für Angewandte Trainingswissenschaft, Leipzig

1 Problem

Im Verlauf der letzten drei Olympiazyklen ließ sich eine enorme Steigerung der Bedeutung der Biathlon-Schießleistung in Bezug auf die Komplexleistung im Biathlon beobachten. Neben einer Veränderung des Wettkampfsystems (mehr Wettkämpfe mit kürzeren Laufstrecken und mehr Schießeinlagen, z. B. Massenstart, Verfolgung und Mix-Staffel) kann dies insbesondere auf die Leistungsentwicklung im Biathlon-Schießen zurückgeführt werden. Während 2002 noch eine erforderliche Trefferleistung von 90-95 % bei entsprechend schneller Schießzeit für eine Podiumsplatzierung prognostiziert wurde (Wick, 2002), lagen bereits bei den Olympischen Winterspielen 2014 im russischen Sotchi alle Podiumsplatzierten bei Trefferleistungen über 95 % (vgl. Abb. 1). Für zukünftige Veranstaltungen kann auf der Basis dieser Entwicklung das Ziel von 100 % Trefferleistung für die Medaillenränge formuliert werden.

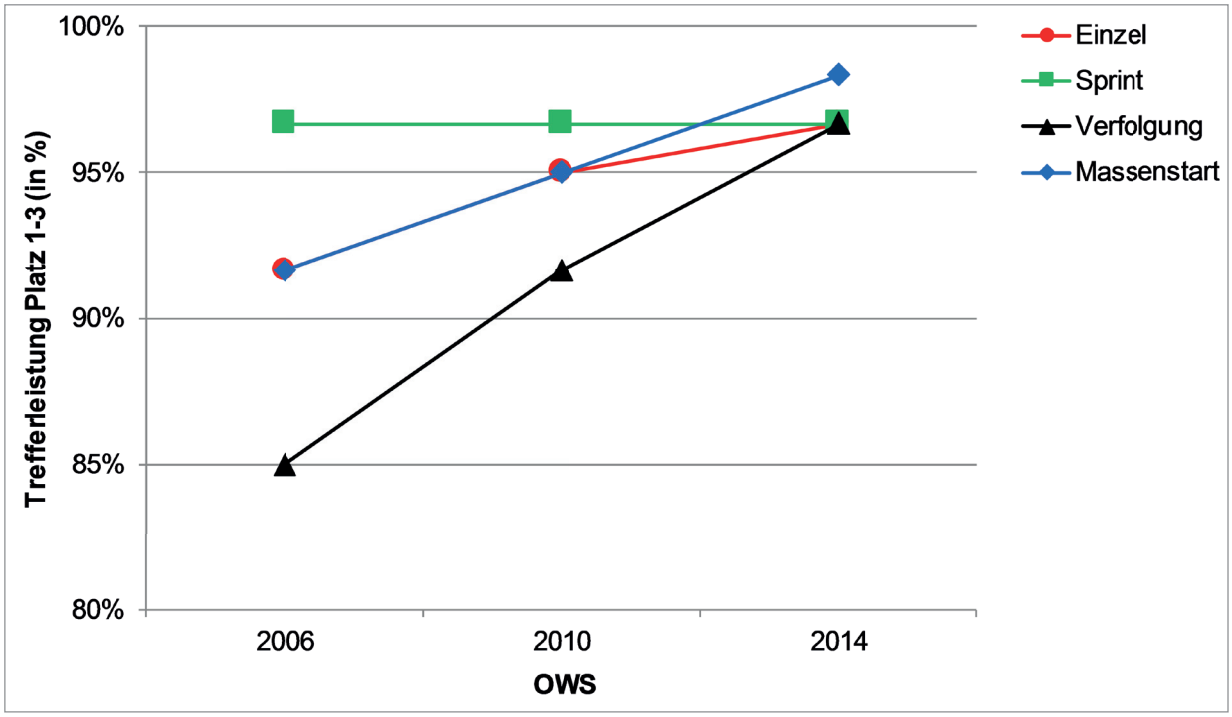


Abb. 1: Entwicklung der Trefferleistung der Medaillenplatzierten bei Olympischen Winterspielen (Männer, Non-Team).

In der Detailanalyse der Ergebnisse deutscher Athleten im internationalen Vergleich zeigt sich, dass bei der Mannschaftsleistung insbesondere in der Teildisziplin Schießen Entwicklungsreserven in Bezug zu der Leistung der Podiumsplatzierten bestehen.

In Abb. 2 wird die Entwicklung der Trefferleistung deutscher Athleten (Herren) im Vergleich zu den Podiumsplatzierten der letzten 14 Weltcupsaisons für die Disziplin „15 km Massenstart“ gezeigt. Analog zu Abb. 1 wird hier der deutliche Anstieg der Trefferleistung der Podiumsplatzierten deutlich. Die deutschen Athleten können zwar ihre Trefferleistung über die Jahre auch sukzessive weiterentwickeln, jedoch nicht in dem Maße, wie es für das Erreichen von Topplatzierungen notwendig ist. Daher kann mit der Erhöhung der Schießleistung eine klare Leistungsreserve benannt werden, um weiterhin das internationale Niveau im Biathlon mitzubestimmen.

Im Rahmen der Entwicklung des Biathlon-Schießmessplatzes (Uni Leipzig) konnten durch zahlreiche Untersuchungen (u. a. Koch, 2001; Nitzsche, 2009; Siebert & Espig, 2014) genaue Technikbeschreibungen sowie Leitbildvorgaben für diese Technikelemente erstellt werden. Des Weiteren konnten im Rahmen der jahrelangen Vorarbeit zu diesem Thema nicht nur Leistungsreserven aufgedeckt werden, sondern auch entsprechende Trainingsinterventionen entwickelt, evaluiert und in die Trainingspraxis überführt werden (Projekt IIA1-070803/10-13/ Projekt ZMVI1-071621/14-15).

Die aus diesen Untersuchungsergebnissen hervorgegangenen Norm- und Richtwertorientierungen stellen klare Handlungsanforderungen in den jeweiligen Etappen des langfristigen Leistungsaufbaus zur Verfügung. Um jedoch zusätzlich zu den bisherigen Anforderungen zu Umfang und Inhalten des Schießtechniktrainings im Rahmentrainingsplan detailliertere Anpassungen der Schießtechnik vornehmen zu können und die entsprechende Leistung im Quer- und Längsschnitt vergleichen zu können, sind qualifizierte und standardisierte leistungsdiagnostische Untersuchungen notwendig.

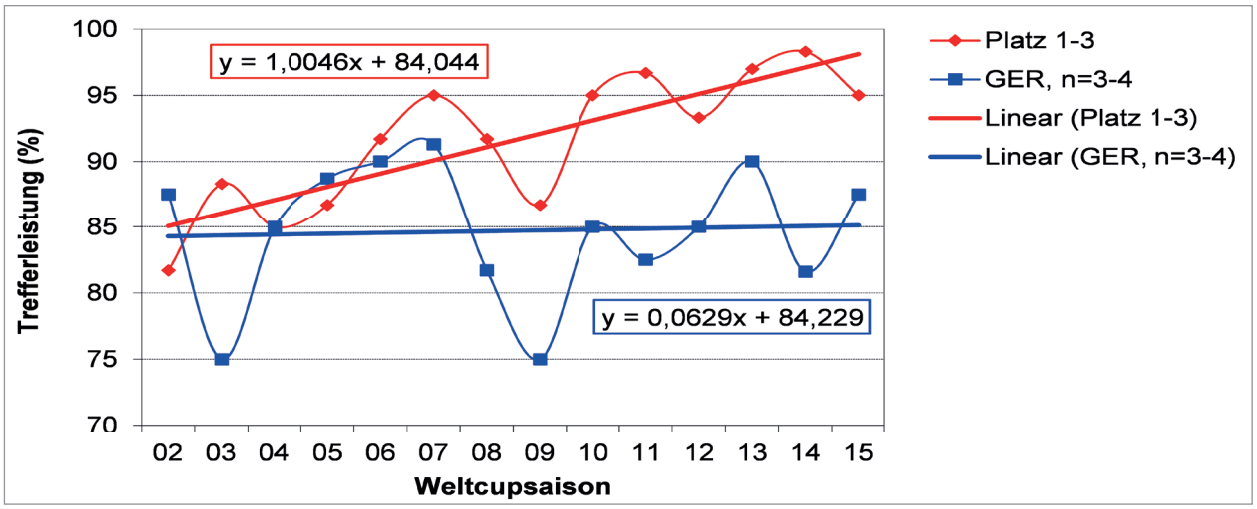


Abb. 2: Trefferleistung deutscher Athleten im Vergleich zu den drei Podiumsplatzierten, Weltcupsaison 2001/02 bis 2014/15

Das Erreichen einer hohen Trefferleistung erfordert hohe Präzisionsleistungen bei schneller Bewegungsausführung (Nitzsche et al., 1998) und erfordert die leitbildhafte Ausführung der elementaren Schießtechnikelemente (Nitzsche et al., ebd.). Als wichtigste Technikelemente des Technikleitbildes sind diesbezüglich der Anschlag und die damit verbundene Anschlagsstabilität sowie die Technikelemente Abzug, Atmung, Zielen und deren optimale gleichzeitige Koordination zu charakterisieren.

2 Methode

Basis der Betreuungsmaßnahme waren standardisierte leistungsdiagnostische Untersuchungen, welche in den Trainingsjahren 2014/15 und 2015/16 durchgeführt wurden.

Die Untersuchungen wurden unter biathlonspezifischen Bedingungen (50 m Entfernung, scharfer Schuss, fünfer Scheibenspiegel, eigenes Gewehr des Sportlers) durchgeführt, um eine möglichst hohe Validität gewährleisten zu können. Grundlage für vergleichbare Aussagen war außerdem ein einheitlicher Untersuchungsablauf für alle Sportler. Zu Beginn der Untersuchung wurden an jedem Sportler spezielle reflektierende Marker für die spätere Bewegungsanalyse befestigt. Des Weiteren wurden die Kraft- und Wegesensoren an das Gewehr der Sportler angebracht. Nach dem Anschießen der Waffe zur Korrektur der Trefferlage wurden jeweils 2 Serien im Liegend- sowie im Stehendanschlag unter Ruhebedingungen durchgeführt. Im Anschluss führten die Sportler, zur Simulation wettkampfnaher Bedingungen, vier Schussserien mit einer vorangegangenen standardisierten Laufbelastung von 3 min. auf einem Laufband aus, bei der die Sportler die Belastungsintensität so gestalten sollten, dass sie im mittleren Entwicklungsbereich (EB) die darauffolgenden Schießübungen absolvieren können. Der Grad der Beanspruchung wurde dabei, auf der Basis leistungsphysiologischer Untersuchungen im Vorfeld der Schießdiagnostik, anhand der Herzfrequenz kontrolliert.

Im Anschluss an die standardisierte Leistungsdiagnostik wurde nach einer unmittelbaren Auswertung mit dem Sportler und Trainer ein Messplatztraining durchgeführt. Zielstellung war es dabei, auf der Basis der neuen Forschungsergebnisse die nicht-normgerechte Technikausprägung durch geeignete Interventionsmaßnahmen direkt vor Ort messplatzgestützt zu korrigieren. Mit Blick auf Inhalt und Umfang konnten in vorangegangenen Untersuchungen zum Thema bereits wirksame Interventionsmaßnahmen benannt werden (vgl. Siebert & Espig, 2014). Die zu Grunde liegende Methodik dieser Interventionsmaßnahmen wurde im Rahmen dieses Betreuungsprojektes übernommen.

Das Messplatztraining hatte einer Dauer von ca. 1,5 h. In beiden Anschlägen wurden dabei die wesentlichsten Technikknotenpunkte zur Erhöhung der Anschlagsstabilität ausgewählt und mit dem Sportler erarbeitet.

Des Weiteren wurden Kontrollpunkte mit dem Sportler und Trainer erarbeitet, so dass die entsprechend veränderte Anschlagsposition auch ohne Messplatz im täglichen Training kontrolliert eingenommen werden kann.

Inhaltliche Schwerpunkte bezogen sich dabei für den Anschlag Liegend auf folgende Technikknotenpunkte:

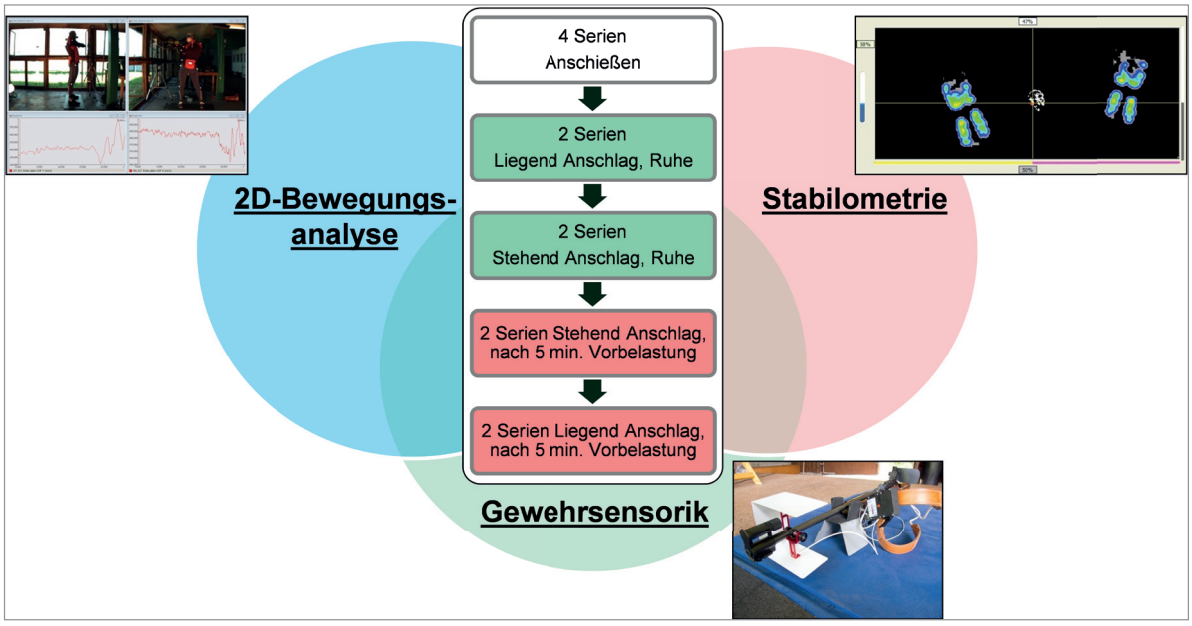


Abb. 3: Untersuchungsdesign

- Winkel Körperlängsachse zur Schussrichtung
- Winkel zwischen Körperlängsachse und Schulterachse
- Belastungsverteilung zwischen linkem und rechtem Ellenbogen.

Im Anschlag Stehend wurden vor allem in folgenden Schwerpunktbereichen die Norm- und Richtwertorientierungen leistungsbestimmender Parameter als Grundlage genutzt und in den jeweiligen Anschlag implementiert:

- Fußabstand und Druckverteilung
- Winkel Schulter- und Hüftachse
- Winkel Schultergelenk Handlungsarm.

Zur Erfassung der komplexen Biathlonschießtechnik kamen die apparativen Untersuchungsverfahren Biathlonschießmessplatz (Koch, 2001; Nitzsche, 2009), Stabilometrie und 2D-Bewegungsanalyse zum Einsatz (vgl. Siebert & Espig, 2011). Mit der Entwicklung und Evaluierung des spezifischen Schießmessplatzes im Biathlon konnten in der Vergangenheit bereits zahlreiche Ergebnisse zu Ausmaß und Zusammenhang der Anschlagsgestaltung im Hinblick auf die Kraft-Zeit-Dynamik der Anschlagsfestigkeit zwischen Sportler und Gewehr sowie der Kraft-Zeit-Dynamik am Abzugshahn und der Wege- und Beschleunigungskennwerte an der Laufmündung gewonnen werden (Koch, 2001; Nitzsche, 2009). Des Weiteren besteht der Messplatz aus einer stabilometrischen Messmatte zur Quantifizierung von Schwankungsparametern sowie der Druckverteilung, sowohl im Anschlag Liegend als auch im Anschlag Stehend. Die Erfassung und die Quantifizierung der posturalen Stabilität erfolgt dabei durch eine Bodenreaktions-Druckmessplatte der Firma RS Scan (Footscan Balance®, Länge 1 m). Zur Kennzeichnung und Quantifizierung der Anschlagsposition bzw. der Körperbewegungen im Anschlag kommt das etablierte Verfahren der 2D-Bewegungsanalyse zum Einsatz. Die Möglichkeit einer statistischen Überprüfung der Zusammenhänge der einzelnen Leistungsparameter des Biathlonschießens, im Hinblick auf die Laufmündungsdämpfung und das Trefferergebnis, bedarf einer synchronen Aufzeichnung der Messwerte, um so in der Folge Aussagen zu den jeweiligen Parametern in der Schussvorbereitung und -abgabe treffen zu können. Bisher konnte dies nur für die Parameter des Schießmessplatzes geschehen, da dort über einen speziellen Schusssensor der Zeitpunkt des Schusses exakt bestimmt werden kann. Mittels Simi Motion ist dies nun auch für die Stabilometrie mittels Footscan Balance® Druckmessplatte und der 2D-Bewegungsanalyse möglich. Somit ist eine Zuordnung aller Messwerte zum Schuss möglich, und es lassen sich in der Folge alle Messwerte dem Schusszeitpunkt zuordnen und entsprechende Aussagen generieren. Eine Übersicht zum Untersuchungsaufbau (Bsp. Anschlag Stehend) und zu den gemessenen Parametern der messplatzgestützten Diagnostik wird in Abb. 4 sowie in Tab. 1 gegeben.

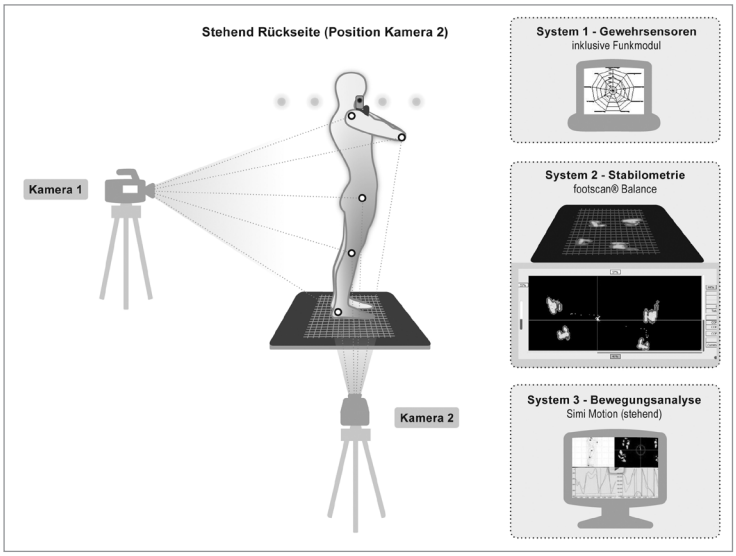


Abb. 4: Untersuchungsaufbau Bsp. Anschlag Stehend

Tab. 1: Messdaten Messplatz Biathlonschießen nach Siebert & Espig (2011)

Biathlon-Schießmessplatz nach Nitzsche (2009)	1. Kraft-Zeit-Verlauf der Abzugsbetätigung mittels Druckkraftsensor über die gesamte Schussserie 2. Kraft-Zeit-Verlauf der Kraftwirkung an der Schaftkappe mittels Druckkraftsensor an der Schaftkappe (Zeitraum 0,3 s vor der Schussabgabe bis 0,1 s nach der Schussabgabe) 3. Kraft-Zeit-Verlauf der Kraftwirkung am Unterstützungsgurt mittels eines, am Unterstützungsgurt integriertem Zugkraftsensors (Zeitraum 0,3 s vor der Schussabgabe bis 0,1 s nach der Schussabgabe) 4. Horizontale und vertikale Beschleunigungsveränderungen der Laufmündung mittels Beschleunigungssensoren an der Laufmündung (Zeitraum 0,3 s vor der Schussabgabe bis 0,1 s nach der Schussabgabe) 5. Horizontale und vertikale Wegeveränderungen der Laufmündung mittels einer optischen Einheit an der Laufmündung (Lasersystem) (Zeitraum 0,3 s vor der Schussabgabe bis 0,1 s nach der Schussabgabe) 6. Zeitspanne zwischen den Schüssen über die gesamte Schussserie mittels eines Schusssensors 7. Trefferlage
Stabilometrie mittels Footscan® Balance System	1. Verhältnis Gewichtsverteilung und Schwankung vorderes und hinteres Bein bzw. linker und rechter Ellenbogen in % 2. Verhältnis Gewichtsverteilung und Schwankung Ballen und Fersen bezogen auf Körperschwerpunkt (KSP) in % 3. Veränderung der Position des KSP zum Schusszeitpunkt innerhalb einer Schussserie in mm 4. Vergleich KSP-Schwankungen in der Feinzielphase der Schüsse innerhalb einer Schussserie in mm 5. Spurlänge der KSP-Schwankungen über die gesamte Schussserie in mm 6. Weg des KSP auf der Frontalebene (parallel zur Schussrichtung) und auf der Sagittalebene (90° zur Schussrichtung) in mm
2D-Bewegungsanalyse	1. Frontalebene: Abstand Füße, Winkel Hüft- und Schulterachse, Winkel Stützarm und deren Veränderungen 2. Sagittalebene: Kniewinkel, Hüftwinkel, Winkel Körperlängsachse zu Ellenbogen Handlungsarm, Winkelschwankungen Körperlängsachse, Rotationsschwankungen Hüft- und Schulterachse und deren Veränderung

3 Ergebnisse

Grundlegende Zielstellung dieses universitären Betreuungsprojektes war es, einen Wissenstransfer bezüglich der gewonnenen Untersuchungsergebnisse des vorangegangenen Forschungsprojektes (IIA1-070803/10-13) sicherzustellen. Insbesondere sollten hierbei vor allem Kadersportler des Deutschen Skiverbandes durch spezifische Maßnahmen betreut werden. So wurden in den Jahren 2014 und 2015 auf der Grundlage des standardisierten Untersuchungsprogramms insgesamt 38 Sportleruntersuchungen der Kaderkreise D/C und C am Schießmessplatz durchgeführt. Es erfolgte eine Auswertung der leistungsdiagnostischen Untersuchungen mit Sportlern und Trainern vor Ort. Auf der Basis aktueller Forschungsergebnisse wurden individuelle Schießprofile der Sportler erstellt und in die Messdatenbank eingepflegt.

In den Folgejahren 2016 und 2017 wurden bzw. werden zur unmittelbaren Vorbereitung auf die OWS 2018 (Pyeongchang/KR) weitere Diagnostiken der Schießleistung sowie gezieltes Schießmessplatztraining bei der deutschen Biathlon-Nationalmannschaft durchgeführt. Demnach konnte die Umsetzung dieses Betreuungsprojektes einen wichtigen Beitrag zur engeren Verflechtung zwischen Wissenschaft und Trainingspraxis liefern.

4 Diskussion

Die diagnostizierten Schießleistungen bestätigten vorliegende Forschungsergebnisse, dass fehlerfreie Schießergebnisse an eine hochgra dige Laufmündungsdämpfung im Moment der Schussabgabe geknüpft sind. Diese Laufmündungsdämpfung wird neben der Art und Weise der physischen Vorbelastung, der psychischen Verfassung und äußerer Einflussfaktoren entscheidend von den auch messtechnisch erfassbaren Schießtechnikelementen und tangierenden Einflussgrößen bestimmt.

Zusammenfassend kann eingeschätzt werden, dass im Anschlussbereich die Hauptreserve in der Vervollkommnung und Stabilisierung der einzelnen Schießtechnikelemente liegt. Mittels des Biathlonschießmessplatzes können günstige sowie ungünstige Leistungsdispositionen im Moment der Schussabgabe detailliert benannt werden. Folgende Leistungsreserven wurden mit dem sehr komplexen Messsystem erschlossen und im Sinne eines Messplatztrainings trainingsmethodisch bearbeitet:

- Schulung der Abzugsdynamik nach vorgegebener Kraft-Zeit-Verlaufscharakteristik
- Stabilisierung der Anschlagsposition stehend durch normgerechte Ausführung der Fußstellung, der unverspannten Beinposition bei optimaler Gewichtsverteilung
- Individuelle optimale, normgerechte sowie stabile Anschlagsposition (z. B. Hüft-/Oberkörperposition)
- Systemstabilität in der Schussvorbereitung und im Verlauf einer Schussserie
- Stabilisierung des Schießrhythmus.

Fazit: Die Wirkung der Schießleistungsobjektivierung geht als ein Baustein in die Komplexleistung Biathlon ein. Die Diagnostik der Schießleistung und gezieltes Schießmessplatztraining für die deutschen Kaderathleten ist bei der Vorbereitung auf die OWS 2018 (Pyeongchang/KR) auf Grund der oben genannten Leistungsreserven aus unserer Sicht unabdingbar.

5 Literatur

Ball, K. A., Best, R. J. & Wrigley, T. V. (2003). Body sway, aim point fluctuation and performance in rifle shooters: inter- and intra-individual analysis. Körpereinfluss, Zielpunktfluktuation und Leistungen von Gewehrschützen: inter- und intraindividuelle Analyse. *Journal of sports sciences, 21* (7), 559-566.

Baltzer, M. & Walter, A. (2008). Erfolgsfaktoren im Biathlon. Werden die Rennen am Schießstand entschieden? *Sportwissenschaft, 3*, 272-288.

Konttinen, N., Landers, D. & Lyytinen, H. (2000). Aiming routines and their electrocortical concomitants among competitive rifle shooters. Das Zielverhalten und dessen begleitende Hirnrindenpotentiale bei Leistungssportlern im Gewehrschiessen. *Scandinavian journal of medicine & science in sports, 10* (3), 169-177.

Koch, M. (2001). *Untersuchungen zur weiteren Präzisierung der Biathlonschießtechnik mittels neuer Mess- und Auswertverfahren*. Dissertation, Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät.

Koch, M. & Ehrlicher, S. (2010). Sportliche Höchstleistungen im Biathlon – Voraussetzungen und Anforderungen. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft, 17* (2), 43-53.

Mononen, K., Konttinen, N., Viitasalo, J. & Era, P. (2007). Relationships between postural balance, rifle stability and shooting accuracy among novice rifle shooters. *Scandinavian journal of medicine & science in sports, 17* (2), 180-185.

Mononen, K., Viitasalo, J. T., Konttinen, N. & Era, P. (2003). The effects of augmented kinematic feedback on motor skill learning in rifle shooting. Die Effekte des erhöhten kinematischen Feedbacks auf die motorische Lernfähigkeit beim Gewehrschießen. *Journal of sports sciences, 21* (10), 867-876.

Nitzsche, K. (Hrsg.) (1998). *Biathlon. Leistung – Training – Wettkampf*. Wiesbaden: Limpert Verlag.

Nitzsche, K. (2009). *Biathlon-Schießmessplatz. Möglichkeiten zur Objektivierung der Biathlonschießleistung*. Forschungsbericht, Universität Leipzig.

Sattlecker, G.; Müller, E. & Lindinger, S. (2007). Performance determining factors in biathlon shooting. In Linnamo, V.; Komi, P.V. & Müller, E. (Hrsg.), *Science and Nordic Skiing* (S. 257-285). Oxford: Meyer & Meyer.

Sattlecker, G., Müller, E. & Lindinger, S. (2009). Biomechanical factors of biathlon shooting in youth, junior and elite athletes. In, *14th annual Congress of the European College of Sport Science, Oslo/Norway, June 24-27, 2009, Book of Abstracts* (S. 169).

Siebert, D., & Espig, N. (2011) Weiterentwicklung diagnostischer Verfahren zur Analyse der Anschlagtechnik Stehend im Biathlonschießen. In *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge, 52* (1), 120-137.

Siebert, D. & Espig, N. (2014). Untersuchungen zur weiteren Vervollkommnung der Anschlagtechniken Liegend und Stehend im Biathlonschießen. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2012/13* (S. 97-102). Köln:Sportverlag Strauß.

Sklortz, E. (2008). *Elektromyographische Untersuchung (EMG) zur Präzisierung der Anschlagtechniken Liegend und Stehend im Biathlon*. Studienbegleitende Arbeit: Trainerakademie Köln des DOSB.

Wick, J. (2006a). Entwicklungstendenzen der Spitzenleistungen sowie der Wettkampf- und Trainingssysteme der Ausdauersportarten mit trainings- und forschungsmethodischen Ableitungen. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft, 13* (1), 29-52.

Wick, J. (2006b). Erkennen und Erschließen von Leistungsreserven im Biathlon im Olympiazyklus 2002-2006. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft, 13* (1), 53-61.

Wick, J. (2002). Der Zusammenhang zwischen Leistung, Training und Wettkampf – eine Analyse wesentlicher Entwicklungstendenzen im Biathlon im Olympiazyklus 1998-2002. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft, 9* (1), 32-50.

Sportartspezifische Leistungsdiagnostik und Hilfsmitteloptimierung im paralympischen Hochleistungssport

(AZ 071626/15-16)

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

[1]Universitätsklinikum Freiburg, Department Chirurgie, Klinik für Orthopädie und Traumatologie Sektion Sportorthopädie und Sporttraumatologie

[2]Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA Abteilung Biomechatronische Systeme, Stuttgart Leitung Bewegungslabor „Angewandte Biomechanik“

[3]Bundestrainer Radsport, Deutscher Behindertensportverband

1 Einleitung und Problemstellung

Sowohl die Leistungsdichte im Spitzenbereich als auch die Professionalisierung im paralympischen Sport haben in den vergangenen Jahren erheblich zugenommen. Dies schließt bei behinderten Athletinnen und Athleten auch eine zunehmend ausgefeilte Hilfsmittelversorgung ein. So konnten beispielsweise durch die Entwicklung der Carbon-Unterschenkelprothesen in der Leichtathletik höhere Spitzenleistungen erreicht werden als bei Nicht-Behinderten. In einer hochtechnischen Sportart wie dem Radsport, die darüber hinaus mit unzähligen zyklischen Belastungen einhergeht, hat die Hilfsmittelversorgung nicht nur einen hohen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit, sondern auch auf die Gesundheit der Athleten, da schlecht sitzende Prothesen Druckstellen verursachen können oder über ungünstige Hebelverhältnisse hohe Gelenkbelastungen hervorgerufen werden können.

2 Theoretischer Hintergrund

Wissenschaftliche Untersuchungen, die sich mit den genannten Aspekten beschäftigen, sind im paralympischen Radsport bislang nur in sehr begrenztem Umfang vorhanden. Die Auswertung der medizinischen Behandlungsdaten der olympischen und paralympischen Spiele 2012 in London zeigte international bei den paralympischen Athleten aller Sportarten eine hohe Infektionsrate (13,2 %), deutlich über der nichtbehinderter Athleten, wobei die Haut nach den Luftwegen am zweithäufigsten betroffen war – noch deutlich vor Harnwegsinfektionen und gastrointestinalen Infekten (Schwellnus, 2013). Im Radsport betrug die Inzidenz von Hautinfektionen 1,96/1000 Athletentagen. Dies verdeutlicht die Wichtigkeit gut angepasster Sportgeräte und Prothesen, da ein hoher Anteil von Hautinfektionen auf infizierte Druckstellen zurückzuführen ist. Darüber hinaus konnten bei deutschen Sportlerinnen und Sportlern viele Überlastungsbeschwerden der Wirbelsäule festgestellt werden, die häufig auf Fehlhaltungen im oder auf dem Sportgerät und einseitige Belastung zurückzuführen sind (Hirschmüller, 2014; Kromer, 2011). Des Weiteren konnte gezeigt werden, dass mit Hilfe biomechanischer Analysen auf dem Fahrrad systematische und zielgerichtete Hilfsmitteloptimierungen im paralympischen Radsport möglich sind (Baur, 2008).

Auf dieser Basis wurde 2013 das Forschungsprojekt „Rate PRO“ beantragt und 2014 bewilligt, das den Aufbau eines biomechanischen Messplatzes für die systematische Analyse von unterschenkelamputierten Radsportlern und die Entwicklung einer modularen Testprothese zum Ziel hatte. Mit Hilfe der Testprothese können Veränderungen am Prothesendesign unterschenkelamputierter Radsportler simuliert und deren Auswirkungen direkt evaluiert werden. In der ersten Testreihe wurden bereits zahlreiche biomechanische Messdaten an 4 unterschenkelamputierten Athleten der Abteilung Rad-

sport erhoben, die vorrangig der Konzeption der universellen Testprothese dienten (Abb. 1). Bei der Auswertung der kinematischen Daten zeigten sich auch teils erhebliche bilaterale Differenzen, die zur Optimierung der Rad-Prothese und deren Einstellungen durch den betreuenden Orthopädie-Techniker verwendet werden können.

Abb1: Messungen im Bewegungslabor des Fraunhofer IPA in Stuttgart. Erfassung von Bewegungsdaten bei Tests auf dem Cyclus2-Ergometer. Im oberen Bild wird zusätzlich die Druckverteilung im Schaft mit dem System Novel PLIANCE erfasst.

Während kinematische Veränderungen nach entsprechenden Modifikationen der Prothesen problemlos evaluiert werden können, war eine Quantifizierung der Veränderungen der Leistungsfähigkeit und der Seitenverteilung der Pedalkräfte im initalen Setting nur in begrenztem Maße möglich, da der Messplatzaufbau keine Pedalkraftmessung beinhaltet..

Das Ziel des Betreuungsprojektes war es, das Setup um eine Pedalkraftmessung zu erweitern und die Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt auf weitere paralympischen Topathleten der Sportarten Radsport und Triathlon mit anderen Behinderungen zu übertragen, um über eine gezielte Optimierung der verwendeten Hilfsmittel und der Fahrräder bzw. deren Einstellungen eine Verbesserung der Wettkampfleistung, der Belastung des Stütz- und Bewegungsapparates und des Wohlbefindens zu erreichen.

3 Zielstellung

Das Ziel des beantragten Betreuungsprojektes war, die Kaderathleten der Abteilung Radsport des DBS leistungsbezogen biomechanisch zu evaluieren, um so Trainingsinterventionen und Hilfsmitteloptimierung einzuleiten.

Analog zum Forschungsprojekt „Rate-PRO“ sollten standardisierte kinematische Messungen am in der Abbildung gezeigten Radergometer-Messplatz durchgeführt werden. Der bestehende Messplatz sollte um ein Pedalkraftmesssystem erweitert werden, um neben den kinematischen und physiologischen Messgrößen Aussagen über die biomechanische Effizienz der Tretbewegung treffen zu können.

Der Messplatz mit allen verwendeten Systemen ist mobil ausgelegt, sodass eine Testdurchführung auch im Rahmen dezentraler Verbandsmaßnahmen erfolgen konnte und ist außerdem durch das gewählte Ergometer- und Pedalkraftmesssystem mit jedem Fahrradmodell verwendbar, um auch Messungen auf Bahnrad-, Zeitfahr-, oder Tandem-Rädern absolvieren zu können. Durch die Verwendung des individuellen Rades des jeweiligen Athleten ist die optimale Anpassung des Ergometers für die Test-Situation gewährleistet.

Perspektivisch sollte durch die Kombination des biomechanischen Messplatzes mit der Testprothese (Antragsforschungsprojekt) und den anwendungsorientierten Ansätzen des hier dargestellten Betreuungsprojektes langfristig eine Leistungsoptimierung im Paracycling und Para-Triathlon ermöglicht werden.

4 Methodik

Der Rad-Messplatz basiert auf einem Cyclus2-Ergometer (RBM elektronik-automation GmbH, Leipzig/Deutschland). In den Ergometer-Aufbau lässt sich nahezu jeder Fahrrad-Rahmen ohne die Laufräder einsetzen. Der Widerstand des Ergometers wird durch einen Zahnkranz auf den Antrieb des Rades übertragen. Dabei können Leistungen von bis zu 3000 Watt mit unterschiedlichen Belastungsarten eingestellt werden (leistungsgeregelt, Drehmoment geregelt, isokinetisch).

Das Ergometer bietet verschiedene Standard-Testverfahren an, unter anderem:

- Stufentest
- WPC-Test
- Maximal-Trittfrequenz-Test
- Isokinetischer Maximalkrafttest
- Wingate Anaerobic Test
- CPI-Test.

Zur Analyse der entstehenden Kräfte während des Tretzyklus soll ein Messsystem der Firma Sensix verwendet werden. Das System ermöglicht die bilaterale Erfassung von entstehenden Kräften und Momenten am Pedal in allen 3 Raumrichtungen. Der Messbereich des Systems beträgt max. 2000 N in vertikaler Richtung und je 250 N in die beiden horizontalen Richtungen (vorne-hinten, innen-außen). Die Messgenauigkeit wird mit < 1 % angegeben.

Durch die Kombination mit einem integrierten Positions-Encoder (Abb. 2) können die Daten auf den Tretzyklus normiert werden, ohne ein weiteres System zur Bestimmung der Kurbelposition zu verwenden. Damit erlaubt das Messsystem die Erfassung der Kraftentwicklung am Pedal während des Tretzyklus, woraus sich Aussagen über die biomechanische Effizienz der Tretbewegung ableiten lassen.

Im Gegensatz zu anderen vergleichbaren Systemen (z. B. Powertec Kraftmesskurbel, Fa. Otec, o. ä.) basiert dieses System auf einem instrumentierten Pedalkörper, sodass eine Verwendung an unterschiedlichen Radmodellen und bei Feldmessungen problemlos möglich ist.

Dies ist vor allem für Tests im Paracycling ein entscheidender Vorteil, da hier oftmals durch individuelle Anpassungen des Rades an die Einschränkung des Sportlers die Durchführung von Tests auf Standard-Ergometern mit instrumentierten Kurbelsystemen als unzureichend anzusehen ist. Des Weiteren kann das System für wettkampfnahe Tests in den Tandem-Disziplinen eingesetzt werden.

Die kinematischen Daten werden mit dem Bewegungserfassungssystem der Firma Qualisys aufgezeichnet und verarbeitet. Es handelt sich um ein optisches Infrarot-Kamerasystem zur Detektion von passiven Markern am Kör-

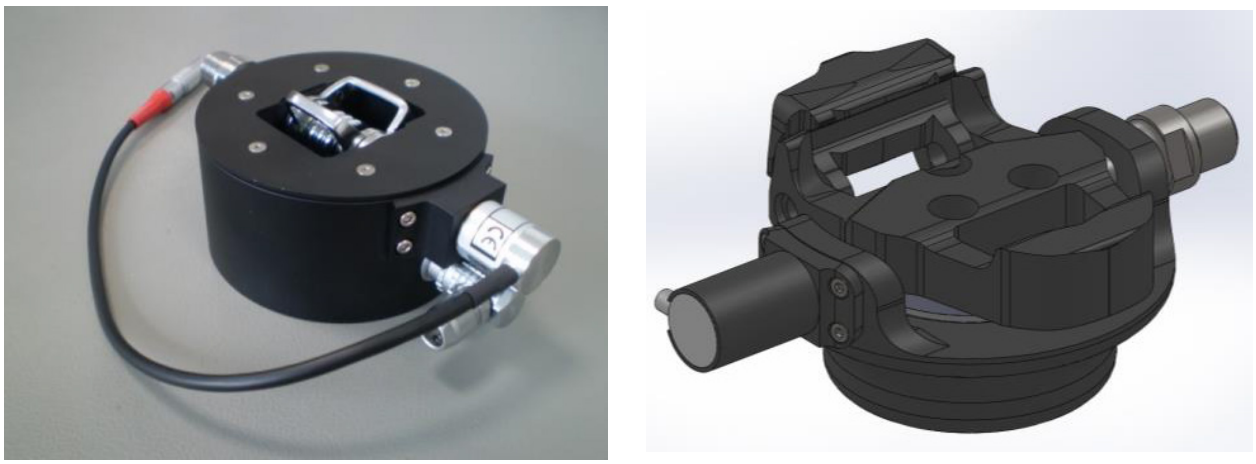


Abb 2.: Sensix Pedalkraftsensoren mit Positions-Encoder.

per des Athleten. Das System ist vollständig mobil und durch spezielle Kameralinsen und Filterfunktionen („active filtering“) in besonderem Maße für Feldmessungen bei sehr hellen Lichtverhältnissen geeignet. Das Markersetup kann dabei so gewählt werden, dass eine weitere Verarbeitung der Daten für invers-dynamische Berechnungen möglich ist.

AP2 – Installation/InbetriebnahmeKraftmesspedal Sensix:

Das Kraftmesspedal der Fa. Sensix wurde in den bereits bestehenden Ergometer-Messplatz integriert. Es wurden entsprechende Auswerte-Skripte für die Kraftmessdaten in Kombination mit den verschiedenen Testverfahren ausgearbeitet, um eine Synchronisation der Daten zu garantieren und eine sinnvolle graphische Aufbereitung zu ermöglichen.

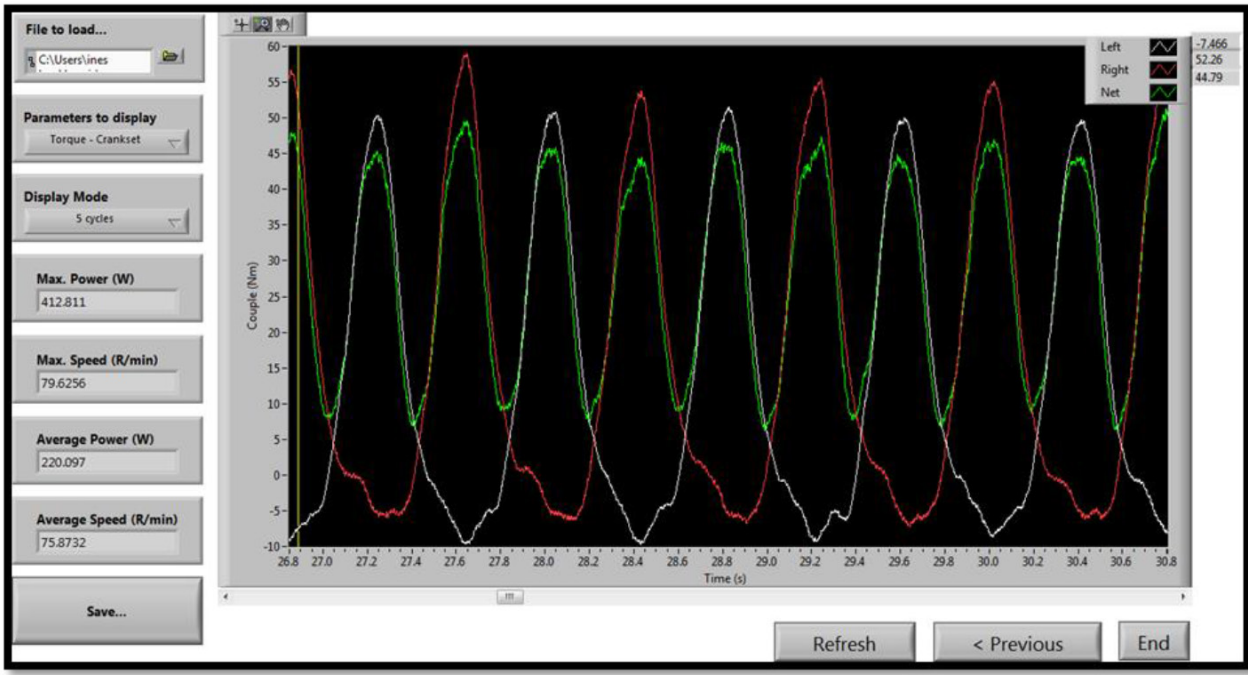


Abb. 3: Exemplarische Darstellung der Datenauswertung der Sensix-Pedalkraftsensoren.

5 Arbeitsplan und Ergebnisse

Das Betreuungsprojekt gliederte sich in insgesamt fünf Arbeitspakete.

AP1 – Jahresplanung:

Zu Projektbeginn erfolgte die Planung der individuellen Testtermine der Athleten durch die Projektleiterin und den Bundestrainer. Hier wurde in erster Linie die – in der paralympischen Saison zentral in Freiburg durchgeführte – Jahresgrunduntersuchung als Hauptmesszeitpunkt definiert. Zur Untersuchung wurde der gesamte Nationalkader eingeladen, und diesen Athleten wurden die zusätzlichen Tests im Rahmen des Betreuungsprojektes angeboten.

AP3 Labor-Tests in Stuttgart

Im Bewegungslabor des Fraunhofer IPA in Stuttgart wurden 2 aufwendigere Tests mit Athleten unter Zuhilfenahme der dreidimensionalen Bewegungsanalyse durchgeführt. Es wurde eine unterschenkelamputierte Paracycling-Athletin sowie ein Kaderathlet der neuen paralympischen Sportart Para-Triathlon getestet, um die Prothesenversorgung beider Athleten zu optimieren. Die Testergebnisse wurden mit den Athleten vor Ort besprochen.

AP4 Tests bei DBS-Maßnahmen

Erste umfangreiche Tests wurden im Rahmen der Jahresgrunduntersuchung Paracycling in Freiburg (14.-16.2.2016) durchgeführt. Jeweils in Anschluss an den regulären Stufentest wurden nach einer 2-stündigen Ruhepause ein Test der maximalen Trittfrequenz sowie mehrere Maximalkrafttests bei unterschiedlichen Trittfrequenzen durchgeführt. Dabei wurden bei allen Test die Pedalkräfte seitenvergleichend analysiert. Bei einigen Athleten wurden darüber hinaus 3D-Kinematische Vermessungen vorgenommen.

Folgende A-und B Kader-Athleten wurde getestet: Pierre Senska, Stefan Nimke, Jana Majunke, Denise Schindler, Erich Winkler, Hans Peter Durst, Tim Kleinwächter, Erik Mohs, Thomas Schäfer, Matthias Schindler, Christian Vaith.

Am 27.6.2016 wurde darüber hinaus die Nachwuchsathletin Raphaela Eggert in einem eigenen Termin in Anwesenheit einer Orthopädin und eines Orthopädietechnikern getestet, um ihr eine neue Unterschenkelorthese zur Reduktion ihrer Spastik-bedingten Supinationsstellung des Fußes anzupassen. Nach insgesamt 4 Tests mit individuell konfektionierten Orthesen wurde anhand der biomechanischen Analyse und der Pedalkraftmessung ein optimales Modell ausgewählt, welches die Athletin seither im Training und Wettkampf trägt – mit sehr hohem Tragekomfort und stetig verbesserten Leistungen bei internationalen Wettkämpfen (zuletzt im Mai 2017 3. Platz Einzelzeitfahren beim Weltcup in Ostende).

Bei der Jahresgrunduntersuchung im Folgejahr (Februar 2017) wurden das Setup der im Rahmen des Betreuungsprojektes durchgeführten Tests überarbeitet und der Messplatz erneut in Freiburg installiert. Die Erkenntnisse aus dem Vorjahr wurden genutzt, um die Belastung der Athleten zu reduzieren und die Testergebnisse besser zu visualisieren. Es hatte sich u. a. gezeigt, dass die 4 Maximalkrafttests (die Maximalkrafttests wurden jeweils über 60 Sekunden und insgesamt bei 4 verschiedenen Trittfrequenzen durchgeführt) insbesondere für die am besten trainierten Athleten zu belastend waren, da diese die maximale Leistung direkt abrufen konnten und dann jeweils eine Minute durchhalten mussten. Bei koordinativ schwächeren Athleten war die Messzeit von 60 Sekunden sinnvoll, da diese die maximale Leistung aufgrund der Koordinationsstörungen oft erst nach > 20 Sekunden erreichten. Im Folgejahr wurden daher anhand der Ergebnisse aus 2016 die 2 aussagekräftigsten der 4 Trittfrequenzen ausgewählt und somit nur 2 Maximalkrafttests durchgeführt. Außerdem wurde die Messzeit der Tests bei den Athleten, die die Anforderung direkt umsetzen konnten, auf 30 Sekunden verkürzt. Dafür wurde die Pedalkraftanalyse bereits während des Stufentestests durchgeführt und die 3 repräsentativen Stufen (Lactate threshold, Inidiviudelle Anaerobe Schwelle und Maximale Leistung) ausgewertet.

AP5 – Bericht und Jahreszusammenfassung

Die Testergebnisse wurden in mehreren Meetings von Projektleiterin, Herrn Florian Blab und Bundestrainier Patrick Kromer analysiert und für die Athleten und die Trainer graphisch aufbereitet.

6 Transfermaßnahmen

Die im Rahmen des Betreuungsprojektes durchgeführten Messungen erfolgten in direkter Absprache mit dem Bundestrainer Patrick Kromer. Im Rahmen des Frühjahrstrainingslagers auf Mallorca wurden die Einzelergebnisse mit den Athleten analysiert und eine generelle Projektbesprechung mit Informationsweitergabe an die Athleten abgehalten. Die Fortführung der im Rahmen dieses Projektes zusätzlich etablierten Tests ist in den Folgejahren geplant

Durch die Möglichkeit der Verwendung der eigenen Fahrräder wurde den Athleten die Möglichkeit gegeben, ihr eigenes Messsystem (meist SRM) zu validieren und die Testergebnisse direkt für die weitere Trainingsplanung und -steuerung zu nutzen

Durch die Integration von Athleten der neuen paralympischen Sportart Triathlon wurden die Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt für weitere Nachwuchsathleten genutzt.

Da mit der Integration der Pedalkraftsensoren nun ein sehr effektiver mobiler Messplatz entstanden ist, kann dieser in Zukunft auch z. B. im Höhentrainingslager in St. Moritz eingesetzt werden, um z. B. die Höhenanpassung zu evaluieren bzw. das Trainingslager zu nutzen, um die Effizienz des Tretens („Runder Tritt") zu optimieren.

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*, 746-751.

Hirschmüller, A. Kosel, J. Hübner, E. J., Kaiser, R., Küper, R., Michel-Leutheuser, P., Schmieder-von Welck, U., Schultz, W., Vater, H., Völpel, J., & Südkamp, N. P. (2014). Verletzungen und Überlastungsbeschwerden der deutschen paralympischen Athleten bei den Sommerspielen 2012 in London. *Sportorthopädie & Sporttraumatologie, 30* (1), 41-46.

Kromer, P., Röcker, K., Sommer, A., Baur, H., Konstantinidis, L., Gollhofer, A., Südkamp, N. P. & Hirschmüller, A. (2011). Verletzungen und Überlastungsbeschwerden im paralympischen Radsport – Eine Fragebogenerhebung bei Nationalkaderathleten (Acute and overuse injuries in elite paracycling – an epidemiological study) *Sportverletzung Sportschaden, 25* (3),167-172.

Schwellnus, M., Derman, W., Jordaan, E., Blauwet, C. A., Emery, C., Pit-Grosheide, P., Patino Marques, N. A., Martinez-Ferrer, O., Stomphorst, J., Van de Vliet, P., Webborn, N. & Willick, S. E. (2013). Factors associated with illness in athletes participating in the London 2012 Paralympic Games: a prospective cohort study involving 49,910 athlete-days. *British journal of sports medicine, 47* (7), 433-440. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23525473>

Mannschaftssynchronisation und Stemmbrett im Nachwuchstraining 2016

(AZ 071601/16)

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

1 Problem

Für die jährliche Auswahl der leistungsstärksten deutschen Juniorenruderinnen und -ruderer werden die Ergebnisse der leistungsphysiologischen Untersuchungen sowie die erzielten Regattaergebnisse berücksichtigt. Dabei erfährt die individuelle ruderspezifische Leistungsfähigkeit unter den Bedingungen der Groß- und Mittelboote besondere Aufmerksamkeit. Die Formierung der neuen Bootsbesatzungen und deren rudertechnische Vorbereitung auf den internationalen Wettkampfhöhepunkt (Junioren- und U23 Weltmeisterschaften) macht die Optimierung der Ruderleistung und -technik und deren Feinstellung im Mannschaftsgefüge in vergleichsweise kurzer Zeit notwendig, um eine hohe Bootsgeschwindigkeit während der Ruderrennen im internationalen Vergleich zu erreichen. Dieser Prozess kann mit Hilfe biomechanisch gestützter Diagnostik und sich anschließendem Feedbacktraining schnell und zielgerichtet gesteuert werden (Böhmert & Mattes, 2003; Böhmert, 2009; Schaffert & Mattes, 2011) und die Arbeit der erfahrenen Trainerinnen und Trainer unterstützen. Im Einzelnen stehen die folgenden Aspekte im Mittelpunkt:

- Ableitung des Rankings der Teilnehmer und Empfehlungen zur Groß- und Mittelbootsformierung (Vorschlag für die Zusammensetzung der Boote inklusive Sitzplatzverteilung im Boot),
- Ableitung von Trainingszielen zur Ansteuerung der Rudertechnik für die einzelne Ruderin/den einzelnen Ruderer sowie für die Bootsbesatzung und
- die wissenschaftliche Anleitung und Begleitung des Feedbacktrainings zur Sicherung von Ansteuerungseffekten bei der Ruderin/beim Ruderer sowie bei der Bootsbesatzung.

Der Einsatz erfolgt im Schwerpunkt in den zentralen Lehrgängen, an Trainingswochenenden sowie in der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung (UWV) auf die Weltmeisterschaften. Auf Grundlage der Ergebnisse aus den vorangegangenen Projekten zur Sonifikation (Mattes & Schaffert, 2015) und zum Außenarmzug (Mattes et al., 2016) liegen die Schwerpunkte des Betreuungsprojekts auf der Mannschaftssynchronisation (MSynch) sowie auf den Kräften am Innenhebel und Stemmbrett und den links/rechts Asymmetrien der Stemmbrettkraft.

2 Methode

Die Maßnahmen erfolgten mit der Juniorennationalmannschaft (JNM) 2016 bzw. Kaderathletinnen und -athleten, die am Selektionslehrgang zur Nominierung für die JNM teilnahmen (CJ-Kader) in Mittel- und Großbooten (4- und 8+). 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 und zur Verbesserung der MSynch absolvierten ausgewählte Boote Feedback-Trainingsfahrten (visuell und akustisch). Die Messungen erfolgten im Frühjahr und Sommer 2016 auf der Regatta-Strecke in Berlin-Grünau.

Die komplexe Diagnostik (KLD) der Ruderleistung und -technik erfolgte mit dem Mobilen

Mess- und Trainingssystem (MMS) 2012 (Böhmert & Mattes, 2003; Böhmert, 2009). Für das parametergestützte Feedbacktraining wurden das Processor Coach System-3/Sportler (PCS-3/S) (visuell) (Mattes & Böhmert, 2002) und das akustische Feedbacksystem *Sofirow* (Schaffert & Mattes, 2011) eingesetzt. Die genaue Beschreibung der Messgrößen der eingesetzten Messsysteme erfolgte bereits in den Berichten zu den Vorjahresprojekten. Hervorzuheben ist die hohe trainingspraktische Relevanz der generierten Mess- und Testdaten, um Hinweise zur Steuerung der individuellen Ruderleistung und -technik sowie Empfehlungen für die Formierung von Bootsbesatzungen geben zu können.

Je nach Zielstellung der Diagnostik kamen in Absprache mit den Bootstrainerinnen und -trainern unterschiedliche Testmethoden zur Anwendung, die in den Berichten zu den Projekten in den Vorjahren beschrieben wurden. Auch das trainingspraktische Vorgehen unterschied sich nicht zu dem in den Vorjahren beschriebenen und praktizierten Ablauf.

Zur Überprüfung der Schwerpunkte des Projekts wurden

- für die MSynch ein Belastungstest über 4 x 2000 m bzw. 1000 m mit und ohne Sonifikation plus Baseline in zwei Belastungsstufen der extensiven Ausdauer (Schlagfrequenz 20 und 22 Schläge/min) mit anschließender Laktatabnahme und Herzfrequenzbestimmung (Laktat ≤ 2 mmol/l und Herzfrequenz zwischen 140-160 Schläge/min) sowie
- für die Kräfte am Innenhebel und Stemmbrett Trainingsübungen mit einhändigem Rudern nur mit dem Innenarm und nur mit dem Außenarm sowie beidhändiges Rudern mit der Bewegungsvariante dominanter Außenarmeinsatz im Vorderzug im Schlagfrequenzbereich 20 Schl./min.

durchgeführt.

3 Ergebnisse der Betreuungsmaßnahmen

3.1 Komplexe Leistungsdiagnostik (KLD)

Die Selektion der Auswahlmannschaften erfolgte über Ranggruppen auf Grundlage der Messergebnisse zur individuellen Ruderleistung und -technik. Für die Empfehlungen zur Sitzposition der einzelnen Ruderin bzw. des Ruderers im formierten Boot, wie beispielsweise die Verteilung der Athletinnen und Athleten im Achter von Platz 1 (Bugposition) bis Platz 8 (Schlagposition) wurde ein schriftlicher Vorschlag formuliert. Im Anschluss wurden den Trainerinnen und Trainern die individuellen Mess- und Testergebnisse sowie die Bildung der Ranggruppen erläutert. Dabei wurden die Zusammenhänge zwischen dynamischer und kinematischer Struktur der Ruderbewegung, die äußerlich sichtbare Rudertechnik und deren Wirkung auf die Bootsgeschwindigkeit sowie der Bootsdurchlauf thematisiert und die Schwerpunkte für das folgende Technik- und Konditionstraining für die einzelne Ruderin bzw. Ruderer sowie für die Bootsbesatzung 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 der einzelnen Ruderin bzw. des Ruderers und die Bootsbesatzungen. Vor dem Feedbacktraining wurden konkrete Hinweise zur Veränderung der Bewegungsausführung und zur jeweiligen Feedbackanzeige gegeben. Im Feedbacktraining wurden die Messinformationen zeitsynchron zur Bewegungsausführung visuell auf Grafikdisplays (PCS-3) bzw. akustisch über Lautsprecher als Klangsequenz (*Sofirow*) im Rennboot präsentiert. Inhaltlich erfolgte dabei die Rückmeldung der objektiven Synchroninformationen über die Bewegungsausführung und deren Ergebnisse als Kennlinien und -werte (visuell) bzw. des Parameterverlaufs (akustisch) mit dem Ziel, die Aufmerksamkeit

auf den jeweiligen Technikschwerpunkt zu lenken. Diese Rückmeldungen sollten die Athletinnen und Athleten in Beziehung zu den eigenen intrinsischen Rückinformationen setzen und die veränderte Bewegungsausführung wahrnehmen und verinnerlichen. Letztlich sollte 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 wurden die Ansteuerungseffekte im gemeinsamen Gespräch analysiert. Der Schwerpunkt lag hier auf der Analyse und Bewertung von Änderungen der Bewegungsausführung, dem Zusammenhang zwischen intrinsischem und extrinsischem Feedback sowie der richtigen Bewegungsausführung, dem erzielten Lernfortschritt und der Festlegung der weiteren Trainingsschwerpunkte für die Ruderinnen und Ruderer und für die Bootsbesatzung.

3.3 Ergebnisse zu den Schwerpunkten

3.3.1 Mannschaftssynchronisation

Die Ergebnisse zeigten für die 2000-m bzw. 1000-m-Strecken mit Sonifikation in beiden Belastungsintensitäten signifikant höhere Bootsgeschwindigkeiten, reduzierte Fahrtzeiten und Anzahl an absolvierten Ruderschlägen bei vergleichbarer Schlagfrequenz (max. Differenz 0,4 Schläge/min)m, ohne den physiologischen Belastungsbereich (Laktat und Herzfrequenz) zu verlassen. Mit der Sonifikation verbesserten sich der Bootsbeschleunigungsverlauf im Freilauf und in der vorderen Bewegungsumkehr, die MSynch sowie die Schlag- und Bewegungsstruktur in Abhängigkeit von der individuellen Rudertechnik.

Die verbesserte MSynch zeigte sich in reduzierten Spannweiten der Durchzugs- und Freilaufzeit, des Rhythmusverhältnisses und der Zuggeschwindigkeiten im Durchzug innerhalb einer Bootsbesatzung. Die Befragung zeigte, dass die Veränderung der Rudertechnik von den Athleten wahrgenommen und dadurch motorische Lerneffekte stimuliert werden.

3.3.2 Kräfte am Innenhebel und Stemmbrett

Im Vergleich der Leistungsklassen unterschieden sich die Leichtgewichtsruderer (LM) hinsichtlich der anthropometrischen Daten sowohl bei der Körperhöhe und Körpermasse 186 ± 5 cm und 74,3 ± 2,8 kg von den beiden anderen Leistungsklassen Junioren (JM) und Senioren (M). Die JM besaßen die gleiche Körperhöhe 193 ± 4 cm aber eine geringere Körpermasse (84,8 ± 8,7 kg) als die M (91,5 ± 6,1 kg) der offenen Klasse.

Die M ruderten im Durchzug mit höherer Innenhebelleistung und -kraft, längerer Schlagweite und größerer Vorderzugbetonung (weite Vorlage und steiler Kraftanstieg) sowie höherer ∑Stemmbrettkraft im Vergleich zu den JM und LM. Dabei fielen die prozentual geringe Längskraft (80 %) und höhere Außenarmkraft (90 %) der JM bei ca. 84 % der Normal- und 83 % der ∑Stemmbrettkraft im Vergleich zu den M auf. LM wiederum realisierten den Trainingsschlag mit geringerer Innenhebelkraft und -leistung, aber höherer Vorzugbetonung (identische Ruderwinkelvorlage aber steilerer Kraftanstieg) bei geringerer Stemmbrettkraft im Vergleich zu den JM.

Im Vorderzug realisierten die JM ca. 80 % der Normal-, Längs- und Außenarmkraft sowie der ∑Stemmbrettkraft der M bei vergleichbarem Zugrichtungswinkel. Aufgrund der Ergebnisse insbesondere des gleichen Zugrichtungswinkels kann eine ähnliche Effektivität in der Kraftabgabe am Innenhebel beider Stichproben unterstellt werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die M aus einer weiteren Ruderwinkelvorlage und somit ungünstigeren Körperposition als die gleich großen JM ruderten. Das weist wiederum auf eine zunehmende Bedeutung des Vorderzuges mit der Leistungsklasse und der höheren Bootsgeschwindigkeit im Vergleich zu den JM hin, da ein Vorderzug aus weiterer Vorlage und mit steilerem Kraftanstieg höhere Anforderungen an die Zugrichtung und Kontrolle der Längskraft am Innenhebel stellt. Folglich sind im Übergang von den JM zu den M höhere Innenhebelkräfte mit zunehmender Vorderzugorientierung (weite Vorlage, steiler Kraftanstieg) und einem zweckmäßigen Zugrichtungswinkel am Innenhebel als leistungsrelevante Merkmale zu bewältigen.

Die LM realisierten aufgrund ihrer geringeren Kraftvoraussetzungen erwartungsgemäß geringere Kräfte am Innenhebel und Stemmbrett als die JM, aber auch kleinere Zugrichtungswinkel. Trotz ca. 7 cm geringerer Körperhöhe nahmen die LM eine vergleichbare Ruderwinkelvorlage wie die JM. Das führte zu einer anderen Körperposition bei Schlagbeginn entweder mit spitzerem Kniewinkel, weiterer Oberkörpervorlage und/oder Eindrehen der Außenschulter und schlug sich in einem ungünstigeren Zugrichtungswinkel im Vorderzug im Vergleich zu den größeren JM und M nieder.

Im Mittelzug zeigten sich ebenfalls markante Leistungsunterschiede zwischen den Athletengruppen mit wiederum höheren Kräften am Innenhebel und Stemmbrett der M gefolgt von den JM und LM. Darüber hinaus differierten die Zugrichtungswinkel, wobei sich die M mit 89,2° sehr gut an den Optimalbereich von 90° annäherten und die JM 98,1 % sowie die LM 95,4 % des Zugrichtungswinkels der M erreichten.

Ein weiterer Unterschied bestand im Einsatz des Außenarmes im Mittelzug, wobei die JM und LM relativ höhere Außenarmkräfte als die M einsetzten. Folglich unterschied sich das Wechselspiel von Außen- und Innenarmzug im Vorder- und Mittelzug zwischen den Leistungsklassen. Bei den M war der Wechsel in der Dominanz des Außenarmzuges im Vorderzug auf eine höhere Innenarmkraft im Mittelzug am deutlichsten ausgeprägt. Die im Durchzug höhere prozentuale Außenarmkraft der JM im Vergleich zu den M war folglich auf den Mittelzug zurückzuführen.

4 Diskussion

Die Erfahrungen aus den vergangenen Jahren haben gezeigt, dass sich die biomechanische Betreuung mit den eingesetzten Mess- und Feedbacksystemen im Deutschen Ruderverband bei der Selektion der Bootsbesatzungen und im Feedbacktraining sehr gut bewährt hat und mittlerweile zu einem unverzichtbaren Bestandteil für die Formierung von Großbooten und die Entwicklung leistungsfähiger Bootsklassen in Vorbereitung der JNM auf die internationalen Wettkampfhöhepunkte geworden ist. Der biomechanisch-trainingswissenschaftliche Hintergrund dieser Entwicklungen stimmt mit international anerkannten Erkenntnissen überein (Baudouin & Hawkins, 2004; Hofmijster, Landmann & Van Soest, 2002; Kleshnev, 2010; Nolte, 2011) und basiert maßgeblich auf Forschungsergebnissen, die im Rahmen von Forschungsprojekten an der Universität Hamburg generiert worden sind. Die Entwicklungen wurden in der Trainingspraxis erprobt und die Wirkung evaluiert.

Das MMS ermöglicht die Erfassung der individuellen Ruderleistung und -technik der Athletinnen und Athleten unmittelbar im Rennboot, in allen Bootsklassen und unter allen typischen Wettkampf- und Trainingsbedingungen, wie z. B. das Messen von Achterbesatzungen bei internationalen Rennen. Die hohe trainingspraktische Relevanz der generierten Mess- und Testdaten liefert Hinweise zur Steuerung der individuellen Ruderleistung und -technik sowie Empfehlungen für die Formierung von Bootsbesatzungen. Als neue Kenngrößen der Rudertechnik kamen im Schwerpunkt die Außenarm-, Längs- und resultierende Innenhebelkraft sowie am Stemmbrett die separaten Kräfte von Innen- und Außenbein und die ∑Summenstemmbrettkraft hinzu. Dabei kennzeichnet die resultierende Innenhebelkraft den geleisteten konditionellen Aufwand umfassender als bisher. Durch die Außenarmkraft sowie die separaten Stemmbrettkräfte von Innen- und Außenbein kann die Asymmetrie beim Riemenrudern analysiert werden. Die Untersuchungen beinhalteten typische Belastungsbereiche des Wassertrainings sowie Bewegungsvarianten, die einen Einfluss auf die Asymmetrie beim Riemenrudern ausüben.

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

Mit der Sonifikation besteht die Möglichkeit zur Verbesserung des Bootsbeschleunigungsverlaufs im Freilauf und in der vorderen Bewegungsumkehr, der MSynch sowie der Schlag- und Bewegungsstruktur in Abhängigkeit von

der individuellen Rudertechnik. Die Rückmeldungen der Athletinnen und Athleten zeigten, dass die Veränderung der Rudertechnik wahrgenommen und dadurch motorische Lerneffekte stimuliert werden. Die erzielten Ansteuerungseffekte waren für die Trainerinnen und Trainer direkt beobachtbar und im veränderten Beschleunigungsverlauf akustisch wahrnehmbar. Das Bewegungssehen, die Bewegungsbewertung und die Feedbackansprache an die Athletinnen und Athleten wurden verbessert. Damit ergänzt die Sonifikation den Prozess der wissenschaftlichen Betreuung der Kaderathleten.

5 Literatur

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

Böhmert, W. (2009). *Projektbeschreibung Rudermesssystem des Instituts FES*. Projektbeschreibung für das BISp. Berlin: FES

Böhmert, W. & Mattes, K. (2003). Biomechanische Objektivierung der Ruderbewegung im Rennboot. In W. Fritsch (Hrsg.), *Rudern – erfahren, erkunden, erforschen* (S.163-172). Gießen: Wirth-Verlag (Sport Media), .

Hofmijster M.J., Landman, E.H. & Van Soest, A.J. (2007). Effect of stroke rate on the distribution of net mechanical power in rowing. *Journal of sports science, 25* (4), 403-411.

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

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

Mattes, K. & 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. & 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.

Mattes K. & Schaffert N. (2010). A new measuring and on water coaching device for rowing. *Journal of Human Sport and Exercise, 5* (2), 226-239.

Mattes, K. & Schaffert, N. (2014). *Wirkungen des akustischen online-Feedbacks zum Bootsbeschleu-nigungs-Zeit-Verlauf im Mannschaftsboot auf die individuelle Rudertechnik der Crewmitglieder*. Bericht für den Cheftrainer zum BISp-Projekt IIA1-070801/13.

Nolte, V. (2011). (Ed.) *Rowing faster. Serious Training for serious rowers*. 2nd ed. Champaign/IL:Human Kinetics.

Schaffert, N. & Mattes, K. (2011). Designing an acoustic feedback system for on-water rowing training. *International journal of computer science in sport, 10* (2), 71-76.

Schaffert, N. & Mattes, K. (2015). Effects of acoustic feedback training in elite-standard Para-Rowing. *Journal of sport science, 33* (4), 411-418.

Schaffert, N. & Mattes, K. (im Druck). Influence of acoustic feedback on boat speed and crew synchronization in elite junior rowing. *International journal of sports science and coaching*.

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

Mannschaftssynchronisation und Stemmbrett im Hochleistungstraing 2016

AZ 071602/16)

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

1 Problem

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

Der Einsatz erfolgt im Schwerpunkt in den zentralen Lehrgängen, an Trainingswochenenden sowie in der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung (UWV) auf die Weltmeisterschaften. Auf Grundlage der Ergebnisse aus den vorangegangenen Projekten zur Sonifikation (Mattes & Schaffert, 2015) und zum Außenarmzug (Mattes et al., 2016) liegen die Schwerpunkte des Betreuungsprojekts auf der MSynch sowie auf den Kräften am Innenhebel und Stemmbrett und den links/rechts Asymmetrien der Stemmbrettkraft.

2 Methode

Die Untersuchungen erfolgten mit Kaderathletinnen und -athleten des DRV (A-C-Kadern) der Skull- und Riemenbootsklassen. Die KLD fand ein- bis dreimal im Trainingsjahr statt.

Dafür wurde das Mobile Mess- und Trainingssystem 2012 (MMS) (Böhmert & Mattes, 2003; Böhmert, 2009) eingesetzt. Das parametergestützte Feedbacktraining zur Feineinstellung der Rudertechnik erfolgte visuell (mit dem Prozessor Coach System-3/Sportler, PCS-3/S, Mattes & Böhmert, 2002) und akustisch (mit *Sofirow*, Schaffert & Mattes, 2011). Die genaue Beschreibung der Messgrößen der eingesetzten Messsysteme erfolgte in den Vorjahresprojektberichten. Die hohe trainingspraktische Relevanz der generierten Mess- und Testdaten ermöglicht es, Hinweise zur Steuerung der individuellen Ruderleistung und -technik sowie Empfehlungen für die Formierung von Bootsbesatzungen geben zu können.

Je nach Zielstellung der Diagnostik kamen in Absprache mit dem Cheftrainer sowie den verantwortlichen Bootstrainerinnen und -trainern unterschiedliche Testmethoden zur Anwendung:

- kombinierter Test aus vier Schlagfrequenzstufen (SF 20, 24, 28 und 32),
- Wettkampftest über verschiedene Distanzen bis 2000 m (Rennprofil mit Start, Strecke, Zwischen- und Endspurt) und/oder
- visuelles Feedbacktraining mit dem Prozessor Coach System (Sportler) sowie
- akustisches Feedbacktraining mit *Sofirow* in definierten Feedbackblöcken im EXA-Trainingsbereich bei vergleichbarer Schlagfrequenz (max. Differenz ± 0,5 Schl./min).

Zur Überprüfung der Schwerpunkte des Projekts wurden (1) für die MSynch ein Belastungstest über 4 x 2000 m bzw. 1000 m mit und ohne Sonifikation plus Baseline in zwei Belastungsstufen der extensiven Ausdauer (SF 20 und 22

Schläge/min) mit anschließender Laktatabnahme und Herzfrequenzbestimmung (Laktat ≤ 2 mmol/l und Herzfrequenz zwischen 140-160 Schläge/min) sowie (2) für die Kräfte am Innenhebel und Stemmbrett Trainingsübungen mit einhändigem Rudern nur mit dem Innenarm und nur mit dem Außenarm sowie beidhändiges Rudern mit der Bewegungsvariante dominanter Außenarmeinsatz im Vorderzug im SF-Bereich 20 Schl./min. durchgeführt. Zudem wurden am Ende der UWV die Relationsrennen mit dem Mess- und Analysesystem *Accrow* (Mattes & Schaffert, 2010) bei ausgewählten Mannschaften ausgewertet.

3 Ergebnisse der Betreuungsmaßnahmen

3.1 Komplexe Leistungsdiagnostik (KLD)

Die KLD erfolgt regulär im Anschluss an den Test. Die Ergebnisse lagen ein bis zwei Stunden nach Testdurchführung als metrische Daten (proportionales Skalenniveau) vor. Über die kombinierte grafische Darstellung mit ausgewählten rudertechnischen Kennwerten in Tabellenform können der qualitative Verlauf rudertechnischer Kennlinien sowie die quantitative Ausprägung von Merkmalen der Ruderleistung und -technik eingeschätzt und beurteilt werden. Für das bessere Verständnis der Athleten bzw. Athletinnen der Messwerte, wurden die Testergebnisse mit einer speziellen Auswerte- und Darstellungssoftware (Videomesswertkopplung) transformiert präsentiert. Die Erläuterung der Testergebnisse erfolgte in gemeinsamen Gesprächen mit den verantwortlichen Trainern bzw. Trainerinnen (Bundes- und/oder Heimtrainer/-trainerin) und den Sportlerinnen und Sportlern, wobei die Zusammenhänge zwischen dynamischer und kinematischer Struktur der Ruderbewegung, die äußerlich sichtbare Rudertechnik und deren Wirkung auf die Bootsgeschwindigkeit sowie der Bootsdurchlauf im Mittelpunkt standen. Auf dieser Grundlage wurden die Schwerpunkte für das Technik- und Konditionstraining für die einzelne Ruderin bzw. Ruderer als auch für die Bootsbesatzung abgeleitet.

3.2 Visuelles und akustisches Feedbacktraining

Das biomechanisch gestützte Feedbacktraining vermittelte die Messinformationen zeitsynchron mit der Bewegungsausführung visuell auf Grafikdisplays (PCS-3) bzw. akustisch über Lautsprecher als Klangsequenz (*Sofirow*) im Rennboot. Dem Feedbacktraining ging die KLD zur Bestimmung der rudertechnischen „Fehler“ und individuellen Besonderheiten voraus. Dabei wurden zunächst die anzusteuernden Technikmerkmale festgelegt und konkrete Hinweise zur Veränderung der Bewegungsausführung und zur Feedbackanzeige gegeben. Während des Feedbacktrainings erfolgte die Rückmeldung der objektiven Synchroninformationen über die Bewegungsausführung und deren Ergebnisse in Form von Kennlinien und -werten (visuell) bzw. des Parameterverlaufs (akustisch). Diese Rückmeldungen sollten die Athletinnen und Athleten in Beziehung zu den eigenen intrinsischen Rückinformationen setzen und die veränderte Bewegungsausführung wahrnehmen und verinnerlichen. Die subjektive Fremdinformation unterstützt und lenkt diesen Prozess von außen (Smith & Loschner, 2002).

Die Ansteuerungseffekte wurden unmittelbar im Anschluss an das Wassertraining gemeinsam analysiert und die nächsten Schritte im Technik- und Konditionstraining festgelegt. Das Feedbacktraining soll die Athletinnen und Athleten bei der Ansteuerung verschiedener Merkmale der Rudertechnik in kurzer Zeit (1-3 Trainingseinheiten), wie die Schlagweite, die Gestaltung der vorderen und hinteren Bewegungsumkehr, die Kraft- und Bewegungskopplung im Durchzug, das widerstandsarme Vorrollen etc. unterstützen.

3.3 Ergebnisse zu den Schwerpunkten

3.3.1 Mannschaftssynchronisation

Die Ergebnisse zeigten für die 2000-m bzw. 1000-m-Strecken mit Sonifikation in beiden Belastungsintensitäten signifikant höhere Bootsgeschwindigkeiten, reduzierte Fahrtzeiten und Anzahl an absolvierten Ruderschlägen bei vergleichbarer SF (max. Differenz 0,4 Schläge/min), ohne den geforderten physiologischen

Belastungsbereich (Laktat und Herzfrequenz) zu verlassen. Mit der Sonifikation verbesserten sich der Bootsbeschleunigungsverlauf im Freilauf und in der vorderen Bewegungsumkehr, die MSynch sowie die Schlag- und Bewegungsstruktur in Abhängigkeit von der individuellen Rudertechnik. Die verbesserte MSynch zeigte sich in reduzierten Spannweiten der Durchzugs- und Freilaufzeit, des Rhythmusverhältnisses und der Zuggeschwindigkeiten im Durchzug innerhalb einer Bootsbesatzung. Die Befragung zeigte, dass die Veränderung der Rudertechnik von den Athleten wahrgenommen und dadurch motorische Lerneffekte stimuliert werden (Mattes & Schaffert, 2015).

3.3.2 Kräfte am Innenhebel und Stemmbrett

Die Außenarmkraft erreichte im Vorderzug ca. 70 % der Normalkraft am Innenhebel und dominierte eindeutig gegenüber der Innenarmkraft in dieser Schlagphase. Im Mittelzug betrug der Anteil der Außenarmkraft nur noch ca. 46 % der Normalkraft, d.h. in dieser Schlagphase war der Anteil der Innenarmkraft größer. Dabei fiel die geringe Steigerung der Außenarmkraft vom Vorderzug zum Mittelzug auf, wohingegen sich die Normalkraft am Innenhebel und damit der Anteil der Innenhebelkraft zum Mittelzug markant erhöhten. Die Ergebnisse beschreiben das erwartete typische Wechselspiel im Einsatz von Innen- und Außenarm als charakteristisches Merkmal der Riementechnik.

Im Vorderzug bei hohem Widerstand besitzt der Außenarmzug aufgrund des längeren Hebels eine überragende Bedeutung, die Innenarmkraft übernimmt eher eine „ergänzende“ Funktion für die Erzeugung des Drehmoments am Innenhebel nach dem Wasserfassen. Zum Mittelzug steigt die Innenhebelgeschwindigkeit, der Innenarm muss einen kürzeren Bogenweg als der Außenarm zurücklegen und bewegt sich folglich langsamer. Dadurch wird die Kraftabgabe über den Innenarm günstiger, obwohl dieser nach wie vor am kürzeren Hebel zieht. Letztlich führt das zu einem höheren Anteil der Innenarmkraft. Damit die Zugkraft des Innenarmes ein hohes Drehmoment erzeugen kann, darf der Hebelarm nicht unnötig verkürzt werden, d.h. es sollte eine optimale Griffbreite am Innenhebel gewählt werden.

Die Stemmbrettkräfte zeigten unterschiedliche Beträge zwischen Innen- und Außenbein mit höherer Kraft des Außenbeins im Durchzug. Im Durchschnitt erreichte das Außenbein im Vorderzug eine um 9,5 % geringere Kraft als das Innenbein, dagegen aber eine höhere Kraft im Mittel- und Endzug (58,8 % und 60,4 %). Bei 62° Ruderwinkel trat im Mittel ein Wechsel in der Beindominanz von zunächst höherer Kraft des Innenbeins auf anschließend höhere Außenbeinkraft auf. Die Riementechnik ist folglich durch eine typische Asymmetrie der Stemmbrettkraft gekennzeichnet. Dabei steigt die Stemmbrettkraft des Innenbeins mit Schlagbeginn steiler an und erreicht das Kraftmaximum früher als das Außenbein. Das Außenbein arbeitet dagegen im Mittel- und Endzug stärker als das Innenbein und realisiert auch ein höheres Kraftmaximum.

3.4 2000-m-Rennanalyse

Die Analyse des Rennverlaufs erfolgte für jedes Boot strecken- und zeitbezogen und ermöglichte eine Einschätzung des Rennprofils und Interpretation der Daten (Rennprofil, -taktik, -phasen, Relation Schlagfrequenz/Bootsgeschwindigkeit und Schwankung der Bootsgeschwindigkeit). Damit konnten Aussagen zur Ausrichtung der individuellen Rennprofile und zur Zweckmäßigkeit der Relation von Schlagfrequenz zu Bootsgeschwindigkeit sowie zu intrazyklischen Geschwindigkeitsschwankungen gemacht werden. Zudem erfolgt ein Vergleich der ermittelten Endzeiten zur Prognosegeschwindigkeit.

4 Diskussion

Die biomechanische Betreuung und der Einsatz von Mess- und Feedbacksystemen sowie die Auswertung und Analyse der Messergebnisse bei den Nationalmannschaften durch die Universität Hamburg hat sich in den vergangenen Trainingsjahren aus Sicht des DRV bewährt und ist zu einem unverzichtbaren Bestandteil für die Entwicklung leistungsfähiger Bootsklassen geworden. Die Ergebnisse konnten den Trainingsprozess unterstützen und neue Möglichkeiten zur Ansteuerung der Rudertechnik öffnen. Der biomechanisch-trainingswissenschaftliche Hinter-

grund dieser Entwicklungen stimmt mit internationalen Erkenntnissen überein (Baudouin & Hawkins, 2004; Hofmijster, Landmann & Van Soest, 2007; Kleshnev, 2010; Nolte, 2011) und basiert maßgeblich auf Forschungsergebnissen, die im Rahmen von Forschungsprojekten an der Universität Hamburg generiert worden sind. Die Entwicklungen wurden in der Trainingspraxis erprobt und die Wirkung evaluiert.

Das MMS ermöglicht die Erfassung der individuellen Ruderleistung und -technik der Athletinnen und Athleten unmittelbar im Rennboot, in allen Bootsklassen und unter allen typischen Wettkampf- und Trainingsbedingungen, wie z. B. das Messen von Achterbesatzungen bei internationalen Rennen. Die hohe trainingspraktische Relevanz der generierten Mess- und Testdaten liefert Hinweise zur Steuerung der individuellen Ruderleistung und -technik sowie Empfehlungen für die Formierung von Bootsbesatzungen. Als neue Kenngrößen der Rudertechnik kamen im Schwerpunkt die Außenarm-, Längs- und resultierende Innenhebelkraft sowie am Stemmbrett die separaten Kräfte von Innen- und Außenbein und die ∑Summenstemmbrettkraft hinzu. Dabei kennzeichnet die resultierende Innenhebelkraft den geleisteten konditionellen Aufwand umfassender als bisher. Durch die Außenarmkraft sowie die separaten Stemmbrettkräfte von Innen- und Außenbein kann die Asymmetrie beim Riemenrudern analysiert werden. Die Untersuchungen beinhalteten typische Belastungsbereiche des Wassertrainings sowie Bewegungsvarianten, die einen Einfluss auf die Asymmetrie beim Riemenrudern ausüben.

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

Mit der Sonifikation besteht die Möglichkeit zur Verbesserung des Bootsbeschleunigungsverlaufs im Freilauf und in der vorderen Bewegungsumkehr, der MSynch sowie der Schlag- und Bewegungsstruktur in Abhängigkeit von der individuellen Rudertechnik. Die Rückmeldungen der Athletinnen und Athleten zeigte, dass die Veränderung der Rudertechnik wahrgenommen und dadurch motorische Lerneffekte stimuliert werden. Die erzielten Ansteuerungseffekte waren für die Trainerinnen und Trainer direkt beobachtbar und im veränderten Beschleunigungsverlauf akustisch wahrnehmbar. Das Bewegungssehen, die Bewegungsbewertung und die Feedbackansprache an die Athletinnen und Athleten wurden verbessert. Damit ergänzt die Sonifikation den Prozess der wissenschaftlichen Betreuung der Kaderathleten.

Accrow lieferte mit der 2000-m-Rennanalyse Informationen zur kinematischen Struktur des Ruderrennens und damit notwendige Informationen zur Beurteilung des Gesamtrennens (mittlere Bootsgeschwindigkeit und Relation Bootsgeschwindigkeit/Schlagfrequenz), zur realisierten Renntaktik (Plan-Ist-Vergleich), zur mechanischen Zweckmäßigkeit des Rennprofils (interzyklische Geschwindigkeitsschwankungen). Zudem konnten durch die Rennphasenanalyse (Mattes & Schaffert, 2010) der Anteil und die zeitliche Verausgabung der aeroben und anaeroben Kapazitäten eingeschätzt werden. Damit erweitert die Analyse die bisherige Dokumentation der Gesamtrenndistanz erheblich, da auch Daten zu 500-m- und 250-m-Abschnitten enthalten sind.

5 Literatur

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

Böhmert, W. (2009). *Projektbeschreibung Rudermesssystem des Instituts FES*. Projektbeschreibung für das BISp. Berlin: FES

Böhmert, W. & Mattes, K. (2003). Biomechanische Objektivierung der Ruderbewegung im Rennboot. In W. Fritsch (Hrsg.), *Rudern – erfahren, erkunden, erforschen* (S.163-172). Gießen: Wirth-Verlag (Sport Media).

Hofmijster M.J., Landman, E.H. & Van Soest, A.J. (2007). Effect of stroke rate on the distribution of net mechanical power in rowing. *Journal of sports science, 25* (4), 403-411.

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

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

Mattes, K. & 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. & 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.

Mattes K. & Schaffert N. (2010). A new measuring and on water coaching device for rowing. *Journal of human sport and exercise, 5* (2), 226-239.

Mattes, K. & Schaffert, N. (2014). *Wirkungen des akustischen online-Feedbacks zum Bootsbeschleunigungs-Zeit-Verlauf im Mannschaftsboot auf die individuelle Rudertechnik der Crewmitglieder*. Bericht für den Cheftrainer zum BISp-Projekt IIA1-070801/13.

Nolte, V. (2011). (Ed.) *Rowing faster. Serious Training for serious rowers*. 2nd ed. Champaign IL: Human Kinetics.

Schaffert, N. & Mattes, K. (2011). Designing an acoustic feedback system for on-water rowing training. *International Journal of computer science in sport, 10* (2), 71-76.

Schaffert, N. & Mattes, K. (2015). Effects of acoustic feedback training in elite-standard Para-Rowing. *Journal of sport science, 33* (4), 411-418.

Schaffert, N. & Mattes, K. (im Druck). Influence of acoustic feedback on boat speed and crew synchronization in elite junior rowing. *International journal of sports science and coaching*.

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

Wettkampfbetreuung im Goalball 2016

(AZ 071605/16)

Daniel Link[1] (Projektleitung), Christoph Weber[1] & Thomas Prokein[2] (Goalball Bundestrainer)

[1]Technische Universität München

[2]Deutscher Behindertensportverband e. V.

1 Einleitung

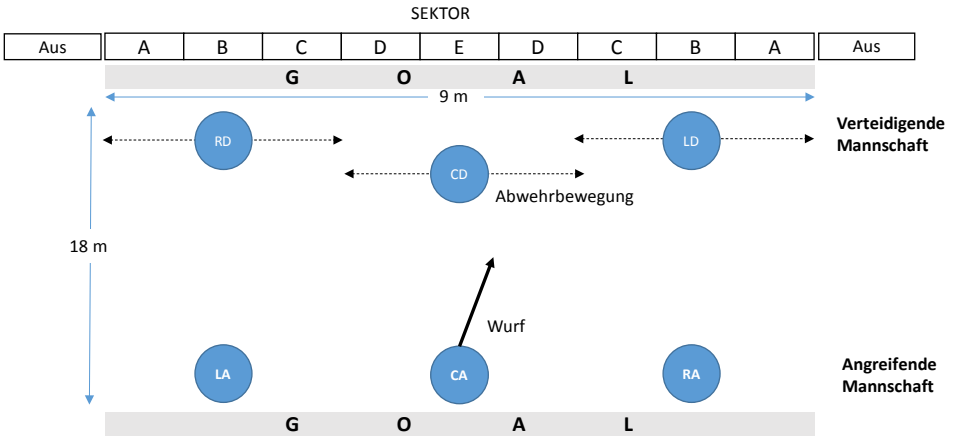
Goalball gehört zu den beliebtesten Sportarten für sehbehinderte und blinde Menschen. Drei Spieler pro Mannschaft versuchen auf einem Volleyballfeld den Spielball in ein 9 Meter breites Tor zu werfen bzw. zu rollen. Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung des Balles identifizieren die Spieler über das Klingelgeräusch der Glöckchen, die sich in seinem Inneren befinden. Institutionell ist die Sportart der Abteilung Goalball innerhalb des Deutschen Behindertensportverbandes (DBS) zugeordnet. Neben der großen Bedeutung der Sportart für den Freizeitsport lässt sich im internationalen Spitzenbereich eine zunehmende Professionalisierung beobachten.

Zwischen 2012 und 2016 wurden an der TU München in einer Reihe von BISp-Projekten zwei spezialisierte Spielbeobachtungstools für Goalball entwickelt, die heute die Grundlage für die Strategieentwicklung der deutschen Nationalmannschaften bilden (Link et al, 2014, Link et al., 2015). Im Rahmen dieses Transferprojektes wurden die Teams in Vorbereitung auf und während der Paralympischen Spiele sowie den Europameisterschaften 2016 betreut. Darüber hinaus kamen die in den letzten Jahren erhobenem Daten bei Weltstandsanalysen zum Einsatz. Die im Folgenden dargestellte Studie untersucht, ob bestimmte Sektoren des Tores besonders häufig angespielt bzw. getroffen werden und ob unterschiedliche Erfolgswahrscheinlichkeiten in den Sektoren bestehen. Die Ergebnisse lassen sich potentiell für die Spielvorbereitung und die Ausbildung von Athleten bzw. Athletinnen nutzen.

2 Methode

Die Stichprobe umfasst 113 Spieler (63 Männer, 50 Frauen) der Goalball Weltspitze. Für jeden Wurf wurden die Variablen gemäß Tab. 1 erhoben. Würfe mit sehr geringer Ballgeschwindigkeit – die im Goalball häufig als taktisches Mittel zur Spielverzögerungen eingesetzt werden – wurden ebenso wie Strafwürfe (1 vs. 1) exkludiert. Die Daten werden nach den kategorialen Variablen SEKTOR, SEKTOR‘ und GESCHLECHT dargestellt. Die *Wurfquote* beschreibt den prozentualen Anteil der Würfe in einer Kategorie, die *Torquote* den prozentualen Anteil Würfe mit Torerfolg. Bei der Berechnung der Wurfquote in den Sektor E‘ wurden die Würfe doppelt gezählt, um die geringere Breite dieses Sektors auszugleichen. Des Weiteren wurden Unterschiede in der Verteilung der Wurf- und Torquote über einen χ^2-Test untersucht und post-hoc jede Zelle mit dem Mittelwert der übrigen verglichen. Die Effektstärke der Unterschiede ist über Cramer’s beschrieben. Die Voraussetzungen für die Anwendung der statistischen Tests lagen vor. Als Signifikanzniveau wurde $\alpha = .05$ gewählt.

Tab. 1: Verwendete Variablen, Kategorien und Operationalisierungen

Variable	Kategorien
GESCHLECHT	*Männer* *Frauen*
TOR	*Ja*: Schiedsrichter entscheidet auf Tor der angreifenden Mannschaft *Nein*: ansonsten
SEKTOR	*[A, B, C, D, E, Aus]*: Segment, in dem die Balltrajektorie die Torlinie überschreitet oder das geschätzte Segment, wenn der Ball durch einen Verteidiger vorher abgefangen wurde. 
SEKTOR'	[A', B, C, D, E']: Segmente ähnlich zu SEKTOR. A'; beinhaltet alle Würfe in A und Aus

3 Ergebnisse

Die Stichprobe umfasste bei den Männern 11.451 Würfe und bei den Frauen 9.090 Würfe (Tab. 2). Die Wurfquote unterschied sich bei Männern nach SEKTOR, wobei die Sektoren B, C und D über dem Mittelwert und A, E und Aus signifikant unter dem Mittelwert lagen (B +19.4 %, C +37.4 %, D +28.4 %, A -11.1 %, E -34.6 %, Out -34.6 %, $\blacksquare^2$ = 515.7, p<.001, v = .15). Eine ähnliche Charakteristik lässt sich bei Frauen feststellen (B +25.4 %, C +26.0 %, D +33.8 %, A -6.4 %, E -36.4 %, Out -41.8 %, $\blacksquare^2$ = 335.0, p < .001, v = .14). Die Wurfquoten auf die Sektoren unterschieden sich zwischen Männern und Frauen ($\blacksquare^2$ = 26.3, p < .001, v = .04). Männern trafen die Sektoren C (+9.0 %) und Out (+12.4 %) signifikant häufiger und den Sektor A (-9.6 %) weniger häufig als Frauen. Bezüglich SEKTOR' lag die Wurfquote in Sektor A' signifikant über dem Mittelwert und in Sektor B signifikant darunter (Männer: A +12,5 %, B-10.5 %, $\blacksquare^2$ = 16.7, p < .01, v = .04; Frauen: A +14.0, B -5.5 %, $\blacksquare^2$ = 29.8, p < .001, v = .04). Unterschiede in der Wurfquote zwischen Männer und Frauen zeigten sich lediglich in Sektor C, der bei den Männern etwas häufiger angespielt wurde (+8.1 %, $\blacksquare^2$ = 12.7, p < .05, v = .03).

Die Torquote nach SEKTOR war bei Männern in Sektor A um +48.7 %, in Sektor C um +43.6 % und bei Frauen in Sektor C um +46.7 % erhöht (M: $\blacksquare^2$ = 45.3, p < .001, v = .07; F: $\blacksquare^2$ = 15.3, p < .01, v = .04). Bei beiden Geschlechtern lässt sich eine signifikant geringere Torquote in Sektor E feststellen (M: -20.5 %, F: -33.3 %). Nach SEKTOR' lag die Torquote bei den Männern in den Sektoren C (+43.6 %) und D (+25.6 %) signifikant über und in den Sektoren A' (-0.6 %), B (-15.4 %) und E' (-20.5 %) unter dem Mittelwert ($\blacksquare^2$ = 4.3, p < .05, v = .02). Bei den Frauen war die Torquote lediglich in Sektor C um 46.7 % höher und in Sektor E' um -33.3 % niedriger ($\blacksquare^2$ = 15.3, p < .01, v = .04).

*Tab. 2: Wurf- und Torquoten nach GESCHLECHT, SEKTOR und SEKTOR'. * kennzeichnet signifikante Unterschiede zwischen den Zellen, < > kennzeichnet, ob der Wert größer bzw. kleiner als der Gruppendurchschnitt ist.*

	Männer		Frauen	
	Wurfquote	Torquote	Wurfquote	Torquote
Alle	100	3.9	100	3.0
SEKTOR				
Aus	10.9 *<	-	9.7 *<	-
A	14.1 *<	5.8 *>	15.6 *<	3.3
B	19.9 *>	2.3 *<	20.9 *>	2.6
C	22.9 *>	5.6 *>	21.0 *>	4.4 *>
D	21.4 *>	4.9	22.3 *>	3.5
E	10.9 *<	3.1 *<	10.6 *<	2.0 *<
SEKTOR'				
A	22.5 *>	3.3 *<	22.8 *>	2.0
B	17.9 *<	2.8 *<	18.9 *<	2.6
C	20.6	5.6 *>	19.0	4.4 *>
D	19.3	4.9 *>	20.1	3.5 *
E	19.6	3.1 *<	19.1	2.0 *<

4 Diskussion

Die erste Frage, die mit dieser Studie beantwortet werden sollte, war, ob Torsektoren unterschiedliche häufig angespielt werden. Hierfür beschreibt SEKTOR den realen Treffpunkt des Balls, während SEKTOR' die Ausbälle Außensektor zuordnet. Wir interpretieren SEKTOR' als den intendierten Treffpunkt, da Athleten bzw. Athletinnen den Ball wahrscheinlich nicht absichtlich ins Aus werfen. Mit dieser Operationalisierung lässt sich feststellen, dass die Verteilung der Würfe auf die einzelnen Sektoren recht ausgeglichen war. Lediglich die Ecken des Tores wurden etwas häufiger angespielt. Dies deutet darauf hin, dass die Erfolgswahrscheinlichkeit von den Athletinnen und Athleten hier höher eingeschätzt wurde. Der höhere Anteil von Würfen ins Aus bei den Männern, lässt sich als taktische Entscheidung für höheres Risiko interpretieren.

Bezügliche der Torquote zeigen die Daten, dass Würfe zwischen die Abwehrspieler am erfolgreichsten waren (Sektoren C und D). Dies ist gut begründbar, da Spieler, um diesen Bereich zu verteidigen eine seitliche Rutschbewegung ausführen und der Ball tendenziell durch Hände oder Füße abgewehrt wird (siehe Abbildung in Tab. 1). Hierbei ist die Wahrscheinlichkeit, dass der Ball über die Extremitäten springt, höher als im Bereich des Torsos mit seiner größeren und stabileren Trefferfläche. Mit der gleichen Begründung lässt sich erklären, dass bei den Männern die Trefferquote an den Rändern des Tores ebenfalls höher war. Zusätzlich lässt sich anfügen, dass hier nur ein Spieler die Möglichkeit hat, den Ball abzuwehren. Allerdings bestand die höhere Erfolgswahrscheinlichkeit nur, wenn der Sektor auch wirklich getroffen wird und der Ball nicht ins Aus ging. Rechnet man die Ausbälle mit ein, so war die Trefferquote schlechter als auf den Überschneidungssektoren in der Mitte.

Für die Nutzung der Ergebnisse in der Sportpraxis ist zu beachten, dass Wurfquote und Torquote in den einzelnen Sektoren, die hier auf Basis einer großen Stichprobe und mehrerer Mannschaften gewonnen wurden, nur einen Hinweis auf mögliche Strategien liefern. Darüber hinaus spielen bei der Wahl des Wurfbildes weitere Faktoren eine Rolle, wie die Abwehrstärke einzelner Spieler, das Ausnutzen von Kontergelegenheiten oder hohe Variabilität in der Wurfrichtung.

5 Schlussfolgerungen

Aufgrund der Ergebnisse dieser Studie muss hinterfragt werden, ob die Tendenz der Spieler, in den Randbereich des Tores zu werfen, zielführend ist. Die höhere Torwahrscheinlichkeit bei einem Treffer dieses Sektors besteht nur bei den Herren und rechtfertigt statistisch nicht das Risiko, dass der Ball bei dem Versuch ins Aus geht. Solange keine anderen taktischen Überlegungen dagegensprechen, erscheint es erfolgversprechender, einen höheren Anteil von Würfe in die Überschneidungssektoren in der Mitte des Tores zu spielen.

6 Literatur

Link, D., Weber, C. & Prokein, T. (2014). *Spielanalyse Goalball.* Unveröffentlichter Endbericht zum Bisp-Projekt (IIA1-070405/12-13). Technische Universität München.

Link, D., Weber, C. & Prokein, T. (2015). *Leistungsdiagnostik Goalball.* Unveröffentlichter Endbericht zum Bisp-Projekt (IIA1-070406/14). Technische Universität München.

Beachvolleyball 2016

(AZ 071608/16)

Daniel Link (Projektleitung), Sebastian Wenninger & Jörg Ahmann (Leitender Bundestrainer Beachvolleyball)

Lehrstuhl für Trainingswissenschaft und Sportinformatik, Technische Universität München, Deutscher Volleyball Verband, Frankfurt

1 Einleitung

Die Spielanalysen der Deutschen Nationalteams im Beachvolleyball erfolgen über zwei eigens entwickelte Spielbeobachtungstools (Link & Ahmann, 2013ab). Im Rahmen des BISP Projektes „Beachvolleyball 2016" wurden die Analyse- und Visualisierungsmöglichkeiten dieser Tools für die Olympischen Spiele 2016 erweitert. Die erhobenen Daten wurden zum einen zur unmittelbaren Spielvorbereitung der Nationalteams in Rio genutzt (Olympiasieg Ludwig/Walkenhorst), zum anderen wurden Weltstandsanalysen durchgeführt. Die im Folgenden dargestellte Studie untersucht die Existenz von sogenannten *Post-Error-Effects* (Danielmeier & Ullsperger, 2011) in der Weltspitze des Beachvolleyballs. Konkret geht es um die Frage, ob die Erfolgswahrscheinlichkeit im Sideout nach einem Misserfolg reduziert ist und dieses vom Geschlecht und der verwendeten Angriffstechnik abhängig ist. Die Ergebnisse lassen sich potentiell für die Nachwuchsausbildung und die Strategieentwicklung im Beachvolleyball nutzen.

2 Methode

Es wurden 371 Spiele (183 Damen, 188 Herren) der FIVB Word Series ausgewertet. Für alle Sideouts mit drei Ballkontakten und erfolgten Angriff wurden Leistungsvariablen gemäß Tab. 1 erhoben. Die Analyse erfolgte nur für Sideouts zu denen ein VORGÄNGER existiert. Die Daten werden nach den kategorialen Variablen GESCHLECHT, TECHNIK und ERFOLG VORGÄNGER dargestellt. Zusätzlich wurden Interaktionseffekte zwischen TECHNIK und ERFOLG VORGÄNGER untersucht. Die Häufigkeitsverteilung (#) beschreibt den prozentualen Anteil der Sideouts in einer Kategorie, die Erfolgsquote (EQ) den prozentualen Anteil der Sideouts in denen ein Punkt erzielt wurde. Die Signifikanz der Unterschiede in der Häufigkeitsverteilung und der Erfolgsquote wurden

Tab. 1: Leistungsindikatoren, Kategorien und Operationalisierung für einen Sideout.

Variable	Kategorien
GESCHLECHT	*Männer (M)*
	Frauen (F)
VORGÄNGER	Letzter Sideout desselben Angriffsspielers innerhalb der vorangegangenen drei Sideouts dieser Mannschaft und des gleichen Satzes. Existiert ein solcher Sideout nicht, weil bspw. in diesem Zeitraum ausschließlich der andere Spieler des Teams angespielt wurde, so hat der Sideout keinen VORGÄNGER.
TECHNIK	*Smash*: Der Angriff wurde als „harter" Angriffsschlag ausgeführt.
	Shot: Der Angriff wurde mit vergleichsweise geringer Geschwindigkeit und zunächst aufsteigender Ballflugbahn ausgeführt.
ERFOLG (VORGÄNGER)	*Erfolg*: Der Angriff führte zu einem direkten Angriffspunkt oder der Gegner konnte den Ball nicht häufiger als 2 Mal in der Abwehr berühren und die zweite Ballberührung erfolgt nicht als Angriff. ERFOLG VORGÄNGER beschreibt der Erfolg im VORGÄNGER Sideout.
	Kein Erfolg: ansonsten

über einen χ^2-Test geprüft (α<.05). Unterschiede zwischen den Gruppen werden als prozentuale Abweichung von dem kleineren Wert dargestellt. Die Effektstärke wurde mittels Cramers-V bestimmt.

3 Ergebnisse

In den untersuchten Spielen traten N = 10463 Sideouts mit VORGÄNGER auf (M: N = 5545, F: N = 4918) (Tab. 2). In Bezug auf TECHNIK spielten die Männer +72.5 % mehr Smash als Shot, bei den Frauen waren dies +35.8 % (M: χ^2 = 394.5, p < .001, v = .27; F: χ^2 = 112.6, p < .001, v = .15). Der Unterschied zwischen Männern und Frauen in der Verteilung der Technik ist signifikant (χ^2 = 36.5, p < .001, v = .06). Bei Männern war die Erfolgsquote beim Smash um +7.3 % höher als beim Shot (χ^2 = 27.5, p < .001, v = .07). Diese Erhöhung lässt sich bei den Frauen nicht feststellen. Im Vergleich zu den Frauen war die Erfolgsquote beim Smash bei den Männern um +5.9 % höher (χ^2 = 21.8, p < .001, v = .06). Für die Erfolgsquote beim Shot zeigen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern. Über alle Angriffstechniken war bei den Männern die Erfolgsquote im Sideout um +2.9 % höher als bei den Frauen (χ^2 = 8.5, p < .01, v = .03).

Betrachtet man den die Erfolgsquote nach ERFOLG VORGÄNGER, so lässt sich feststellen, dass Frauen in einem Sideout nach Erfolg um +5,4 % erfolgreicher waren als nach einem Sideout ohne Erfolg (χ^2 =,3.9 p = .05, v = .03). Bei den Männern lässt sich dieses nicht feststellen, so dass ein signifikanter Unterschied in der Erfolgsquote nach Fehler zwischen Männern und Frauen besteht (χ^2 = 9.4, p < .01, v = .04). Bei den Frauen zeigte sich zudem ein TECHNIK × ERFOLG VORGÄNGER Interaktionseffekt. Hier lässt sich eine um +12.6 % erhöhte Erfolgswahrscheinlichkeit für einen Shot nach Erfolg im Vergleich zu einem Shot nach Fehler feststellen (χ^2 = 8.6, p < .01, v = .06), die bei Smash nach Erfolg nicht auftritt.

4 Diskussion

Primäres Ziel der Studie war die Beantwortung der Frage, ob die Erfolgsquote im Sideout von dem Erfolg im Vorgänger-Sideout abhängig ist. Hierfür wurden nicht nur direkte Angriffsfehler wie Bälle ins Aus oder in den Block als Misserfolg gewertet, sondern zusätzlich alle Angriffe, die das abwehrende Team zu einem gewissen Maß unter Kontrolle gebracht hat (operationalisiert durch zwei Ballberührungen). Dieses Vorgehen

*Tab. 2: Verteilung und Erfolgsquoten der Variablen TECHNIK, ERFOLG VORGÄNGER und deren Interaktion gruppiert nach GESCHLECHT. *indiziert signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Zellen.*

	Männer			**Frauen**		
	#		EQ	#		EQ
ALLE	100		55.8	100		52.9
TECHNIK						
Shot Smash	36.7 63.3	*	51.2 58.5	*	42.4 57.6	*	53.4 52.6	
ERFOLG VORGÄNGER						
Erfolg Kein Erfolg	45.9 54.1	*	55.9 55.7		43.9 56.1	*	54.5 51.7	*
TECHNIK × ERFOLG VORGÄNGER						
Shot × Erfolg Shot × Kein Erfolg	37.2 36.2		49.7 52.5		42.9 42.1		57.0 50.6	*
Smash × Erfolg Smash × Kein Erfolg	62.8 63.8		59.5 57.6		57.1 57.9		52.7 52.5	

basiert auf der Annahme, dass eine Abwehr mit Ballkontrolle in der Weltspitze mit hoher Wahrscheinlichkeit zu einem Angriffserfolg führt und dass taktische Ziel des Sideout, nämlich den direkten Punktgewinn, nicht erreicht wurde.

Ein weiterer methodischer Freiheitsgrad bestand in der Länge des Zeitfensters, in dem Vorgänger-Sideouts berücksichtigt wurden. Die Begründung für eine Länge von 3 Sideouts besteht darin, dass hierbei die größten Effektstärken auftraten. Kürzere Fenster exkludieren offenbar viele Sideouts aus der Stichprobe, bei denen die Effekte durch Misserfolg noch wirksam sind. Auf der anderen Seite inkludieren längere Fenster viele Sideouts, bei denen Misserfolge nicht mehr Nachwirken und in Folge dessen, die bestehenden Effekte in der Stichprobe abgeschwächt werden.

Auf Basis dieser methodischen Entscheidungen und der vorliegenden Ergebnisse kann festgestellt werden, dass ein Fehler im Sideout nicht nur die Wahl der Technik (Link, Wenninger & Ahmann, 2016), sondern auch die Erfolgsquote schwach beeinflusst. Nach unseren Daten betraf dies allerdings nur den Beachvolleyball der Frauen, wenn der Angriff im Sideout als Shot ausgeführt wurde. In diesem Fall war die Erfolgswahrscheinlichkeit nach einem Fehler reduziert. Möglicherweise wurden diese Shots schlechter realisiert – entweder in der taktischen Absicht keinen direkten Fehler zu begehen oder durch einen erhöhten psychischen Druck aufgrund des vorangegangenen Misserfolges. Dies wäre die Umkehrung des „Hot-Hand-Effektes“, wie er beispielsweise von Raab, Gula & Gigerenzer (2012) im Volleyball berichtet wurde. Ebenso könnte es sein, dass die abwehrende Mannschaft sich taktisch auf einen Shot einstellte - bspw. durch den Verzicht auf einen Block oder eine andere Ausgangsposition in der Abwehr. In diesem Fall wäre allerdings eine höhere Erfolgswahrscheinlichkeit beim Smash nach Misserfolg zu erwarten gewesen, die nicht vorlag. Warum der Post-Error-Effect bei harten Angriffsschlägen der nicht auftritt, lässt sich aus den verfügbaren Daten nicht klären.

Die Verteilung der Angriffstechniken im Sideout deutet darauf hin, dass sich Männer und Frauen an der unterschiedlichen Erfolgswahrscheinlichkeit orientierten. Männer zeigten eine höhere Erfolgswahrscheinlich beim Smash und setzten diesen auch dominant ein. Die physischen Vorteile scheinen bei harten Angriffsschlägen eher zum Tragen gekommen zu sein. als bei Shots oder bei Abwehraktionen. Bei Frauen war die Verteilung zwischen Smash und Shot etwas ausgeglichener. Dieses lässt sich vor dem Hintergrund gleicher Erfolgsquoten auch taktisch gut begründen.

5 Schlussfolgerungen

Die generelle Existenz von Post-Error-Effekten in der Beachvolleyball Weltspitze der Frauen, zeigt die Notwendigkeit von individuellen Analysen auf Spielerebene. Bestehen diese Effekte bei eigenen Teams, so kann versucht werden, die Fehlerrate nach Fehlern durch entsprechende Trainingsmaßnahmen zu verringern oder mehr Angriffe als Smash zu spielen. Betreffen die Effekte gegnerische Teams sollte die Erkenntnis bei der Strategieentwicklung berücksichtigt werden bspw. durch eine bessere Antizipation durch Fokussierung auf bestimmte Bewegungsmerkmale nach Fehlern. Beides steigert potentiell die Erfolgsaussichten im Wettkampf.

6 Literaturverzeichnis

Danielmeier, C., & Ullsperger, M. (2011). Post-error adjustments. *Frontiers in psychology, 2*.

Link, D. & Ahmann, J. (2013a). Spielanalyse im Beachvolleyball. *Leistungssport, 1*, 58-63.

Link, D. & Ahmann, J. (2013b). Moderne Spielbeobachtung auf Basis von Positionsdaten. *Sportwissenschaft, 43* (1), 1-11.

Link, D., Wenninger, S. & Ahmann, J. (2016) *Betreuungsprojekt Beachvolleyball 2015 – Analyse von Sequenzeffekten in der Weltspitze*. Unveröffentlichter Endbericht zum Bisp-Projekt (IIA1- 071615/15). Technische Universität München.

Raab, M., Gula, B., & Gigerenzer, G. (2012). The hot hand exists in volleyball and is used for allocation decisions. *Journal of experimental psychology: Applied, 18* (1), 81-94.

Sozial- und Verhaltenswissenschaften

Teambuilding: Eine ethnografische Studie zum Verhältnis von Organisation und Disposition im professionellen Volleyball

(AZ 070904/14-15)

Matthias Michaeler & Thomas Alkemeyer (Projektleitung)

Universität Oldenburg, Fakultät IV für Human- und Gesellschaftswissenschaften,
Institut für Sportwissenschaft, Lehrstuhl für Soziologie und Sportsoziologie

1 Problem

Sportteams sollen im Training so ausgebildet werden, dass sie in ihren Spielen dauerhaft erfolgreich spielen können. Dabei stehen sie vor dem Problem, dass sich Sportspiele trotz der Vorgaben durch die Spielregeln in einer figurativen Eigendynamik entfalten, die sich in ihrer konstitutiven Handlungsunsicherheit nur bedingt planen und von außen kontrollieren lässt (Alkemeyer, 2009). Aus diesem Grund bleiben Spielgestaltung und -kontrolle ein organisationales Dauerproblem, das ein Team unter Bedingungen höchster Dringlichkeit fortlaufend praktisch zu lösen hat.

Üblicherweise wird die Ausbildung von kollektiver Spielfähigkeit aus einer handlungstheoretischen Perspektive reflektiert. Training wird dann als ein Transfer expliziten Wissens und Könnens begriffen, der die einzelnen Spieler bzw. Spielerinnen in die Lage versetzen soll, im Spiel spiel- und situationsadäquat zu handeln und sich miteinander zu koordinieren. Handeln wird dabei als Umsetzung bewusster Entscheidungen gedacht; die Automatisierung von Körpertechniken soll dazu beitragen, die Aufmerksamkeit auf die Notwendigkeiten des Zusammenspiels richten zu können. Beobachtet man Sportspiele hingegen aus praxistheoretischer Sicht als eine körperlich vollzogene kollektive Praxis, dann rücken Probleme in den Fokus, die in den Sport- und Trainingswissenschaften bisher kaum in dieser Form in den Blick genommen wurden. Ein Wechsel von der handlungstheoretischen in eine praxistheoretische Perspektive erlaubt es vor allem, ein implizites, sich dem Bewusstsein von Trainern und Trainerinnen bzw. Spielern und Spielerinnen überwiegend entziehendes und nicht individuell zurechenbares theoretisches wie praktisches Wissen in den Blick zu nehmen, das in Training und Spielen mobilisiert werden muss, damit ein Team als ein „Kollektivsubjekt“ (Alkemeyer, Bröckling & Peter, i. E.) unter dem hohen Zeitdruck des Wettbewerbs kompetent spielen kann.

2 Methode

Vor diesem Hintergrund wurden die Teambuilding- und Ausbildungsprozesse in einem weiblichen Volleyballteam ethnographisch daraufhin untersucht, wie es gelingt, in aufeinander aufbauenden Übungen und Trainingseinheiten einen transindividuellen „Spielsinn“ (Bourdieu, 1987, S. 122ff.) im Sinne eines praktischen Wissens, Könnens und Verstehens auszubilden, der für die Spielfähigkeit einer Mannschaft unerlässlich ist. Dafür wurde das Training des Teams über eine Spielsaison (fast ein Jahr) beobachtend begleitet. Alle Beobachtungen wurden in Feldprotokollen, Feldnotizen und Videoaufzeichnungen festgehalten. Über Gespräche und Interviews wurde zudem versucht, auf das volleyballspezifische ‚Ethnowissen’ der Akteure zuzugreifen, um vor seinem Hintergrund die eigenen Beobachtungen und Hypothesen zu reflektieren und neu zu justieren. Im Fokus der Beobachtungen standen die distinkten Bündel organisationaler Praktiken und sozio-materieller Arrangements (Schatzki, 2002), mit denen für das Zusammenspiel notwendige, aber nur diffus vorhandene Dispositionen (Ryle, 1969) mobilisiert und zielgerichtet als spielspezifi-

sche Kompetenzen verfügbar gemacht werden. Mit Hilfe der „trans-sequentiellen Analyse“ (Scheffer, 2013) wurde das Training als ein vielschichtiger Prozess trans-situativ und trans-sequentiell aufeinander verweisender Übungsepisoden rekonstruiert, in denen jeweils bestimmte „Gegenstände der Bearbeitung“ (z. B. spezielle Kompetenzen oder Spielsequenzen) so ausgeformt und stabilisiert wurden, dass sie für ihre Bearbeitung und Einbindung in weiteren, komplexeren Übungen zur Verfügung standen. Diese „Gegenstände“ wurden insofern als „formative Objekte“ konzeptualisiert, als sie gleichzeitig „Gegenstand von Veränderungen“ und „Integrationsmittel“ des sie hervorbringenden Zusammenhangs sind, also ihrerseits formierend auf den Bearbeitungsprozess zurückwirken (Scheffer, 2013, S. 90). Indem wir bei der analytischen Beobachtung von denjenigen Bearbeitungsschritten ausgegangen sind, in denen sich die Übungspraktiken um solche formativen Objekte herum organisierten, konnte neben dem eingebrachten expliziten Wissen auch das in der Praxis wirksam werdende und vermittelte implizite Wissen thematisiert werden, das für ein kompetentes Mit-Spielen unabdingbar ist.

3 Ergebnisse

Aus einer praxeologischen Perspektive wird zunächst deutlich, dass sich Training nicht auf Verfahren der Einübung reduzieren lässt, in denen bis ins kleinste Detail von den Trainern vorgegebene Bewegungsabläufe in fortlaufenden Wiederholungen eingeschliffen und individuell angeeignet werden. Vielmehr kommt Training als ein komplexes Netzwerk bzw. als ein Dispositiv (vgl. Foucault, 1978, S. 120ff.) aus Praktiken, Diskursen, räumlichen Arrangements und Objekten in den Blick, in dem ein transindividuelles (trainingswissenschaftliches, psychologisches, pädagogisches usw.) Wissen überwiegend implizit weitergegeben und zur Entfaltung gebracht wird. Dabei erzeugen die Arrangements und Praktiken des Trainings insofern eine sowohl die Spielerinnen als auch die Trainer formierende und subjektivierende Wirkung, als sie diese körperlich, kognitiv und affektiv in den Trainingsprozess einbinden bzw. engagieren (vgl. Goffman, 2009, S.52ff.; Michaeler, 2017; Alkemeyer & Michaeler, 2013a).

Konkret werden im zeitlichen Verlauf des Trainings systematisch aufeinander bezogene Übungsepisoden über ineinander verwobene Techniken des Zergliederns und Zusammensetzens, des Verdichtens und Variierens von Bewegungs- und Spielabläufen, der perspektivierenden (Selbst-)Beobachtung und des „Accountings“ (bspw. durch die objektivierende Aufzeichnung von Beobachtungen), des Reflektierens und Vermittelns so arrangiert, dass sie jeweils ein bestimmtes Problem in den Fokus der Bearbeitung rücken (vgl. Michaeler, 2017; Michaeler & Alkemeyer, o. J.). Spielsequenzen werden dabei auf eine Weise reinszeniert, die ihre Komplexität und Kontingenz so reduziert, dass in ihrer wiederholten Aufführung gezielt bestimmte Dispositionen mobilisiert und als volleyballspezifische Kompetenzen ausgeformt und habitualisiert werden können (vgl. Alkemeyer & Michaeler, 2013b). Auf diesem Weg werden kompetente Bewegungsabläufe zusammen mit ihnen entsprechenden Spielsequenzen soweit stabilisiert, dass sie als routinemäßige Verfahren in weitere Übungsepisoden integriert werden können. Dabei gestatten es die soziomateriellen Arrangements dieser neuen Episoden, jeweils neue Bearbeitungsgegenstände zu fokussieren (vgl. Michaeler, 2017).

Deutlich wird unter diesem Blickwinkel die jedes individuelle Handeln bedingende Relationalität und Praktiken-Abhängigkeit von Kompetenzen in der doppelten Bedeutung von know how und Zuständigkeit (vgl. Michaeler & Alkemeyer, o. J). Diese Bedingtheit wird zwar oft im Übungsaufbau implizit berücksichtigt, jedoch im Training kaum einmal explizit reflektiert; im Gegenteil: Diskursiv werden Kompetenzen/Inkompetenzen immer wieder einzelnen Spielerinnen zugeschrieben und damit abstrakt als individuelle Eigenschaften thematisiert. In der konkreten Übungsgestaltung werden sie hingegen nahezu durchgängig im Zusammenspiel mit Mitspielerinnen bearbeitet, die gemeinsam eine spielrelevante Aufgabe bewältigen (sollen). Dies gilt selbst für auf den ersten Blick rein individuelle Übungen wie das Einüben eines Angriffsschlags in einer Serie von Wiederholungen: Die übende Spielerin wird entweder durch Zuwürfe oder Zuspiele mit dem Ball versorgt, also erst durch andere in die Lage versetzt, den Angriffs-

ball zu schlagen und so die notwendigen Kompetenzen im Zusammenspiel von Zuspiel und Schlag sichtbar zu machen. Dabei spielen auch die in den sozio-materiellen Arrangements des Trainings eingesetzten Gegenstände – neben Ball, Netz und Spielfeld oft auch spielfremde Artefakte wie Tische, Bänke und Zielmarkierungen – eine entscheidende Rolle dafür, den Fokus der Übungen auf spezifische Details oder Zusammenhänge des Spielvollzugs zu richten: auf Handbewegungen, Absprung oder Laufwege, auf Angriffsvarianten, Abwehrriegel oder die Selbstorganisationsfähigkeit des Teams in den Trainingsspielen am Ende einer jeden Trainingseinheit (vgl. Michaeler, 2017).

Geschaffen werden so Lernsituationen, in denen Wissen nicht unidirektional von den Trainern zu den Spielerinnen transferiert wird, sondern sich alle Beteiligten gegenseitig in einer Art „stillen Pädagogik" (Bourdieu, 1987, S. 128) zur kompetenten Teilnahme befähigen (vgl. Alkemeyer & Buschmann, 2017). Auch den Trainern wird es erst durch ihre Positionierung in den Übungsarrangements möglich, die darin performierten Kompetenzen aus einer geeigneten Perspektive heraus beurteilend zu reflektieren und korrigierend zu intervenieren. Mit dem „Konzept der wechselseitigen Befähigung" in seiner mehrfachen Bedeutung von „in die Lage versetzen", „in die Lage versetzt werden" und „in der Lage sein" (Alkemeyer, Buschmann & Michaeler, 2015) kann beschrieben werden, wie sich Teilnehmer aus ihren jeweiligen Positionen heraus immer wieder so gegenseitig ins Spiel bringen, dass sie in ihrem Zusammenspiel Übungs- und Spielvollzüge kompetent auszuführen lernen.

Spielerinnen und Trainer machen in ihren Vollzugshandlungen normative Erwartungen an das Anschlussverhalten ihrer Mitspielerinnen intelligibel und beurteilen sich dabei fortlaufend praktisch in Bezug auf die Angemessenheit ihrer Aktionen (vgl. Schmidt, 2008, S. 131). Indem sie sich in diesem Prozess wechselseitiger Adressierungen fortlaufend zur Teilnehme befähigen, machen sie sich als (in)kompetente Teilnehmersubjekte anerkennbar (vgl. Alkemeyer & Michaeler, 2013a; Michaeler, 2017). Dabei bedingen der Zeitdruck und die „vermittelte Unmittelbarkeit" (Helmuth Plessner) der körperlichen Kommunikation eine Dringlichkeit, die es unwahrscheinlich macht, dass die ins Spiel gebrachten Kompetenzen auf reflektierte Entscheidungen zurückzuführen sind (vgl. Schulz, 1995). Ebenso wenig gehen die Vollzugshandlungen auf rein individuelle Intentionen zurück. Sie verweisen vielmehr auf einen im Training habitualisierten, situationsbezogenen und somit sozialen Spielsinn, der es den Spielerinnen gestattet, sich auf die transindividuelle Intentionalität und Eigendynamik nicht nur des Spiels, sondern auch der Übungen einzustellen. Insofern motorische Akte überhaupt nur im Sinn konstituierender Bezugsrahmen einer Praktik als Handlungen (z. B. als Ballannahme, Zuspiel, Angriffsschlag, Belehrung, Widerspruch oder Kritik) identifizierbar sind, hängt auch die Anerkennbarkeit ihrer Urheber als Handlungssubjekte davon ab, inwieweit diese in der Lage sind, ihr Handeln als „Beiträge" zur gemeinsamen Spielpraxis intelligibel zu machen und sich somit anschlussfähig zu halten (Michaeler, 2016, S. 392).

Spielsinn zeigt sich ausschließlich in einem als kompetent anerkannten Vollzugshandeln. Er ist kein bewusst einsetzbares Vermögen autonomer Subjekte, sondern ein implizites Wissen der in Praktiken engagierten und folglich relational aufeinander bezogenen Körper. Als ein solches Wissen bedingt er ein achtsames und intelligentes Handeln, das sich von einem bloß automatisierten Gewohnheitsverhalten unterscheidet (vgl. Ryle, 1969, S. 50). Er ermöglicht es vielmehr, Situationen quasi-intuitiv zu deuten und die sich aus der Kontingenz des Übungs- oder Spielgeschehens ergebenden Situationspotentiale flexibel und kreativ zu nutzen. Die im Training eingespielten Spielverfahren bieten dabei als Orientierungsrahmen eine gewisse Handlungssicherheit (vgl. Michaeler, 2016; Michaeler, 2017). Entsprechend wird Spielsinn im Training nicht über eine Automatisierung vorgegebener Bewegungs- und Spielabläufe in ‚stumpfen Wiederholungen' ausgebildet, sondern dadurch, dass die Spielerinnen in den sozio-materiellen Arrangements des Trainings unterstützt von den Trainern Erfahrungen machen, indem sie sich im Modus praktischen Reflektierens (vgl. Bourdieu, 2001, S. 209) mit den Notwendigkeiten und Möglichkeiten von Spielsituationen auseinandersetzen (vgl. Michaeler & Alkemeyer, o. J.). Über dieses Machen, d. h. das Herstellen spiel-

spezifischer Erfahrungen konstituieren sie sich als kompetente Spieler-Subjekte, die nicht nur wie automatisch Spielabläufe reproduzieren, sondern sich im Prozess der Selbstorganisation des Teams situativ koordinieren und aktiv an der „reflexiv-reflektierten Selbststeuerung“ (Michaeler, 2016) der sie engagierenden Übungs- und Spielvollzüge beteiligen können.

4 Diskussion

Eine praxeologische Perspektivierung des Trainings von Sportmannschaften hebt die Bedeutung eines transindividuellen impliziten Wissens und Könnens sowohl in der Organisation des Trainings als auch für die kollektive Spielfähigkeit von Teams hervor. Dieses Wissen ist zwar entscheidend für die praktischen Vollzüge von Training und Spiel, wird jedoch bislang in den weitgehend handlungstheoretisch-rationalistisch ausgerichteten Trainings- und Sportwissenschaften kaum systematisch reflektiert. Zwar setzt sich in den Mannschaftssportarten zunehmend eine Orientierung an Spielsystemen durch, allerdings wird der Spielvollzug überwiegend als ein vom Trainer geplanter und vorgegebener Ablauf rationalisiert, dem sich die Spielerinnen unterzuordnen haben. Damit wird jedoch von der eigendynamischen Entfaltung und Kontingenz einer kollektiven Praxis abstrahiert – mit der fatalen Folge, dass bspw. ein nur aus der Kollektivität des Spiels heraus zu erklärendes Misslingen einzelnen Spielern bzw. Spielerinnen zugerechnet und diese so als autonome Subjekte zur Verantwortung gezogen werden. Eine systematische Reflexion der Relationalität und Körpergebundenheit der sportlichen Praxis könnte dazu beitragen, solche individualistischen Verzerrungen zu vermeiden und den kollektiven Spielvollzug als eine nicht auf die Summe von Einzelaktionen reduzierbare Gesamthandlung im Blick zu behalten; die Potentiale des Kollektivs – und damit das im Team vorhandene, aber nicht bewusst fassbare implizite Wissen – ließe sich auf diesem Weg besser zur Geltung bringen. Ein relationales Vorgehen ist z. B. im Projekt „NextTrain“ des DVV (vgl. Klöckner, 2012) bereits erfolgreich getestet worden. Aufgrund der systemtheoretischen Ausrichtung auf die sprachliche Kommunikation zwischen den Spielern bleiben hier allerdings die von uns praxistheoretisch fokussierten stummen, körperlichen Dimensionen der Koordination im Spiel unbeachtet. Es wäre vor diesem Hintergrund vielversprechend, die systemtheoretische und die praxistheoretische Perspektive auf das sportliche Spielgeschehen miteinander ins Gespräch zu bringen.

5 Literatur

Alkemeyer, T. (2009). Handeln unter Unsicherheit – vom Sport aus beobachtet. In F. Böhle & M. Weihrich (Hrsg.), *Handeln unter Unsicherheit* (S. 183-202). Wiesbaden: VS Verlag.

Alkemeyer, T., Bröckling, U. & Peter, T. (Hrsg.) (i. E.). *Jenseits der Person. Zur Subjektivierung von Kollektiven*. Bielefeld: transcript.

Alkemeyer, T. & Buschmann, N. (2017). Befähigen. Praxistheoretische Überlegungen zur Subjektivierung von Mitspielfähigkeit. In M. Rieger-Ladich & C. Grabau (Hrsg.), Pierre Bourdieu. *Pädagogische Lektüren* (S. 271-298). Wiesbaden: Springer VS.

Alkemeyer, T., Buschmann, N. & Michaeler, M. (2015). Kritik der Praxis. Plädoyer für eine subjektivierungstheoretische Erweiterung der Praxistheorien. In T. Alkemeyer, V. Schürmann & J. Volbers (Hrsg.), *Praxis denken. Konzepte und Kritik* (S. 25-50). Wiesbaden: Springer.

Alkemeyer, T. & Michaeler, M. (2013a). Subjektivierung als (Aus-)Bildung körperlich-mentaler Mitspielkompetenz. Eine praxeologische Perspektive auf Trainingstechniken im Sportspiel. In A. Gelhard, T. Alkemeyer & N. Ricken (Hrsg.), *Techniken der Subjektivierung* (S. 213-228). München: Fink.

Alkemeyer, T. & Michaeler, M. (2013b). Die Ausformung mitspielfähiger „Vollzugskörper". Praxistheoretisch-empirische Überlegungen am Beispiel des Volleyballspiels. *Sport und Gesellschaft, 10* (3), 213-239.

Bourdieu, P. (1987). *Sozialer Sinn. Kritik der theoretischen Vernunft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Bourdieu, P. (2001). *Meditationen. Zur Kritik der scholastischen Vernunft*. Frankfurt am Main: Suhrkamp.

Foucault, M. (1978). *Dispositive der Macht. Über Sexualität, Wissen und Wahrheit*. Berlin: Merve.

Goffman, E. (2009). *Interaktion im öffentlichen Raum*. Frankfurt am Main, New York: Campus.

Klöckner, W. (2012). „Denn wir wissen nicht, was wir tun" – Zeiten der Umbrüche suchen auch im Leistungssport andere Wege. Ein Erfahrungsbericht mit systemischen Alternativen zu bestehenden Führungsansätzen und damit verbundenen Trainerbildern. *Leistungssport, 42* (3), 12-16.

Michaeler, M. (2016). Selbstorganisation. Zur reflexiv-reflektierten Selbststeuerung von Praktiken. In J. Raab & R. Keller (Hrsg.), *Wissensforschung – Forschungswissen. Beiträge und Debatten zum 1. Sektionskongress der Wissenssoziologie* (S. 390-400). Weinheim/Basel: Beltz Juventa.

Michaeler, M. (2017). Subjektivierung eines Volleyballteams als spielfähiger Kollektivkörper. In T. Alkemeyer, U. Bröckling & T. Peter (Hrsg.), *Jenseits der Person. Zur Subjektivierung von Kollektiven*. Bielefeld: transcript. (i.E.)

Michaeler, M. & Alkemeyer, T. (o. J.). Training als Verflechtungsgeschehen. Ergebnisse einer praxeografischen Untersuchung von Trainingspraktiken. Wird eingereicht bei *German Journal of Exercise and Sport Research – Sportwissenschaft*.

Ryle, G. (1969). *Der Begriff des Geistes.* Stuttgart: Reclam.

Schatzki, T. R. (2002). *The Sites of the Social. A philosophical account of the constitution of social life and change*. University Park (PA): Pennsylvania University Press.

Scheffer, T. (2013). Die trans-sequentielle Analyse – und ihre formativen Objekte. In R. Hörster, S. Köngeter & B. Müller (Hrsg.), *Grenzobjekte. Soziale Welten und ihre Übergänge* (S. 89-114). Wiesbaden: Springer.

Schmidt, R. (2008). Stumme Weitergabe. Zur Praxeologie sozialisatorischer Vermittlungsprozesse. *Zeitschrift für Soziologie der Erziehung und Sozialisation, 28* (2), 121-136.

Schulz, R. (1995). *Entscheidungshandeln im Volleyball*. Hamburg: Czwalina.

Risiko- und Schutzfaktoren für depressive Syndrome und Burnout im Nachwuchsleistungssport – Identifizierung, Diagnostik und Prävention von Vulnerabilitäten

(AZ 071001/14-15)

Jürgen Beckmann (Projektleitung), Insa Nixdorf & Raphael Frank
Technische Universität München

1 Problem

Trotz ernstzunehmender Prävalenzen für Überlastungserkrankungen wie Depression und Burnout im Spitzensport, gibt es bisher hauptsächlich Erkenntnisse über Zusammenhänge korrelativer Natur (Frank, Nixdorf, & Beckmann, 2013). Auch die Exploration zugrundeliegender Mechanismen fehlt weitgehend, und es wird sich auf die Darstellung von Unterschieden hinsichtlich demographischer Faktoren beschränkt (z. B. Gouttebarge, Frings-Dresen, & Sluiter, 2015; Junge, & Feddermann-Demont, 2016). Prospektive Analysen kausaler Zusammenhänge sind gering. Aufbauend auf ersten Erkenntnissen im deutschen Spitzensport (Nixdorf, Frank, Hautzinger, & Beckmann, 2013) hat die vorliegende Studie daher zum Ziel, anhand eines an den Sport angepassten Diathese-Stress Modells (Diathese Stress Modelle siehe z. B. Alloy et al., 2006) wichtige psychologische Diathesen und Stressoren im Nachwuchsleistungssport zu identifizieren und somit Erkenntnisse über kausale Einflussfaktoren zu gewinnen. Zudem sollten weitere relevante Fragestellungen, wie etwa der Effekt, dass Athletinnen und Athleten in Individualsportdisziplinen stärker von depressiver Symptomatik betroffen sind als Athletinnen und Athleten in Mannschaftsport oder etwa die Analyse der Relation von Burnout und Depression, untersucht werden. Als weiteres Projektziel sollte eine Einbettung der identifizierten Faktoren in ein ökonomisches Screening erfolgen. Aufbauend auf diesen erstmalig im Längsschnitt erhobenen empirischen Daten sollte zudem ein Transfer in die angewandte Sportpsychologie erfolgen. Hierfür sollten Interventionen (mit evaluiertem Einsatz in Psychotherapie) zur Besserung möglicher defizitärer Diathesen gesammelt, an den Leistungssport angepasst und im Rahmen einer Homepage ökonomisch, kostenfrei und responsiv zur Verfügung gestellt werden.

2 Methode

Insgesamt haben N = 199 deutsche Nachwuchsathletinnen und -athleten (M_{age} = 14.96; SD = 1.56) aus unterschiedlichen Sportarten an der Studie teilgenommen. Es wurden Fragebögen zur Depressivität, Burnout, (dysfunktionalen) Einstellungen, Copingstrategien, Erholung und Belastung, chronischem Stress, Identität und Kohäsion zu drei Zeitpunkten (T1, T2 & T3) erhoben. Diese Zeitpunkte wurden in Anlehnung an die sportartspezifische Saison und das Diathese-Stress Modell gewählt: In der Vorbereitungsphase einer Saison (T1) wurden Diathesen erhoben, Stressoren wurden in der Wettkampfphase (T2) und die abhängigen Variablen (AV) in der Regenerationsphase (T3) erfasst. 83 Testpersonen im Alter von 12 bis 18 Jahren (M = 14.6; SD = 1.40) haben die Fragebögen aller drei Zeitpunkte vollständig absolviert und konnten demnach in die prospektive Analyse der relevanten Diathesen und Stressoren inkludiert werden.

3 Ergebnis

Anhand einer schrittweisen multiplen linearen Regression für Depression und Burnout als AV zeigten sich dysfunktionale Einstellungen und die Copingstrategie Resignation als wesentliche Diathesen. Auf Seiten der Stressoren zeigte sich im abschließenden Gesamtmodell für Depression mangelnde Erholung und für Burnout und chronischer Stress als signifikante Prädiktoren.

Zur Analyse der Individualsporteffekts wurde anhand des anfänglichen Samples (N = 199) eine Mediatoranalyse mittels Pfadanalyse mit Bootstrapping durchgeführt. Dabei zeigte sich negative Attribution (infernal, stabil, global) nach Misserfolg als signifikanter Mediator (indirekter Effekt: β = .07; p < .05).

Hinsichtlich der Relation von Depression und Burnout konnte eine Verbindung durch chronischen Stress und dem Grad an Erholung festgestellt werden. In einer *Cross-lagged panel Analyse* mithilfe von Strukturgleichungsmodellen zeigten Modelle mit einer gegenseitigen Wechselwirkung die beste Passung zu den vorliegenden Daten.

Zur Entwicklung des Screenings wurden Cut-off Werte der relevanten Faktoren berechnet, sodass ein adäquates Feedback über die Ausprägung der Diathesen erfolgen konnte. Zudem wurden für die identifizierten Faktoren geeignete Interventionen gesammelt und auf die Zielpopulation zugeschnitten. Sowohl das Screening als auch die Interventionen wurden zum Transfer auf einer Homepage eingerichtet (www.nachwuxathleten.de).

4 Diskussion

Im prospektiven Design scheinen vor allem Einstellungen, Copingstrategien, mangelnde Erholung und chronischer Stress von Bedeutung. Eine Beteiligung dieser Faktoren bei der Entstehung von Überlastungserscheinungen und eine Berücksichtigung in Theorie und Praxis liegen nahe. Die weiteren Analysen zeigen für den Individualsporteffekt eine mögliche psychologische Erklärung durch eine negative Attribution nach Misserfolg (siehe Veröffentlichung hierzu: Nixdorf, Frank, & Beckmann, 2016). Zudem zeigt sich, dass sich Burnout und Depression gegenseitig bedingen können und die Daten keine klare Erstsymptomatik zeigen (siehe Veröffentlichung hierzu: Frank, Nixdorf, & Beckmann, in press). Folglich sollte auch weiter für beide Syndrome nach Präventionsmöglichkeiten geforscht und diese in der Praxis angewandt werden. Die vorliegenden Erkenntnisse können in dieser Hinsicht wertvolle Anhaltspunkte liefern, woran sich konkrete Maßnahmen ableiten lassen.

Zum praktischen Transfer der gewonnenen Erkenntnisse wurde eine Homepage entwickelt. Unter der URL www.nachwuxathleten.de werden innovativ empirische Längsschnittdaten angewendet, um Praktikern und Athleten und Athletinnen in der Anwendung wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse zu bieten. Dabei wurde ein kurzes Screening, aufbauend auf den gewonnenen Erkenntnissen, online bereitgestellt. Das Screening ist frei zugänglich und kann von interessierten Athleten und Athletinnen genauso eingesetzt werden wie von Sportpsychologen und Sportpsychologinnen. Ein direktes, individuelles Feedback hinsichtlich der Ausprägung der relevanten Risiko- und Schutzfaktoren (Coping, Einstellung, Stress und Erholung) wurde implementiert. Ebenso finden sich Vorschläge und Anhaltspunkte zur Verbesserung und Stärkung eben dieser Faktoren anhand von verschiedensten Interventionen. So steht ein niederschwelliges Angebot mit fundierten, ersten Informationen für die Praxis bereit. Die erste Anwendung und Evaluation wurde durch praktische Betreuungsprojekte (FKZ: ZMVI4-071623/15-16 und ZMVI4-071615/16-17) mit den Nachwuchsleistungsschwimmerinnen und -schwimmern des Bayerischen und Deutschen Schwimmverbandes durchgeführt.

5 Literatur

Alloy, L. B., Abramson, L. Y., Whitehouse, W. G., Hogan, M. E., Panzarella, C., & Rose, D. T. (2006). Prospective incidence of first onsets and recurrences of depression in individuals at high and low cognitive risk for depression. *Journal of abnormal psychology, 115* (1), 145-156. doi:10.1037/0021-843X.115.1.145

Frank, R., Nixdorf, I., & Beckmann, J. (2013). Depressionen im Hochleistungssport: Prävalenzen und psychologische Einflüsse. Deutsche *Zeitschrift für Sportmedizin, 64* (11), 320-326. doi:10.5960/dzsm.2013.088

Frank, R., Nixdorf, I., & Beckmann, J. (in press). Analyzing the relationship between burnout and depression in junior elite athletes. *Journal of clinical sport psychology*.

Gouttebarge, V., Frings-Dresen, M. H., & Sluiter, J. K. (2015). Mental and psychosocial health among current and former professional footballers. *Occupational medicine (Oxford, England), 65m* (3), 190-196. doi:10.1093/occmed/kqu202

Junge, A., & Feddermann-Demont, N. (2016). Prevalence of depression and anxiety in top-level male and female football players. *BMJ open sport & exercise medicine, 2* (1), e000087. doi:10.1136/bmjsem-2015-000087

Nixdorf, I., Frank, R., & Beckmann, J. (2016). Comparison of athletes' proneness to depressive symptoms in individual and team sports: Research on psychological mediators in junior elite athletes. *Frontiers in psychology, 7*, 893. doi:10.3389/fpsyg.2016.00893

Nixdorf, I., Frank, R., Hautzinger, M., & Beckmann, J. (2013). Prevalence of depressive symptoms and correlating variables among German elite athletes. *Journal of clinical sport psychology, 7*, 313-326.

Zur Evaluation der Eliteschulen des Sports im Deutschen Leichtathletik-Verband

(AZ 071618/14-16)

Arne Güllich (Projektleitung)
Technische Universität Kaiserslautern, Fachgebiet Sportwissenschaft

Einleitung

Die Evaluation der neuen Deutschen Meisterschaften U16-Einzel im Deutschen Leichtathletik-Verband (DLV) wurde u. a. verbunden mit Untersuchungen, wie sich Kaderathletinnen bzw. -athleten im Jugendalter entwickelt haben und wie sie gefördert wurden. Aus den verschiedenen Projektmodulen wird für diesen Bericht die Evaluation der Eliteschulen des Sports (EdS) im DLV ausgewählt.

Den EdS wird im deutschen Spitzensportsystem zentrale Bedeutung zugeschrieben. Ihr Zweck liegt darin, in der strukturellen Kopplung von Sport und Schule zeitliche Beanspruchungen zu koordinieren und die sportliche und schulische Entwicklung sportlicher Talente im Zusammenhang zu fördern. Das Ziel ist also ein Kuppelprodukt: So sollen die späteren Erfolgschancen im Spitzensport erhöht *und* die schulischen und nachschulischen Bildungschancen verbessert werden. Entsprechend muss eine Evaluation der EdS sportliche *und* bildungsbezogene Outcomes berücksichtigen – unter dem Aspekt der Nachhaltigkeit insbesondere die *nachschulischen* Outcomes – und diese zu den materiellen und immateriellen Kosten ins Verhältnis setzen.

Frühere Evaluationsstudien (Übersicht bei Güllich & Richartz, 2015; Güllich & Cobley, 2017) haben u. a. auf verstärkte Koordinationsprobleme, vermindertes Wohlbefinden und psychische Auffälligkeiten bei EdS-Mitgliedern hingewiesen. Jährliche Auffrischungsraten der EdS-Mitglieder entsprachen anderen Förderprogrammen. Ihre Erfolge im Spitzensport wie auch ihre Bildungslaufbahnen waren nicht höher, teilweise sogar niedriger als die ihrer Peers aus Regelschulen (RS) (siehe auch Emrich et al., 2009; Warttenberg et al., 2014). Zudem korrelierte ein junges Aufnahmealter einer EdS negativ mit der Prävalenz späterer Spitzensporterfolge (Güllich & Cobley, 2017).

Fragestellung

Die Forschungsfrage lautete: Inwieweit unterscheiden sich die Mitglieder bzw. Absolventen der EdS von denen der RS hinsichtlich ihrer Trainings-, Wettkampf- und Förderungsbiographie, ihrer sportlichen Erfolgsentwicklung sowie ihrer Bildungslaufbahn und -abschlüsse?

Untersuchungsmethode

Im Rahmen einer Online-Kaderbefragung im DLV antworteten 213 A-, B- und C-Kader-Mitglieder (Rücklauf 40,4 %). Die Stichprobe war hinsichtlich Bundesländer und Disziplinen repräsentativ; B-Kader waren leicht unter- und C-Kader leicht überrepräsentiert.

Neben den vom DOSB zertifizierten EdS gibt es einige Partnerschulen des Leistungssports (PSdL), die vom DOSB aufgrund fehlenden „Schwerpunktsportart"-Status oder aktueller Kaderzahlen (noch) nicht als EdS anerkannt wurden. Sie betreiben aber inhaltlich und umfänglich die gleichen Intentionen und Fördermaßnahmen wie EdS und wurden hier entsprechend subsummiert. Von den Antwortenden waren 39 Absolventen und 37 aktuelle Mitglieder von EdS (davon 6 und 5 PSdL), 81 Absolventen und 56 aktuelle Mitglieder von RS. Beide Gruppierungen unterschieden sich nicht im Alter (EdS: 23,4 ± 3,5 bzw. 17,9 ± 1,1; RS: 23,2 ± 4,1 bzw. 17,7 ± 0,9 Jahre [$M \pm SD$]).

Der Fragebogen knüpfte an bewährte Instrumente an (Emrich et al., 2009; Güllich & Emrich, 2014); die Bearbeitung dauerte 43 ± 10 Minuten.

Er erhob soziodemographische Variablen und Merkmale der Trainings- und Wettkampfbiographie, Förderung und Betreuung, Koordination von Sport und Schule sowie der schulischen und nachschulischen Bildungslaufbahnen und -abschlüsse. EdS- und RS-Mitglieder können sich in der Verteilung der Bildungsaspiration und -perspektiven unterscheiden. Deshalb wurden ihre Bildungsabschlüsse zusätzlich relativ zu den erreichten Bildungsabschlüssen des jeweils gleichgeschlechtlichen Elternteils analysiert.

Gruppenvergleiche erfolgten mit $\chi 2$-, *U*- oder *t*-Test für unabhängige Stichproben.

Ergebnisse

Merkmale der schulischen und nachschulischen Bildungslaufbahn beschreibt Tab. 1. EdS-Mitglieder haben die Schule vor allem in der Erwartung der Trainingsmöglichkeiten und der Vereinbarkeit von Schule und Leichtathletik gewählt, und sie haben weitaus umfangreichere schulische Fördermaßnahmen erhalten. Sowohl die EdS- als auch die RS-Athleten sind/waren überwiegend auf dem Gymnasium bzw. einer Höheren Berufsfachschule; in den EdS allerdings signifikant weniger. Entsprechend ist der Anteil

*Tab. 1. Merkmale der schulischen und nachschulischen Bildungslaufbahn von Mitgliedern bzw. Absolventen von Eliteschulen des Sports (EdS) und Regelschulen (RS). * – p < 0,05; ** – p < 0,01; ns – nicht signifikant (p > 0,05).*

	EdS (n=76)	RS (n=137)	*p*
Auswahl der Schule nach ... *(0 – keine Rolle ... 6 – sehr starke Rolle)*	M *(± SD)*	M *(± SD)*	
... Trainingsmöglichkeiten am Standort	4,2 *(± 2,2)*	0,5 *(± 1,2)*	**
... Vereinbarkeit von Schule und Leichtathletik-Engagement	4,4 *(± 2,1)*	0,6 *(± 1,5)*	**
Schulische Unterstützungsmaßnahmen			
Ganztagsschule	24,6 %	6,3 %	**
Schulzeitstreckung	48,7 %	2,3 %	**
Wohnen im Internat	54,7 %	6,6 %	**
Leichtathletik-Training im Schulalltag	28,2 %	8,7 %	**
Koordination Termine Klassenarbeiten mit Wettkämpfen/Lehrgängen	89,2 %	33,6 %	**
Freistellungen ... für Training	77,0 %	30,3 %	**
für Wettkämpfe	100,0 %	82,9 %	**
für Trainingslager, Lehrgänge	97,3 %	78,0 %	**
Besuchte Schulform [1]			
Haupt-, Realschule	11,8 %	2,7 %	*
Gymnasium, Höhere Berufsfachschule	88,2 %	97,3 %	
Davon G8	30,7 %	49,0 %	*
G9	57,5 %	48,3 %	
Hauptfach-Noten			
Deutsch	2,2 *(± 0,8)*	2,2 *(± 0,9)*	*ns*
Mathematik	2,4 *(± 1,0)*	2,3 *(± 1,0)*	*ns*
Erste Fremdsprache	2,1 *(± 0,9)*	2,4 *(± 0,9)*	*ns*
Höchster absolvierter/angestrebter Schulabschluss [2]			
Hauptschule, Mittlere Reife	10,2 %	1,8 %	*
Abitur, Fachabitur	89,8 %	98,2 %	
Höchster absolvierter/angestrebter nachschulischer Bildungsabschluss [2]			
Keiner	15,4 %	1,3 %	
Berufsausbildung	25,6 %	7,5 %	**
Studium Universität/Hochschule	59,0 %	91,3 %	
Vergleich mit gleichgeschlechtlichem Elternteil			
Bildungsabstieg	16,2 %	2,6 %	
Gleich	51,4 %	47,4 %	*
Bildungsaufstieg	32,4 %	50,0 %	
Zufriedenheit mit ... *(-3 – völlig unzufrieden ... +3 – sehr zufrieden)*	M *(± SD)*	M *(± SD)*	
... höchstem erreichten Schulabschluss	1,8 *(± 1,4)*	1,8 *(± 1,8)*	*ns*
... höchstem erreichten nachschulischen Abschluss	1,2 *(± 1,5)*	1,8 *(± 1,4)*	*

[1] IGS-Schüler wurden aufgrund ihrer Kurse in den Hauptfächern als äquivalent zu Haupt-, Realschule oder Gymnasium codiert. [2] Angestrebte Bildungsabschlüsse: Antwortende(r) befindet sich aktuell in dem entsprechenden Bildungsgang.

mit (Fach-) Hochschulreife in den EdS geringer. Auch in den nachschulischen Bildungslaufbahnen und -abschlüssen ist ein Studium unter den EdS-Absolventen stark unterrepräsentiert und eine Berufsausbildung (davon wiederum ca. ⅔ in der Sportförderung der Polizei) sowie keinerlei nachschulischer Bildungsgang deutlich überrepräsentiert. Relativ zum je gleichgeschlechtlichen Elternteil sind unter den EdS-Absolventen „Bildungsabsteiger" signifikant überrepräsentiert und „Bildungsaufsteiger" unterrepräsentiert, und sie sind mit dem erreichten Bildungsabschluss auch weniger zufrieden.

Neben der schulischen Förderung haben die EdS-Mitglieder zudem mehr außerschulische Förderung erhalten. So haben sie zu höherem Anteil (90,0 % vs. 69,8 %) und schon in jüngerem Alter (15,3 ± 1,9 vs. 17,1 ± 2,6 Jahre; jeweils $p < 0{,}01$) eine OSP-Betreuung genutzt, dabei die einzelnen Betreuungsdisziplinen zu 1,5 bis 1,7 Mal höherem Anteil.

Die Kaderathleten aus EdS und RS unterscheiden sich nicht im Einstiegsalter in das Leichtathletik-Training, in Wettkämpfe oder in erste internationale Meisterschaften (Tab. 2). EdS-Mitglieder haben neben dem Vereinstraining zu höherem Anteil auch in der Schule, aber zu geringerem Anteil selbstorganisiert in der Freizeit Leichtathletik betrieben. Sie haben ihren Leichtathletik-Trainingsumfang schneller und stärker gesteigert. So trainierten sie im Alter bis 13 Jahre 64 % und bis 17 Jahre 56 % mehr. Sie betrieben zu geringerem Anteil andere Sportarten (außer Leichtathletik) und wenn, dann nur für kürzere Dauer (Tab. 2). Zudem engagierten sich weniger EdS-Mitglieder in organisierten Jugendgruppen außerhalb des Sports (z. B. Musik-, Theatergruppen, Hilfs-/Rettungsdienste, politische oder religiöse Vereinigungen usw.: mit 16-19 Jahren 9,8 % vs. 34,8 %; $p < 0{,}01$).

Abb. 1 zeigt Ergebnisse zur Koordination zwischen Sport und Schule. Im Alter bis 15 Jahre gab es sowohl unter EdS- als auch RS-Athleten kaum konkurrierende zeitliche Beanspruchungen zwischen Sport und Schule, sondern eher erst im späteren Jugendalter. Die Athleten aus EdS nahmen *keine* verminderte Beeinträchtigung der Zeit für Sport durch die schulische zeitliche Beanspruchung wahr, wobei diese Beeinträchtigung in beiden Gruppierungen insgesamt gering war. Die EdS-Sportler berichteten allerdings durchgängig signifikant *mehr* Koordinationsprobleme in Form von stärkeren Einschränkungen und Versäumnissen in ihrer *schulischen Bildung* durch die zeitliche Beanspruchung im Sport. Sie mussten sich aber weniger selbst um die Koordination kümmern.

*Tab. 2. Merkmale der Trainings- und Wettkampflaufbahn der Mitglieder bzw. Absolventen von Eliteschulen des Sports (EdS) und Regelschulen (RS). * – p < 0,05; ** – p < 0,01; ns – nicht signifikant (p > 0,05).*

	EdS (n=76)	RS (n=137)	*p*
Alter Beginn Leichtathletik ... (Jahre)	M *(± SD)*	M *(± SD)*	
Training	9,3 *(± 2,8)*	8,8 *(± 3,3)*	*ns*
Wettkämpfe	9,9 *(± 2,4)*	9,7 *(± 2,9)*	*ns*
Internationale Meisterschaften	17,0 *(± 1,6)*	17,7 *(± 2,2)*	*ns*
Leichtathletik außerhalb des Vereins betrieben			
In der Schule trainiert (außerhalb Sportunterricht)	33,8 %	19,8 %	*
In der Freizeit selbstorganisiert allein oder mit Freunden	32,4 %	48,3 %	*
Trainingsumfang Leichtathletik (Stunden/Woche)			
Bis 11 Jahre	3,1 *(± 3,0)*	2,4 *(± 1,8)*	*ns*
12-13 Jahre	6,3 *(± 3,8)*	3,9 *(± 2,1)*	**
14-15 Jahre	9,8 *(± 3,9)*	6,4 *(± 2,2)*	**
16-17 Jahre	14,2 *(± 4,7)*	9,1 *(± 3,1)*	**
18-19 Jahre	16,8 *(± 4,5)*	12,1 *(± 4,1)*	**
20-21 Jahre	17,8 *(± 3,8)*	13,9 *(± 4,9)*	**
Ab 22 Jahre	18,9 *(± 4,5)*	17,2 *(± 4,9)*	*ns*
Betreiben anderer Sportarten			
Anteil andere Sportarten betrieben	52,9 %	73,9 %	**
Dauer (Jahre)	5,9 *(± 6,0)*	7,7 *(± 5,5)*	*
Überlappung mit Leichtathletik (Jahre)	3,0 *(± 4,0)*	5,0 *(± 4,9)*	**

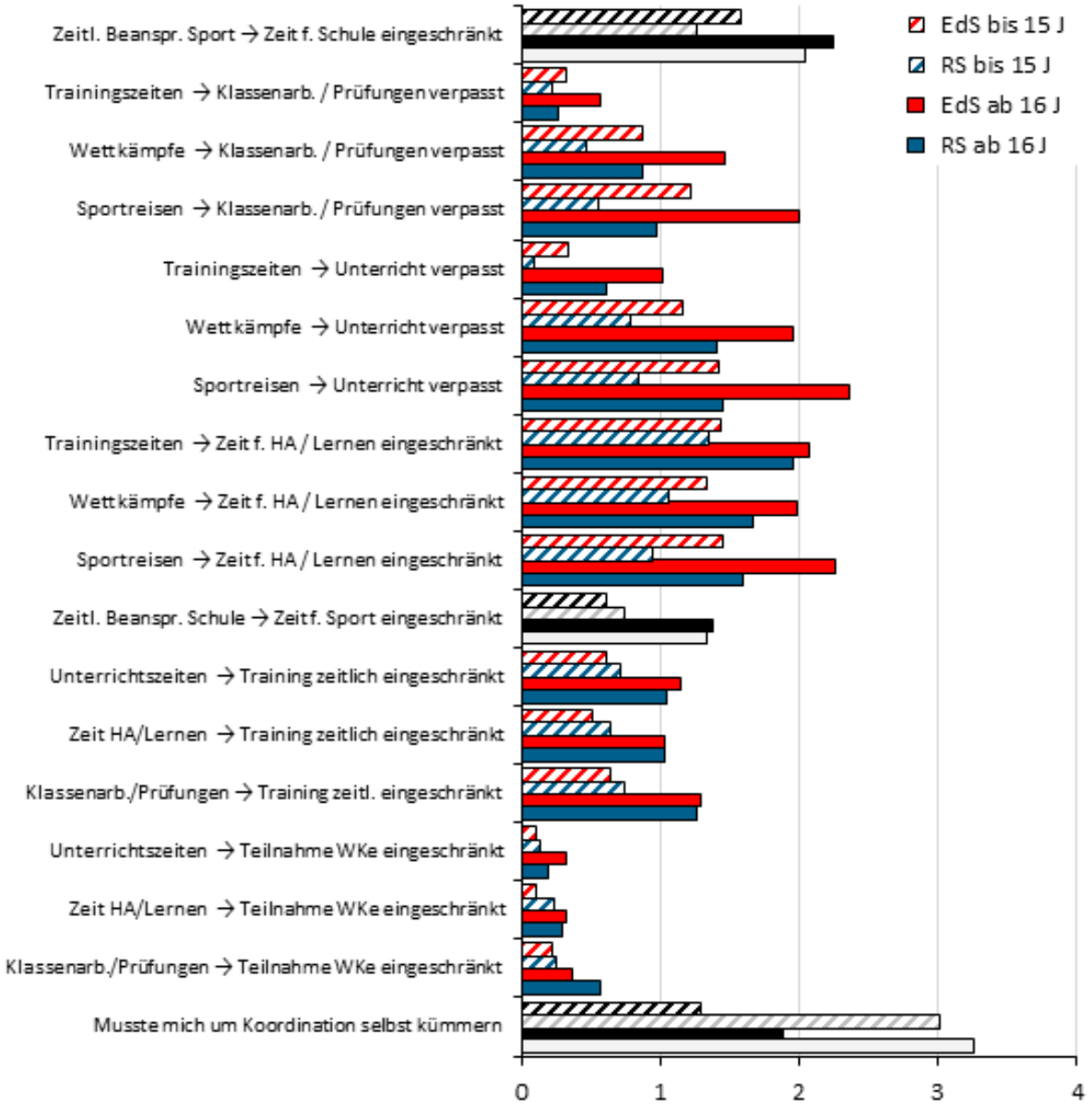


Abb. 1. Koordination von Schule und Sport bei Mitgliedern bzw. Absolventen von Eliteschulen des Sports (EdS) und Regelschulen (RS). Schulische zeitliche Beeinträchtigung bzw. Versäumnisse durch zeitliche Beanspruchungen im Sport (obere Hälfte) und Einschränkungen im Sport durch schulische zeitliche Beanspruchung (untere Hälfte). Skala 0 – gar nicht ... 4 – sehr häufig.

Die sportliche Erfolgsentwicklung der Kadermitglieder ist in Abb. 2 dargestellt. Es gab insoweit Gruppenunterschiede, dass die EdS-Sportler im Alter bis 17 und bis 19 Jahre jeweils zu höherem Anteil Medaillen bei internationalen Junioren-Meisterschaften gewannen und zu geringerem Anteil nur bis zur regionalen Ebene erfolgreich waren. In den Erfolgen im erwachsenen Spitzensport, insbesondere internationalen Medaillen, unterschieden sich die EdS-Absolventen aber nicht von denen aus RS.

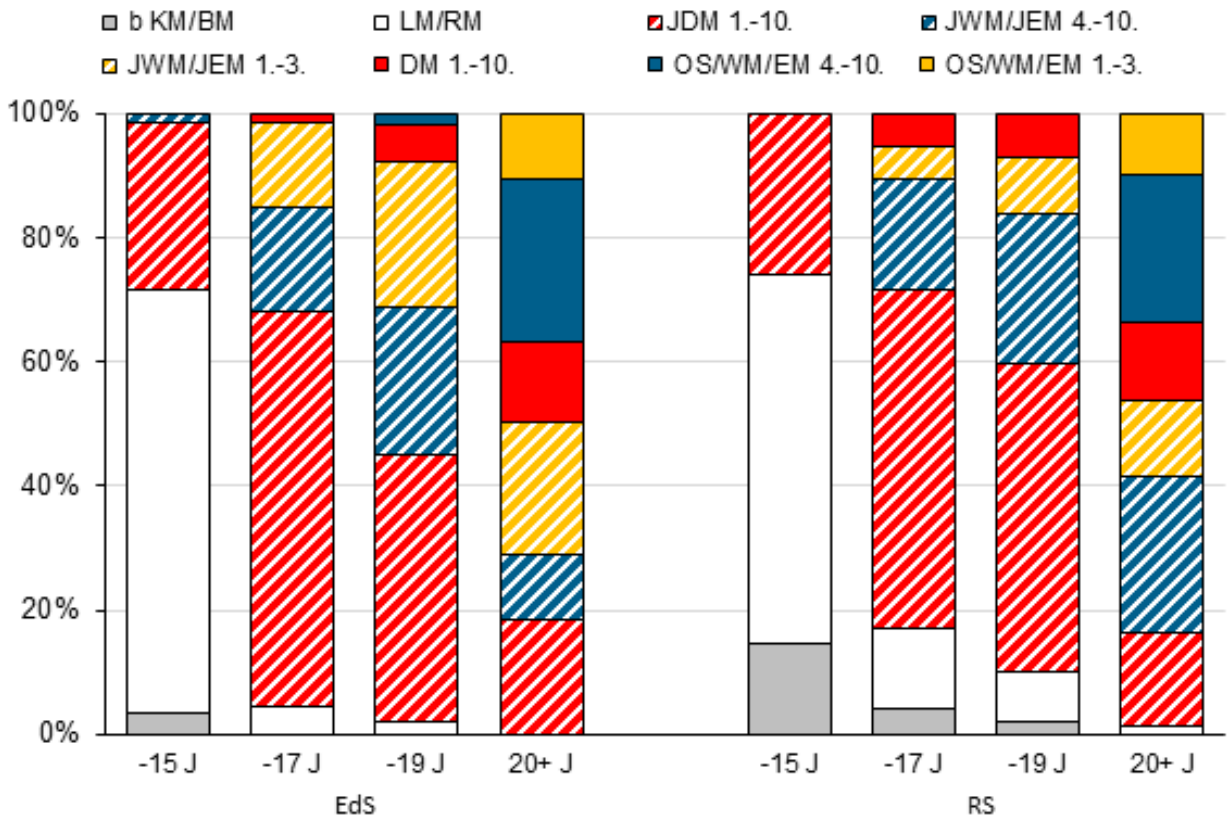


Abb. 2. Entwicklung der sportlichen Erfolge in der Leichtathletik im Jugend- und Erwachsenenalter. Mitglieder bzw. Absolventen von Eliteschule des Sports (EdS) und Regelschulen (RS); b KM/BM – bis Kreis-/Bezirksmeisterschaften, LM/RM – Landes-/Regionalmeisterschaften 1.-10. Platz, J – Junioren, DM – Deutsche Meisterschaften, EM – Europameisterschaften, WM – Weltmeisterschaften, OS – Olympische Spiele. Juniorenmeisterschaften ab 20 Jahre betreffen U23-Meisterschaften.

Diskussion

Die Studie ergänzt frühere Evaluationsstudien durch die *gekoppelte* Untersuchung sport- *und* bildungsbezogener Outcomes und Kosten. Bilanziert man die Ergebnisse zusammenfassend, dann gehen die EdS nicht mit erhöhten Erträgen in Form von Erfolgen im Spitzensport einher, aber mit geringeren Bildungsabschlüssen und Berufsaussichten. Dabei erzeugen sie beträchtlich ausgeweitete materielle und immaterielle Kosten (finanzielle Kosten, Fördermaßnahmen; zeitlicher Trainingsumfang, Verzicht auf anderweitiges Engagement, oft frühzeitiges Verlassen des Elternhauses, Heimatvereins und Freundeskreises, Koordinationsprobleme). Diese Untersuchung erhärtet Befunde früherer Studien (siehe Einleitung). Insofern ist bezüglich der Pfadabhängigkeit des Handelns in den EdS (Güllich & Emrich, 2013) der dritte Grad nach Liebowitz und Margolis (1995) zu vermuten.

Die Priorisierung der frühzeitigen Trainingsintensivierung und forcierten Beschleunigung der sportlichen Entwicklung auf Kosten der Bildung entspricht der Verwertungslogik der EdS (Emrich et al., 2009). Zudem sind die auf Seiten der jugendlichen Sportler ausgeweiteten Kosten argumentativ nutzbar zur Legitimation der Einrichtung und Stabilisierung der Ressourcenzufuhr (Güllich & Emrich, 2013). Produktions- und Legitimationsfunktion fallen partiell auseinander, die Legitimationsfunktion rückt faktisch vor die Produktionsfunktion (Brunsson, 1989) und die EdS entspricht dem Zweck, für den sie konzipiert wurde, – zumindest in der Leichtathletik unter den Bedingungen der heutigen Bundesrepublik – überwiegend nicht. Die ausgeweiteten Kosten trägt allerdings zuvorderst der jugendliche Sportler.

Literatur

Brunsson, N. (1989). *The organization of hypocrisy: Talk, decision and actions in organizations*. Chichester: Wiley & Sons.

Emrich, E., Fröhlich, M., Klein, M., & Pitsch, W. (2009). Evaluation of the elite schools of sport: Empirical findings from an individual and collective point of view. *International review for the sociology of sport, 44*, 151-171.

Güllich, A. & Cobley, S. (2017). On the efficacy of talent identification and talent development programmes. In J. Baker, S. Cobley, J. Schorer, & N. Wattie (Eds.), *The Routledge Handbook of Talent Identification and Development in Sport* (p. 80-98). London, New York: Routledge.

Güllich, A. & Emrich, E. (2013). Investment patterns in the careers of elite athletes in East and West Germany. *European journal for sport and society, 10*, 191-214.

Güllich A. & Emrich, E. (2014). Considering long-term sustainability in the development of world class success. *European journal of sport science, 14*, S383-397.

Güllich, A. & Richartz, A. (2015). Leistungssport. In W. Schmidt et al. (Hrsg.), *Dritter Deutscher Kinder- und Jugendsportbericht* (S. 140-161). Schorndorf: Hofmann.

Liebowitz, S. J. & Margolis, S. E. (1995). Path dependence, lock-in and history. *Journal of law, economics and organizations, 11*, 205-226.

Warttenberg, J., Borchert, T., & Brandt, R. (2014). Eine längsschnittliche Analyse der Schulleistungen von jugendlichen Schülerathleten. *Sportwissenschaft, 44*, 78-85.

Sportpsychologische Betreuung der deutschen Biathlon-Nationalmannschaft in den Jahren 2015/16

(AZ 071607/15 & AZ 071604/16)

Thomas Ritthaler (Projektleitung) & Jürgen Beckmann

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

1 Projekthintergrund

Die erfolgreiche Teilnahme an Weltmeisterschaften und Olympischen Spielen ist das größte Ziel eines jeden Athleten und stellt zugleich eine außergewöhnlich große Herausforderung dar. Zentrales Ziel des im Jahre 2015 erfolgreich begonnenen und für das Jahr 2016 weiterentwickelten sportpsychologischen Betreuungsprojektes im Biathlon war es, schrittweise die Grundlage für eine systematische sportpsychologische Betreuungsstruktur zu schaffen, mit deren Hilfe es mittel- und langfristig gelingen soll, insbesondere junge Athleten eine strukturierte Anpassung an die mentalen Anforderungen von Großereignissen zu ermöglichen. Die sportpsychologische Betreuung, im deutschen Skiverband im Bereich Ski alpin bereits auf verschiedenen Ebenen professionell implementiert, wurde nach den Olympischen Spielen 2014 im Biathlon von der sportlichen Leitung und den Trainerteams einhellig als eine erhebliche und noch weiter zu erschließende Reserve ausgemacht, die im neuen Olympiazyklus 2014/18 langfristig und perspektivisch optimiert und professionalisiert werden sollte. Das Projekt bot hierfür den optimalen organisatorischen Rahmen. Die ersten inhaltlichen Teilziele von Dr. Thomas Ritthaler waren dabei ein bereits im Vorfeld des Projektes durchgeführtes und sehr positiv bewertetes „Coach the Coach"-Programm mit einigen ausgewählten Trainern sowie der erfolgreiche Kontaktaufbau sowohl mit den Sportlern als auch den Trainern aller Lehrgangsebenen. Beide Teilziele konnten sehr gut erreicht werden und bildeten die gute und stabile Grundlage für alle nachfolgenden im Projekt geplanten und dann erfolgreich durchgeführten Maßnahmen. Mit diesem Projekt wurde bei einer weiteren Disziplingruppe im deutschen Skiverband (DSV) die Grundlage für eine professionelle sportpsychologische Betreuungsarbeit gelegt. Dabei konnten die gewonnenen Erkenntnisse bisheriger sportpsychologischer Betreuungsprojekte an der TU München (z. B. Ski Alpin, Sportschießen) genutzt werden.

Nach den positiven Erfahrungen im ersten Projektjahr, in dem sehr gute Voraussetzungen im zwischenmenschlichen Bereich und den organisatorischen Grundstrukturen geschaffen sowie bereits wertvolle individuelle Grundlagenarbeit mit den Athleten geleistet werden konnte, wurde im zweiten Projektjahr zum einen die Arbeit Richtung Professionalisierung der sportpsychologischen Vorbereitung von Großereignissen für potentielle Teilnehmer sowie deren jeweilige Trainer individuell fortgeführt. Zum anderen wurde zusätzlich die sportpsychologische Grundlagenarbeit auf den Anschluss- und Nachwuchsbereich deutlich ausgeweitet. In Zusammenarbeit mit der Technischen Universität München lag dabei der Fokus für den Top-Bereich auf einer Vorbereitung der Olympischen Winterspiele 2018 in Pyeongchang sowie im Anschluss- und Nachwuchsbereich auf einer soliden nachhaltigen Grundlagenarbeit mit spezifischen Fokus auf die mentalen Prozesse beim Schießen.

Aus sportlicher Sicht betätigten die ersten beiden Jahre des neuen Olympiazyklus die bisher beobachteten Entwicklungen in der internationalen Biathlonszene: Eine weiter andauernde Reduzierung der Schießstandzeiten bei gleich-

bleibendem oder sogar zunehmendem Laufniveau verlangt die Weiterentwicklung mentaler Selbststeuerungsprozesse sowie die individuelle flexible Anpassung des taktischen Repertoires: Der Ansatz „Weg von Kontrolle & Fehlervermeidung, hin zu Risiko-Optimierung bei höchster Aktionsschnelligkeit und -genauigkeit“ stellt insbesondere mental eine große Herausforderung dar, der strukturierte Anpassungen entgegengestellt werden müssen. Durch eine individuell optimierte Teamarbeit, wie es in diesem laufenden Projekt derzeit geschieht und zukünftig auch weiter geschehen soll, können solche Anpassungen für die einzelnen Athleten optimal aufgebaut werden. Die erarbeitete individuelle Form möglichst punktgenau zum Großereignis abzurufen, kann nur durch ein intaktes Gesamtpaket aus Technik, Kondition und Psyche sowie eines dahinterstehenden Teams gelingen. Die sportlichen Erfolge der letzten 2 Jahre lassen vermuten, dass dieses Gesamtpaket mit dem darin vollständig integrierten Projekt „Sportpsychologie“ sinnvoll und praxisrelevant aufgestellt wurde. Eine derartige Weiterführung der sportpsychologischen Betreuung in Vorbereitung auf die Olympischen Spiele 2018, aber auch längerfristig darüber hinaus, ist geplant und hat bereits begonnen.

Im Folgenden sollen die drei Schwerpunkte des vorliegenden Projektes, die vollständig in die Gesamtbetreuung im Biathlon integriert waren, vorgestellt und wesentliche Ergebnisse exemplarisch dargestellt werden. Dabei werden insbesondere diese Integration und damit der Praxisbezug betont.

2 Beziehungsaufbau – Diagnostik – Individuelle Lösungen

Die zunächst zentrale Aufgabe in diesem Bereich war der Aufbau einer Arbeitsbeziehung zwischen Sportpsychologen und Athleten, bei dem der Schwerpunkt auf die Ermittlung und Spezifizierung der individuellen Ausgangslage des jeweiligen Sportlers gelegt wurde. Dies wurde bewusst top down d. h. bei den LGIa-Athleten beginnend abwärts gestaltet, um zum einen in Hinblick auf die Olympischen Winterspiele 2018 Pyeongchang) eine kontinuierliche sportpsychologische Betreuungsarbeit zu etablieren und zum anderen, um den spezifischen Anforderungen und Wünsche auf diesem Leistungsniveau gerecht werden zu können. Durch Wettkampfbeobachtung sowie Einzelgesprächen sowohl mit den Sportlern als auch den betreuenden Trainern konnten Entwicklungsbereiche und mögliche Ansatzpunkte für ein sportpsychologisches Coaching und/oder Fertigkeitstraining spezifiziert werden. Dabei kamen weiterhin bedarfsorientiert die in der sportpsychologischen Diagnostik bewährten Elemente zum Einsatz (Basisdiagnostik sportpsychologischer Leistungsvoraussetzungen: HOSP: Beckmann & Wenhold, 2008; SOQ: Elbe, Wenhold, Beckmann, 2008; AMS: Elbe, Wenhold & Müller, 2005; VKS: Wenhold, Elbe & Beckmann, 2008; EBF: Kellmann & Kallus, 2000). Darüber wurden vermehrt apparative Testungen zur Konzentrationsfähigkeit sowie spezifische Trainingsprogramme (STEPS, IAT) aus dem Sportschießen genutzt, um die Anforderungen im Biathlon individuell zu erfassen und zu verbessern. In Abhängigkeit vom jeweiligen Leistungsniveau und der internationalen Erfahrung der Sportler sowie unter Berücksichtigung ihrer Diagnostikergebnisse lag dann der Schwerpunkt in diesem Bereich auf der Entwicklung individueller Lösungen, die ins alltägliche Training integriert wurden. Zentrale Säulen bei diesem fertigkeitsbasierenden Ansatzes waren die Stabilisierung und Verbesserung der Selbstwirksamkeitsüberzeugung, die Selbststeuerungsfähigkeiten im wie auch außerhalb des Wettkampfes sowie die bewusste Aufmerksamkeitslenkung vor und beim Schießen (Aufmerksamkeitsfokus).

3 Prozessorientierung: Evaluation im Wettkampf

Entscheidend für Erfolge im Wettkampfsport ist Erbringung der maximal möglichen Leistung zu einem definierten Zeitpunkt. Die dafür notwendigen Fertigkeiten müssen unter den entsprechenden Druckbedingungen gezeigt werden können. Relevant ist deshalb nicht die Qualität dieser Fertigkeiten im Training, relevant ist ausschließlich die Qualität unter Wettkampfbedin-

gungen. Der Weg zur Perfektionierung dieser Qualitäten ist ein vielfach zu durchlaufender Prozess:

- Neue (sportpsychologische) Fertigkeiten müssen zunächst individuell ins Training integriert und erarbeitet werden.
- Die anschließende Evaluierung im Wettkampf zeigt die erreichte Qualität und die notwendigen Möglichkeiten zur Verbesserung auf.
- Die notwendigen Anpassungen werden wiederum ins Training integriert und später erneut unter Wettkampfbedingungen evaluiert.

Diese zirkulären Prozesse und somit die Entwicklung, Verbesserung und Stabilisierung sportpsychologischer Fertigkeiten konnten sowohl dezentral im Heimtraining wie auch bei zentralen Lehrgängen der unterschiedlichen Lehrgangsgruppen und bei Wettkämpfen gut bedarfsgerecht etabliert und begleitet werden. Zeitlich wurden jeweils die Vorbereitungsperioden auf die Deutsche Meisterschaft im Sommer sowie auf die Qualifikationsrennen im Winter (2015 und 2016) genutzt, um gezielt individuelle sportpsychologische Fertigkeiten zu entwickeln, die dann in den genannten Wettkämpfen unter Druckbedingungen evaluiert und angepasst wurden.

4 Trainercoaching

Der dritte Schwerpunkt des Projektes war das trainings- und wettkampfbegleitende Coaching der Bundes- und Stützpunkttrainer. Die erste Hauptaufgabe war dabei, die Trainer dabei zu unterstützen, die neuentwickelten individuellen Trainingsformen praxisgerecht ins alltägliche Training zu integrieren. Auch bei den weiteren Schritten hin zur Optimierung der sportpsychologischen Fertigkeiten (Evaluation im Wettkampf, individuelle Anpassung und Weiterentwicklung) wurde eng und sehr gut mit den Trainern der jeweiligen Lehrgangsgruppen sowie den Stützpunkttrainern zusammengearbeitet. Ein weiterer zentraler Aspekt war die direkte Unterstützung der Bundestrainer. Neben den Schwerpunkten Kommunikation, Feedback und soziale Kompetenz konnten Bundestrainer auch bezüglich der Themen „Umgang mit Misserfolg“ und „Emotionen“ weiter qualifiziert werden. Dies fand im Rahmen von Einzelcoachings im Sinne von sportpsychologischer Supervision und Trainingsbegleitung statt. Abgerundet wurde das Angebot mit der Möglichkeit, individuelle Termine zu vereinbaren, um alle Aufgaben im Zusammenhang mit der eigenen einflussreichen Position für sich als Mensch im Sinne der Sportler und hinsichtlich seiner Multiplikatorwirkung bestmöglich wahrzunehmen. Letzteres ist insbesondere hinsichtlich der Stützpunkt- und Heimtrainer mit allen positiven Auswirkungen auf die Leistungsentwicklung der Nachwuchssportler von Bedeutung. Hier erwies sich die Integration der sportpsychologischen Trainerarbeit in die Lehrgänge und Wettkämpfe sowie gesonderte Stützpunktbesuche als besonders gewinnbringend, da viele Fragen direkt geklärt und entstehende Situationen spontan nachbesprochen und genutzt werden konnten. Über den Bereich der Spitzentrainer hinaus konnte im Rahmen dieses Projektes auch damit begonnen werden, die Sportpsychologie nach dem Vorbild anderer Sportarten und Verbände, basierend auf anderen BISP Projekten (z. B. Entwicklung einer sportpsychologischen Rahmenkonzeption im Ski-Alpin), verstärkt in die Aus- und Fortbildung der Trainerschule zu integrieren.

5 Fazit

Insgesamt konnten im beschriebenen Projektzeitraum 2015/16 in der sportpsychologischen Betreuung der Biathlon-Nationalmannschaften verschiedene bewährte wie auch innovative Arbeitsschwerpunkte sehr gut umgesetzt werden. Basierend auf einer stabilen und vertrauensvollen Arbeitsbeziehung zwischen Verband, Trainern, Sportlern und dem Sportpsychologen war zunächst eine IST-Analyse und die Bedarfsermittlung notwendig, um danach im Verlauf des Projekts bedarfsgerecht die Sportler der unterschiedlichen Leistungsklassen und ihre Trainer unterstützen zu können. Besonders wirksam erwiesen sich dabei zum einen die

schrittweise Integration sportpsychologischer Betreuungsinhalte top down in den Trainings- und Wettkampfbetrieb sowie zum anderen die konsequente Evaluation und Weiterentwicklung dieser Inhalte unter Wettkampfbedingungen. Bei Letzterem wird die Notwenigkeit gut verdeutlicht, Sportpsychologie als sehr arbeitsintensiven und oft mühsamen Prozess zu begreifen und anzunehmen. Dies gelang in diesem Kontext sehr gut.

Insgesamt hat es die BISp-Förderung der letzten Jahre ermöglicht, ein Bewusstsein für die Leistungsressource „Sportpsychologie" im Skiverband zu etablieren. Im Anschluss an die durch Fördergelder des BISp ermöglichte zweijährige Startphase im Bereich Biathlon, wird – ganz im Sinne des BISp – zukünftig die sportpsychologische Betreuung der Spitzenathleten wie auch des Nachwuchses durch Haushalts- bzw. Projektmittel des Verbandes abgedeckt. Dies spricht deutlich für die Akzeptanz und Wertschätzung der sportpsychologischen Betreuungsarbeit innerhalb des Deutschen Skiverbandes/Biathlon.

6 Literatur

Kellmann, M. & Kallus, K.W. (2000). *Der Erholungs-Belastungs-Fragebogen für Sportler; Manual*. Frankfurt: Sweets Test Services.

Beckmann, J. & Wenhold, F. (2008). *HOSP: Fragebogen zur Erfassung der Handlungsorientierung im Sport*. Abgerufen aus dem World Wide Web am 13.10.2014 unter www.bisp.de

Elbe, A.-M., Wenhold, F. & Beckmann, J. (2008). *SOQ: Fragebogen zur Erfassung der Leistungsorientierung im Sport*. Abgerufen aus dem World Wide Web am 13.10.2014 unter www.bisp.de

Wenhold, F., Elbe, A.-M. & Beckmann, J. (2008). *AMS-Sport Langversion: Allgemeiner Fragebogen zum Leistungsmotiv im Sport*. Abgerufen aus dem World Wide Web am 13.10.2014 unter www.bisp.de

Wenhold, F., Elbe, A.-M. & Beckmann, J. (2008). *VKS: Fragebogen zur Erfassung Volitionaler Komponenten im Sport*. Abgerufen aus dem World Wide Web am 13.10.2014 unter www.bisp.de

Sportpsychologische Betreuung ausgewählter Athleten und Athletinnen des Bayerischen Schwimmverbandes (BSV)

(AZ 071623/15-16)

Jürgen Beckmann (Projektleitung), Insa Nixdorf & Raphael Frank
Technische Universität München

1 Problem

Aufbauend auf Ergebnissen der BISp-geförderten Studie „Risiko- und Schutzfaktoren für depressive Syndrome und Burnout im Nachwuchsleistungssport“ (Förderkennzeichen: IIA1-071001/14-15) hatte das Betreuungsprojekt zum Ziel, anhand strukturierter sportpsychologischer Maßnahmen psychische Gesundheit als Basis für sportliche Leistungen präventiv zu fördern. Bisherige Erkenntnisse verdeutlichten die Relevanz psychischer Probleme, wie etwa depressiver Syndrome, im Spitzen- und Leistungssport und fanden Hinweise für ein erhöhtes Risiko für eine depressive Symptomatik insbesondere bei Nachwuchsathletinnen und –Athleten (Nixdorf, Frank, Hautzinger, & Beckmann, 2013). Auch im ausgehenden Forschungsprojekt lag die Prävalenz für das Vorliegen klinisch relevanter depressiver Symptomatik über alle Erhebungszeiträume hinweg zwischen 23,1 % und 30,0 % für die entsprechende Stichprobe. Im Vergleich zur Ausprägung in der Normalbevölkerung (15 % Erwachsene; 20 % Jugendliche, Hautzinger et al., 2011) liegt die Prävalenz der Schwimmer und Schwimmerinnen erkennbar erhöht. Aufbauend auf diesen alarmierenden Ergebnissen sollten entsprechende Maßnahmen zur Prävention und Intervention implementiert werden.

Das Anliegen hierbei war es, sportpsychologische Grundlagen und Fertigkeiten zur Leistungssteigerung mit den nun bekannten Ansatzpunkten zur Prävention und Intervention von Überlastungserscheinungen zu verbinden. So sollte zum einen die psychische Gesundheit als stabile Basis für sportliche Höchstleistungen gefördert und zum anderen den Athleten wichtige sportpsychologische Kompetenzen für den Wettkampf vermittelt werden.

2 Methode

Zentrale Kompetenzen, welche im Rahmen der geplanten Maßnahmen erlernt werden sollten, waren die Identifikation und das Management von individuellen Stressoren, ein adäquater Umgang mit Belastungen und herausfordernden Situationen durch Stressverarbeitungsstrategien und funktionalen Einstellungen, eine Verbesserung der Erholungs- und Entspannungsfähigkeit, eine Verbesserung der Selbstmanagementkompetenz, ein produktiver Umgang mit Misserfolgen und physiologischen Überlastungszuständen und die generelle Förderung psychologischer Gesundheit.

Die hierbei vermittelten Kernkompetenzen lassen sich sowohl zur Förderung psychischer Gesundheit, wie auch zum erfolgreichen Meistern wettkampfspezifischer Situationen (z. B. Anspannung bei Wettkämpfen, Vorstartroutinen) übertragen. Im Mittelpunkt standen somit sowohl die Leistungssteigerung, als auch die Prävention zum Stresserleben und einem geschulten Umgang mit diesem. Psychische Gesundheit wird hier als Basis für eine entsprechende Leistungsfähigkeit betrachtet.

Insgesamt haben 37 Athleten und Athletinnen (Alter 13-30) aus 4 Trainingsgruppen an den Maßnahmen teilgenommen. Die Kaderzugehörigkeiten bestanden aus Schwimmern und Schwimmerinnen des Landeskaders des BSV und aus Schwimmern und Schwimmerinnen des D/C-, des B- und A-Kaders des Deutschen Schwimmverbandes (DSV). Zusätzlich zu grund-

legenden Maßnahmen in der Gruppe war eine individuelle Betreuung für Athleten möglich. Diese Betreuung wurde nur für den DSV-Kader ermöglicht und umfasste 6 Athleten. Nach individuellem Bedarf wurden diese Athleten im Rahmen der geplanten Einheiten vertiefend betreut.

Hinzu kamen Maßnahmen im Bereich Coach-the-Coach. Die Betreuung für die Athleten gliederte sich an das vorgesehene Konzept mit einer Kick-Off Veranstaltung, sowie den folgenden Blöcken:

- Block 1: „Stressoren erkennen, Entspannung fördern (Langfristige Strategien zur Stressbewältigung)“
- Block 2: „Techniken im Umgang mit Stress (Langfristige Strategien zur Stressbewältigung)“
- Block 3: „Erfolg, Ziele, Einstellungen (Kurzfristige Strategien zur Stressbewältigung)“.

Die einzelnen Blöcke wurden initial in den eingeteilten Gruppen umgesetzt. Die Einteilung der Athleten erfolgte anhand der bestehenden Trainings- und Altersgruppen. Über alle Altersgruppen hinweg kamen so 5 Gruppen zustande. Es wurden je Gruppe 8 Einheiten abgehalten. Durch die Qualifikation zu den Olympischen Spielen 2016 kamen für einige Athleten besondere Anforderungen auf, welche im Rahmen von Einzelcoachings thematisiert wurden. Zudem wurden die Deutschen Meisterschaften und die German Open (Qualifikationswettkämpfe Olympia 2016) in Berlin begleitet.

3 Ergebnisse

3.1 Entwicklung von Interventionsvorschlägen

Im Rahmen der Gruppensitzungen wurden geeignete Interventionen auf die Altersgruppe und den Sportkontext zugeschnitten. Ziel war es, die erprobten Maßnahmen aus dem Online-Tool des bereits erwähnten Forschungsprojektes einzusetzen (www.nachwuxathleten.de). Folgende Interventionen wurden durchgeführt: Bild meiner Woche, Gedankenfilter, Entspannungsreise, Mein perfekter Begleiter, Adlerperspektive, Zaubertrank für Giftsätze, Mach Dir selbst Mut, Hier und Jetzt, Mein Happy-Place.

Alle Interventionen sind frei zugänglich und weiter ausgeführt unter http://www.nachwux-athleten.de/interventionen.php

3.2 Evaluation

Zur Evaluation der implementierten Maßnahmen wurden zentrale Marker zu Projektbeginn und Ende des Projektes erhoben. Erfasst wurden das Trierer Inventar zum Chronischen Stress Screening, TICS (Schulz, Schlotz, & Becker, 2004), relevante Skalen des Stressverarbeitungsfragebogen, SVF (Erdmann & Jahnke, 2008), sowie das Akutmaßes zur Erfassung von Erholung und Beanspruchung im Sport, AEB (Hitzschke, et al., 2016). Durch die Erfassung dieser relevanten Marker sollte eine Evaluation der Maßnahmen erfolgen. Die Ergebnisse zeigen in der deskriptiven Darstellung alle eine positive Entwicklung in der Tendenz, wenngleich zur statistischen Auswertung eine zu geringe Fallzahl (N = 11) an längsschnittlichen Daten zur Verfügung stand.

Zur allgemeinen Evaluation wurden qualitative Fragen zusammen mit Bewertungsfragen am Ende des Projektes erfasst. Die Ergebnisse spiegeln ein durchweg positives Bild wider. Alle teilnehmenden Athleten gaben an, das Projekt insgesamt als mindestens „gut“ (M = 1.47) empfunden zu haben und wünschten sich ausdrücklich eine Fortführung und Ausweitung der Betreuung.

4 Diskussion

Das vorliegende Projekt kann angesichts der umgesetzten Maßnahmen, der quantitativen und qualitativen Ergebnisse als erfolgreich eingestuft werden. Die Inhalte konnten wie geplant umgesetzt werden, und es profitierte eine Vielzahl von jungen Schwimmerinnen und Schwimmern von dem durchgeführten Projekt. Auch die durchweg positiven Ergebnisse der Athletenbefragung bestätigen dies.

Als Schwierigkeiten während des Projektes fiel vor allem die Terminfindung mit den Athleten als relevant auf. Vor allem die jüngeren Athleten waren durch ihre schulischen, sportlichen und

familiären Verpflichtungen in Terminnot. Hier besteht Handlungsspielraum zur Verbesserung, und zukünftige Projekte in der praktischen Betreuung könnten diesen Aspekt stärker fokussieren. Eine Verknüpfung mit Trainingslagern und gezielte Interventionsblöcke vor Ort (Trainingsstätte/Wettkampfstätte) könnten gewinnbringend sein. Dies würde auch die zeitliche Kapazität der teilnehmenden Athleten geringer beanspruchen.

Als eine weitere Schwierigkeit hat sich eine kontinuierliche und Gesamtstichproben-umfassende Datenerhebung erwiesen. Wo zur Prä-Messung noch Datenpunkte von 30 Athleten und Athletinnen vorlagen, waren es zur Post-Messung nur noch 11. Obwohl eine deutliche Dropout-Quote bei Längsschnittstudien häufig vertreten ist, führte diese in der eher geringen Gesamtstichprobe leider dazu, dass statistische Analysen keine Aussagekraft zeigen konnten. Aus diesem Grund musste sich die quantitative Analyse ausschließlich auf die Evaluationsergebnisse stützen und kann nicht anhand der Ergebnisse normierter, validierter psychologischer Tests gestützt werden.

5 Literatur

Erdmann, G. & Jahnke, W. (2008). *Stressverarbeitungsfragebogen (SVF) – Stress, Stressverarbeitung und ihre Erfassung durch ein mehrdimensionales Testsystem*. Göttingen: Hogrefe.

Hautzinger, M., Bailer, M., Hofmeister, D., & Keller, F. (2011). *Allgemeine Depressionsskala (ADS)*. 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

Nixdorf, I., Frank, R., Hautzinger, M., & Beckmann, J. (2013). Prevalence of depressive symptoms and correlating variables among German elite athletes. *Journal of clinical sport psychology, 7* (1), 313-326.

Schulz, P., Schlotz, W., & Becker, P. (2004). *Trierer Inventar zum chronischen Stress (TICS)*. Göttingen: Hogrefe.

Ziemainz, H., Abu-Omar, K., Raedke, T., & Krause, K. (2004). Burnout im Sport – Zur Prävalenz von Burnout aus bedingungsbezogener Perspektive. *Leistungssport, 6*, 12-18.

Implementierung der sportpsychologischen Betreuung in die deutsche Skilanglauf Nationalmannschaft (DSV)

(AZ 071624/15-16)

Dorothee Alfermann (Projektleitung) & Marie Hengst
Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät,
Institut für Sportpsychologie und Sportpädagogik

1 Projekthintergrund

Die sportpsychologische Betreuung, als ein wichtiges Puzzlestück für internationale Spitzenleistungen, wurde in den letzten Jahren in immer mehr Wintersportarten erfolgreich und nachhaltig implementiert (Beckmann-Waldenmayer & Beckmann, 2012). Mit Hilfe eines Forschungsprojekts (TU München, Projektleitung Dr. Kai Engbert), welches durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) gefördert wurde, konnte ein systematisches sportpsychologisches Curriculum für die Talentförderung, Ausbildung und das Coaching erarbeitet und umgesetzt werden. Im Skilanglauf erfolgte nach nicht zufriedenstellenden Olympischen Spielen 2014 und Weltmeisterschaften 2015, in Vorbereitung der Saison 2015/2016, eine strukturelle und inhaltliche Neuausrichtung. Dabei wurden nicht nur zentrale Trainer- und Servicepositionen neu besetzt, sondern seitens des sportlichen Leiters, Andreas Schlütter, der Bedarf einer professionellen sportpsychologischen Betreuung formuliert. Die Möglichkeiten einer sportpsychologischen Betreuung im Skilanglauf wurden erörtert und die Übertragbarkeit des Rahmenkonzepts diskutiert. Abschließend konnte gemeinsam eine Planung zur langfristigen Etablierung der Sportpsychologie als Betreuungsgegenstand im Skilanglauf entwickelt werden. Das Ziel des Projekts war eine systematische und schrittweise Etablierung der Sportpsychologie in die Disziplin Skilanglauf. Im engeren Sinne ist damit der Aufbau einer vertrauensvollen Arbeitsbeziehung zwischen Sportpsychologe/-psychologin und Athleten bzw. Athletinnen, das Erfassen des IST-Zustandes psychologischer Parameter in Form von Diagnostik wie auch Trainings- und Wettkampfbeobachtungen und letztlich daraus resultierendes Trainings- und Wettkampfbegleitendes Coaching für Sportlerinnen und Sportler und Trainer gemeint.

2 Theoretischer Aufbau der Phasen zur Implementierung

2.1 Beziehungsaufbau und Eingangsdiagnostik

In Phase I soll eine vertrauensvolle Arbeitsbeziehung zwischen Sportpsychologe/-psychologin und Athleten bzw. Athletinnen aufgebaut werden. In den ersten Schritten werden sportpsychologische Parameter in die Trainingssteuerung integriert. Hier könnten beispielsweise erste Pilotprojekte mit dem Akutmaß aus der Regmanstudie (Kölling et al.) durchgeführt werden. Neben der Diagnostik individueller Leistungsvoraussetzungen in Form von Fragebögen (HOSP: Beckmann & Wenhold, 2008; SOQ: Elbe, Wenhold & Beckmann, 2008; AMS: Wenhold, Elbe & Beckmann, 2005; VKS: Wenhold, Elbe & Beckmann, 2008; WAI: Brand, Erlenspiel & Graf, 2009) sind Testungen zur Motivation (SMT: Frintrup & Schuler, 2007) geplant. Durch Trainingsbeobachtungen und Einzelgespräche erfolgt in dieser Phase eine Spezifizierung der individuellen Ausgangslage. Daraus ergeben sich differenzierte Ansatzpunkte für das sportpsychologische Coaching.

2.2 Coaching der Aktiven und Trainer aus Phase I ableiten und durchführen

Basierend auf den diagnostischen Ergebnissen soll in Phase II ein trainings- und wettkampfbegleitendes Coaching der Aktiven und der Trainer durchgeführt werden. Letztere sollen bei der Umsetzung sportpsychologischer Trainingsformen unterstützt werden. Hierbei sind auch Einsätze des Sportpsychologen bzw. der -psychologin bei ausgewählten Lehrgängen und Weltcups geplant.

2.3 sportpsychologisches Fertigkeitstraining

Phase III soll dazu dienen, gezielt an Verbesserungen des psychischen Potentials zu arbeiten, um günstige Voraussetzungen für einen stabilen Abruf des Leistungspotentials bei zukünftigen Großereignissen zu schaffen.

3 Umsetzung

Im Folgenden werden der Inhalt und dessen Umsetzung im Förderungszeitraum skizziert.

September, 2015: Trainingslehrgang Oberhof

- „Get to know“
- Wissensvermittlung

Oktober, 2015: Vorbereitungslehrgang Ramsau

- Einzelgespräche mit Trainern und Athleten/Athletinnen
- Eingangsdiagnostik und Auswertungsgespräche
- Spezifizierung der individuellen Ausgangslage
- Trainingsbeobachtungen

November, 2015: begleitende Sitzungen an den Stützpunkten Oberhof, Oberstdorf und Ruhpolding

- Trainingsbeobachtung
- trainings- und wettkampfbegleitendes Coaching der Aktiven und Trainer
- individuelles Training zum stabilen Abruf des Leistungspotentials

Dezember und Januar, 2016: Tour de Ski Oberstdorf

- Training sportpsychologischer Fertigkeiten
- Auswertung & Analyse der Heimweltcups
- Wettkampfbeobachtung
- Weiterentwicklung individueller Strategien
- Coping mit Gegebenheiten

September, 2016: Zentrale Leistungsüberprüfung Oberhof

- Weiterentwicklung individueller Strategien
- Optimierung der Prozesse im Team
- individuelles Training

November und Dezember, 2016: Vorbereitungslehrgang und Weltcup Davos

- trainings- und wettkampfbegleitendes Coaching der Sportler/innen und Trainer
- individuelles Training an einem stabilen Abruf des Leistungspotentials

4 Ergebnisse

Es kann davon ausgegangen werden, dass eine funktionale Arbeitsbeziehung zwischen Sportpsychologe/-psychologin und Trainer sowie Aktiven aufgebaut wurde. Dies ist für die weitere Zusammenarbeit eine elementare Grundlage. Durch eine allgemeine Wissensvermittlung und Aufklärung zur Sportpsychologie fanden die Athleteninnen bzw. Athleten und Trainer einen Zugang zur Thematik. Den Sportlerinnen und Sportlern wie auch den Trainern wurde die Sportpsychologie als eine weitere Ressource näher gebracht. Im Sinne einer vertrauensvollen Arbeitsbeziehung konnte die sportpsychologische Betreuung aufgenommen werden. Durch eine umfangreich durchgeführte Diagnostik wie auch das Erfassen der individuellen Eingangssituation wurde im späteren Verlauf das Ableiten von problemorientierten Lösungsansätzen möglich. Basierend auf den diagnostischen Ergebnissen wurde in Phase II ein trainings- und wettkampfbegleitendes Coaching der Sportlerinnen bzw. Sportler und Trainer durchgeführt. Die Trainer haben bei der Umsetzung sportpsychologischer Trainingsformen Unterstützung erhalten. Des Weiteren wurden sportpsychologische Parameter in die

Trainingssteuerung integriert. Einzelgespräche und wettkampfbegleitendes Coaching wurden erfolgreich mit den Aktiven und Trainern absolviert und sollten nach Möglichkeit kontinuierlich fortgesetzt werden, um eine selbstständige Anwendung zu unterstützen. Anwendungsfelder beim Fertigkeitstraining waren unter anderem die Emotions- und Aktivierungskontrolle beim Vorstartzustand, die funktionale Gestaltung von Selbstinstruktionen, Stressimpfungstraining, Zielsetzungsstrategien sowie Aufmerksamkeitsregulierung. Nicht nur das Erarbeiten von individuellen Lösungsansätzen wurde umgesetzt. Auch im Sinne der Leistungsoptimierung wurden Fertigkeiten vermittelt und angewendet. Unter fortlaufenden Wettkampf- wie auch Trainingsbeobachtungen konnten Rückschlüsse, Veränderungen und Anpassungen der jeweiligen individuellen Betreuung stattfinden.

5 Fazit

Die Umsetzung des Betreuungsprojekts wird als erfolgreich betrachtet. Das Ziel des Projekts, die Implementierung der Sportpsychologie in die Strukturen der Skilanglaufnationalmannschaft, wurde erfüllt. 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 die Implementierung der Sportpsychologie in Bezug auf die Leistungserbringung sukzessive Erfolge zu verzeichnen. Wenn auch der Anteil einer sportpsychologischen Betreuung am Erfolg nicht gemessen werden kann, wurde diese sowohl von den Sportlern und Sportlerinnen als auch von den jeweiligen Trainern als positiv bewertet.

Nachdem die sportpsychologische Betreuung erfolgreich initiiert wurde, gilt es nun, die eingeführten Abläufe zu festigen und in eine nachhaltige Anwendung zu überführen. Ziel ist es, die Sportpsychologie als eine stabile und andauernde Ressourcen-Nutzung in den Trainings- und Wettkampfalltag der Aktiven und Trainer zu transferieren. Durch eine effiziente, langsame und kontinuierliche Anpassung in das Gefüge des Deutschen Skiverbandes kann die notwendige Stabilität aufgebaut werden. Wie auch in den Betreuungsprojekten Skisprung und Biathlon soll die nachhaltige Anwendung der Sportpsychologie im Skilanglauf gesichert werden.

6 Literatur

Brand, R., Ehrlenspiel, F. & Graf, K. (2009). *Wettkampf-Angst-Inventar (WAI). Manual zur komprehensiven Eingangsdiagnostik von Wettkampfangst, Wettkampfängstlichkeit und Angstbewältigungsmodus im Sport.* Köln: Sport und Buch Strauß.

Beckmann, J. & Wenhold, F. (2008). *HOSP: Fragebogen zur Erfassung der Handlungsorientierung im Sport*. Abgerufen aus dem World Wide Web am 13.01.2015 unter www.bisp.de.

Beckmann-Waldenmayer, D. & Beckmann, J. (2012). *Handbuch sportpsychologischer Praxis – Mentales Training in den olympischen Sportarten*. Balingen: Spitta.

Elbe, A.-M., Wenhold, F. & Beckmann, J. (2008). *SOQ: Fragebogen zur Erfassung der Leistungsorientierung im Sport*. Abgerufen aus dem World Wide Web am 13.01.2015 unter www.bisp.de.

Frintrup, A. & Schuler, H. (2007). *Sportbezogener Leistungsmotivationstest. Manual*. Göttingen: Hogrefe.

Kölling, S., Hitzschke, B., Holst, T., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Kellmann, M. (in Druck). Validity of the Acute Recovery and Stress Scale – Training Monitoring of the German Junior National Field Hockey Team. *International journal of sports science & coaching*.

Wenhold, F., Elbe, A.-M. & Beckmann, J. (2008). *AMS-Sport Langversion: Allgemeiner Fragebogen zum Leistungsmotiv im Sport*. Abgerufen aus dem World Wide Web am 13.01.2015 unter www.bisp.de.

Wenhold, F., Elbe, A.-M. & Beckmann, J. (2008). *VKS: Fragebogen zur Erfassung Volitionaler Komponenten im Sport.* Abgerufen aus dem World Wide Web am 13.01.2015 unter www.bisp.de.

Sportpsychologische Betreuung der Nationalmannschaft Behindertensport – Schwimmen sowie Entwicklung eines sportpsychologischen Ausbildungscurriculums für paralympische Coaches

(AZ 071606/16)

Anke Delow & Ralf Brand (Projektleitung)
Universität Potsdam, Professur für Sportpsychologie

1 Hintergrund

Die Paralympics 2016 in Rio waren der Höhepunkt von vier Jahren Arbeit und bestimmten den Fokus aller Team-Angehörigen der Nationalmannschaft Behindertensport Schwimmen. Alle Maßnahmen im Förderzeitraum waren darauf ausgerichtet, dort mit einer aussichtsreichen und selbstbewussten Mannschaft an den Start zu gehen.

Die Sportpsychologie hatte in diesem Vorbereitungsprozess ihren festen Platz. Die beteiligten (Heim-)Trainerinnen und (Heim-)Trainer, der Mannschaftsleiter, die Physiotherapeutinnen und -therapeuten, die Ärztin der Nationalmannschaft, aber natürlich besonders die Schwimmerinnen und Schwimmer haben das Spektrum sportpsychologischer Leistungen in Anspruch genommen und es in ihre Vorbereitungen mit einbezogen.

Die Förderung innerhalb der Betreuungsprojekte des Bundesinstituts der Sportwissenschaft (BISp) der letzten Jahre war die wesentliche Basis dieses Arbeitsbündnisses. Obwohl in der Vergangenheit aus dem Etat der Nationalmannschaft, d. h. aus Mitteln des Deutschen Behindertensportverbands (DBS), dafür Reise-, Unterbringungs- und Verpflegungskosten sowie Honorare gestellt wurden, wäre es unmöglich gewesen, die sportpsychologische Vorbereitung auf die Paralympics in Rio ausschließlich aus diesen Quellen zu bestreiten. Daher sind wir sehr dankbar, dass wir im Rahmen eines sportpsychologischen Betreuungsprojekts des Bundesinstituts für Sportwissenschaft arbeiten konnten.

Die Betreuung bei Wettkämpfen haben wir immer als Aspekt sportpsychologischer Leistungen im Spitzenbereich angesehen. In den letzten beiden paralympischen Zyklen wurde immer sorgfältig abgestimmt, welche Wettkämpfe dazu geeignet sind, Erfahrungen mit begleitender sportpsychologischer Betreuung zu sammeln und dem Team optimale Leistungsvoraussetzungen zu bieten. Aufgrund der guten Erfahrungen damit war die Bundestrainerin der Nationalmannschaft in Abstimmung mit ihrem Kollegenteam und den Aktivensprechern daran interessiert, sportpsychologische Expertise bei den Paralympics vor Ort zur Verfügung zu haben. Dieser Vertrauensbeweis zeugt von der erfolgreichen Arbeit der letzten Jahre. Es war um so schöner, dass dem Bedarf Rechnung getragen werden und das Team sportpsychologisch in Rio begleitet werden konnte.

In gewisser Weise schließt sich so ein Kreis, und es eröffnen sich gleichzeitig neue: Innerhalb der Nationalmannschaft Schwimmen werden durch das gemeinsame Erleben der Paralympics neue Facetten der Sportpsychologie sichtbar, die bereichernd wirken. Um Nationalmannschaften auf Paralympics oder Olympische Spiele vorzubereiten, bringt die Vor-Ort-Erfahrung eine neue Qualität, die sich von anderen Großereignissen unterscheidet. Auch für die Ausbildung paralympischer Trainerinnen und Trainer, die Impulse aus dem Projekt erhalten soll, können die Paralympics jetzt zusätzliche Inspiration sein. Und nicht zuletzt ist der Zeitpunkt gekommen, die Sportpsychologie im DBS auf eigenständige Füße zu stellen. Das BISp-Serviceforschungsprojekt „Rahmenkonzeption und fachliche Wei-

terentwicklung der Sportpsychologie im Sport für Menschen mit Behinderungen“ der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster hat den gegenwärtigen Stand ebenso wie den Bedarf nach sportpsychologischen Leistungen über die Abteilung Schwimmen hinaus ermittelt (Staufenbiel, Kiefer et al., 2017). Die Ergebnisse sollten ein Argument mehr sein, die Sportpsychologie im DBS in Organisation und Etats fest zu verankern, wie dies im DOSB ebenfalls seit einiger Zeit gelungen ist.

2 Methoden

Verlässliche Grundlage der Arbeit ist und bleibt das Modell des systematischen Aufbaus der sportpsychologischen Betreuung mit seinen drei Ebenen Grundlagentraining, Fertigkeitstraining und Krisenintervention. Dabei stützen wir uns weiter auf die sportpsychologische Eingangsdiagnostik, um die Sportler-Trainer-Interaktion zu steuern und zielgenau Interventionen einsetzen zu können (Kellmann & Beckmann 2003).

3 Verlauf und Ergebnisse

Zielgruppe der Betreuung im Berichtszeitraum waren sieben A- und sieben B-Kader sowie die Bundestrainerin, die Co-Trainer der Nationalmannschaft und mehrere Stützpunkttrainerinnen und -trainer, außerdem das gesamte paralympische Schwimmteam in Rio.

Ein großer Teil der sportpsychologischen Maßnahmen fand wie gewohnt auf Lehrgängen statt. Für die Athleten, die im Projekt individuell betreut wurden, gab es Beratung auch im Heimtraining. Regelmäßig fanden verbindliche Zusammenkünfte mit den Stützpunkttrainerinnen und -trainern und der Bundestrainerin statt. Diese konnten so als Multiplikatoren fundiert wirken.

Die Betreuung von Wettkämpfen war stets Bestandteil des Projekts. Während der bisherigen Saisonhöhepunkte war immer zu beobachten, dass die sportpsychologische Begleitung zum Erfolg des Teams beigetragen hat. Andere Wettkämpfe im Saisonverlauf wurden nach Bedarf einbezogen. So haben wir es auch in 2016 gehandhabt. In diesem Sinne besaßen natürlich bereits die Qualifikationsphase für die Paralympics und die entsprechenden Wettkämpfe eine beträchtliche Bedeutung. So gab es auch bei der Europameisterschaft 2016 in Funchal (Portugal) eine sportpsychologische Wettkampfbetreuung, die zur Bilanz der Mannschaft (achtzehn Teilnehmerinnen und -teilnehmer) beitrug. Diese bestand in zwei Gold-, sieben Silber- und sieben Bronzemedaillen sowie siebzehn persönlichen Bestleistungen.

Abb. 1: Sportpsychologie im Wettkampf-Team

Dreizehn deutsche Schwimmerinnen und -schwimmer schafften schließlich die Qualifikation für die Paralympics, zwölf konnten antreten, und drei kehrten mit Edelmetall nach Hause zurück.

Obwohl die endgültige Nominierung der Sportpsychologin erst kurz vor Abflug feststand, startete der Betreuungsprozess nahtlos, weil wir bis dahin sowohl auf eine „Fern"- als auch auf eine Vor-Ort-Betreuung vorbereitet waren. Beide Varianten haben wir über die gesamte Saison als Optionen mitgedacht – dies zahlte sich jetzt genauso aus wie gewünscht.

Alle Abläufe, Aufgaben und Abstimmungen waren bewährt und ausgeklügelt – auch an dieser Stelle muss noch einmal bemerkt werden, dass dies ohne die Förderung durch das BISp und etliche Europa- und Weltmeisterschaften mit sportpsychologischer Betreuung nicht der Fall gewesen wäre.

Zusammenfassung sportpsychologischer Maßnahmen während der Paralympics:

- Zielmanagement
- Vorbeugung Jetlag
- Steuerung Akklimatisierung
- Vorbeugung Erkrankungen
- Psychoregulation
- Regeneration
- Aktivierung
- Coaching in sozialen Fragen – Lebenspartnerinnen und -partner, Trauer, Karriere...
- Feedback
- Debriefing
- (Mit-)Verantwortung für optimistische und positive Team-Stimmung

Abb. 2: Die Nationalmannschaft Schwimmen des DBS in Rio

- Einfluss auf Stressverarbeitung im Team und bei Einzelakteuren
- Aufzeigen von Wahrnehmungs- und Deutungsmöglichkeiten von kritischen Situationen und Aufzeigen von zielführenden Reaktionen
- Coaching der Unterstützungen der Sportlerinnen und Sportler untereinander
- Kooperation Trainerinnen und Trainer
- Coach-the-Coach
- Ansprechpartnerin für ‚Dritte' – Eltern ...
- Team-Entwicklung
- Zusammenarbeit mit Aktivensprechern
- Sportpsychologische Zusammenarbeit mit der medizinischen Abteilung
- Coach-the-staff – Herstellung und Erhaltung der Arbeitsfähigkeit.

Außerdem

- Hilfe im Training
- Hilfe für Anzüge, Wege, Mahlzeiten, Körperpflege, Besorgungen
- Aufsicht (Startklasse 14).

Unsere Athletinnen und -athleten schwammen 24mal im Finale, holten dort zwei Silber- und eine Bronzemedaille sowie drei vierte und fünf fünfte Plätze. Sie erzielten dabei einen Europarekord, vier deutsche Rekorde und neun persönliche Bestzeiten.

In der Gesamtsicht auf die Starterfelder und die Konkurrenz stellt dies ein achtbares Ergebnis dar, aber nicht alle Medaillenträume wurden wahr, und auch sportpsychologisch haben wir Reserven festgehalten und uns dementsprechend für die Zukunft präpariert.

Ein weiterer Ertrag des Projekts bestand dar, sportpsychologische Arbeit in einem Spitzenverband zu reflektieren und konzeptionell zu optimieren. Dafür hatten wir in der besagten Saison sehr gute Voraussetzungen, da unsere Erfahrungen durch das Münsteraner Serviceforschungsprojekt „Rahmenkonzeption und fachliche Weiterentwicklung der Sportpsychologie im Sport für Menschen mit Behinderungen" der Westfälischen Wilhelms-Universität umfassend nachgefragt wurden. Die betreuende Sportpsychologin konnte in einem Experteninterview über die Projektpraxis bei der Nationalmannschaft Schwimmen Auskunft geben und war an einer Expertenrunde zu sportpsychologischen Aktivitäten im DBS beteiligt. Das alles gibt Hoffnung, auch im paralympischen Bereich Sportpsychologie sinnvoll zu etablieren, denn im Münsteraner Projektzusammenhang soll auch ein sportpsychologisches Verbandskonzept für den DBS erstellt werden.

Wie geplant haben wir auch weiter in die paralympische Traineraus- und -weiterbildung investiert. Im Rahmen einer Zusammenkunft der Bundestrainerinnen und -trainer des DBS berichteten mehrere Sportpsychologinnen und Sportpsychologen über Erfahrungen in ihrer Sportart, und im Austausch wird immer klarer, wo Schwerpunkte für die Traineraus- bzw. -fortbildung liegen sollten und wie diese die Spezifika des paralympischen Bereiches aufgreifen.

Sportpsychologische Expertinnen und Experten werden sich dabei besonders in der Verantwortung sehen bei folgenden Themen:

- Klassifizierungsprozess
- Kommunikation mit Sehbehinderten und Gehörlosen
- Heterogenität von Gruppen
- „Chancengleichheit" im paralympischen Spitzensport
- Biografie und Behinderung
- Elternarbeit
- Sportpsychologische Diagnostik.

Die Einbindung sportpsychologischer Themen und insbesondere der paralympischen Besonderheiten in die Traineraus- und -fortbildung stellt ein lohnenswertes Ziel dar, denn die Coaches werden davon als pädagogisch-professio-

nelle Akteure profitieren und ihren hohen Stellenwert als Multiplikatoren besser ausspielen können. Nunmehr ist auszuloten, auf welche Weise sich solche Angebote im Feld platzieren lassen.

4 Fazit und Ausblick

Paralympische bzw. olympische Spiele sind stets die größte Herausforderung für viele Akteure des Spitzensports. Dementsprechend anspruchsvoll waren die Vorbereitung und der Wettkampf selbst.

Nachdem bereits der neue paralympische Zyklus begonnen hat, haben wir wiederum ein Mehr an Erfahrung einzubringen. Die Paralympics sind ausgewertet und reflektiert. Die Schlussfolgerungen müssen jetzt zurück in die Praxis.

Unter welchen Rahmenbedingungen, ist dabei die spannende Frage. Das Münsteraner Projekt spricht uns mit seinen Ergebnissen aus dem Herzen: Der Ruf nach Sportpsychologie als Mittel der Leistungsoptimierung ist da. Trainerinnen und Athletinnen mit Vorerfahrung aus eigener Betreuung schätzen die Notwendigkeit noch höher ein, als Akteure ohne Vorerfahrung (Staufenbiel, Kiefer et al., 2017). Jetzt muss es gelingen, die Sportpsychologie strukturell und finanziell auch im deutschen paralympischen Sport zu verankern. Wenn „unsere“ Nationalmannschaft Schwimmen des DBS und auch andere Abteilungen von den bisherigen Erfahrungen profitieren sollen, braucht es diese institutionelle Absicherung.

5 Literatur

Kellmann, M. & Beckmann, J. (2003). Research and intervention in sport psychology: New perspektives on an inherent conflict. *International journal of sport and exercise psychology, 1*, 13-26.

Staufenbiel, K., Kiefer, M. et al. (2017). *Rahmenkonzeption und fachliche Weiterentwicklung der Sportpsychologie im Sport für Menschen mit Behinderungen*. Expertenrunde, 17.3.2017. Münster, Westfälische Wilhelms-Universität.

Sportpsychologische Betreuung der Nationalmannschaft Behindertensport Boccia sowie Coaching des Bundestrainers innerhalb der Saison 2016

(AZ 071607/16)

Karin Kerschensteiner-Steurenthaler & Ralf Brand (Projektleitung)
Universität Potsdam, Professur für Sportpsychologie

1 Die sportpsychologische Betreuung im Saisonüberblick

Die sportpsychologische Betreuung in der Saison 2016 erfolgte in drei Phasen. Die erste Phase umfasste den Zeitraum bis März 2016, in der schwerpunktmäßig die sportpsychologischen Inhalte aus der Betreuungssaison 2015 wiederholt und vertieft wurden. Es wurden individuelle Anpassungen vorgenommen, sodass im weiteren Verlauf auf diese Basis aufgebaut werden konnte. Die zweite Phase folgte im Mai 2016, in der der Schwerpunkt auf der Wettkampfbegleitung der der BC4 Spieler beim internationalen Wettkampf in Saarbrücken lag und auf einer weiteren zentralen Lehrgangsmaßnahme der ganzen Nationalmannschaft. Inhaltlich lag in der Lehrgangsmaßnahme der Fokus auf der Etablierung eines Verfahrens zum Gedankenmanagement der Spieler im Wettkampf sowie eines Verfahrens zum Umgang mit schwierigen Situationen im Wettkampf. Auch die Arbeit im Bereich „Coach the Coach“ konnte vor Ort mit dem Trainer durchgeführt werden. Die dritte Phase erfolgte im September 2016, in der intensiv mit der ganzen Nationalmannschaft gearbeitet wurde. Hier wurden klassische Inhalte der Sportpsychologie wie Regulationstechniken und „Wettkampf-Refresher“ eingeführt. Mit den Spielern wurde im Einzelcoaching an individuellen Themen gearbeitet. Parallel zu allen Phasen wurde die Kommunikation zwischen Trainer und Athleten analysiert und systematisch optimiert. Gemeinsam mit dem Teammanager, dem Aktivensprecher, dem Cheftrainer und der Sportpsychologin wurde ein Organigramm erstellt.

2 Auftakt und Grundlegungen im Rahmen der ersten Betreuungsmaßnahme

Im Rahmen von Auftaktveranstaltungen für die Sportlerinnen und Sportler sowie Trainerinnen und Trainer wurden Ausblicke zu den geplanten sportpsychologischen Betreuungsleistungen im Saisonverlauf gegeben und individuelle Abfragen über je zentrale, individuelle Leistungsziele begonnen. Begleitend wurde die Struktur des Kommunikationsskripts für BC1- und BC2-Spieler sowie das erste Set an Handzeichen wiederholt. Bei den BC3-Spielern stand neben Fragen zum „Notfallmanagement“ individuelles Einzelcoaching auf der Tagesordnung. Bei den BC4-Spielern wurde im Hinblick auf die unmittelbar bevorstehende WM das vorhandene Wissen gefestigt, so dass dieses als stabile Grundlage zur WM mitgenommen werden konnte. Fokus lag auf den Themen Wettkampfroutine und Entspannungsmöglichkeiten. Gemeinsam mit dem Cheftrainer wurde „die optimale Woche VOR dem Wettkampf“ erarbeitet, weil die Athleten aller Erfahrung nach eine Tendenz zeigten, unmittelbar vor dem Wettkampf zu viel zu trainieren und den Aspekt der Erholung und Regeneration unterschätzen. Begleitend zum Auftaktlehrgang fand eine vertiefende Abstimmung mit dem Bundestrainer im Rahmen einer Coach the Coach-Maßnahmen statt. Hierbei standen vornehmlich Themen des Selbstmanagements, sowie der Motivationsansprache im Vordergrund.

3 Wettkampfbegleitung und Betreuung Lehrgangsmaßnahme 2

Die Wettkampfbegleitung fand im Rahmen des Internationalen Wettkampfes für BC4 Spieler in Saarbrücken statt. Vor dem Turnier lag der Fokus auf einer optimalen Routine und den Stärken der jeweiligen Spieler. Die mentalen Strategien aus den Lehrgängen wurden nochmals wiederholt und supervidiert angewendet. Eine weitere Herausforderung bestand darin, dass sich die Athleten sowohl im Einzel als Gegner, als auch teamweise im Pair auf dem Turnier beweisen mussten: Während es z. B. bei dem einem Athleten technische Probleme mit dem Rollstuhl gab und Schwierigkeiten in den Einzelwettkämpfen entstanden, lief es beim anderen Athleten sportlich reibungslos. Dieses „emotionale" Ungleichgewicht zwischen den beiden galt es auszugleichen, damit sie als Pair gut agieren konnten. Im Einzelgespräch wurden Emotionsregulationsstrategien wiederholt und angewendet, sowie der Fokus auf das gemeinsame Ziel und die Chance, als Pair ein besseres Ergebnis zu erzielen, gerichtet. Ebenfalls wurde nach den jeweiligen Spielen den Athleten die Möglichkeit gegeben, den Spielablauf zu besprechen und sich trotz des einen oder anderen Rückschlages auf das nächste Spiel zu konzentrieren.

Die sportpsychologischen Inhalte der zweiten Lehrgangsmaßnahme wurden an Basisstrategien orientiert, von denen alle Athleten in den verschiedenen Spielerkategorien profitieren könnten. Hierzu wurden grundlegende Vorstellungen über die Entstehung von Emotionen entwickelt und welche Emotionen es gibt. Ebenfalls wurde erklärt, wie Emotionen und unsere Handlungen zusammenhängen. Insbesondere wurde das **ABC-Modell** nach Ellis eingeführt. Schwierige Momente im Wettkampfsport können demnach unterschiedlich Gestalt annehmen: Was für den einen „schlimm" ist, mag für den anderen „kein Problem" sein. Durch das ABC-Modell gelang es, dass jeder Spieler zusammen mit seinem Assistenten seine schwierigen Situationen genauer betrachten konnte (Abb. 1). Ziel war es, hilfreiche Gedanken zu finden, die bei jedem Warm-Up wiederholt werden und auch in den Trainingsablauf integriert werden, damit sie im Wettkampf abgerufen werden können.

4 Betreuung der Zentralen Lehrgangsmaßnahme 3

Die dritte Lehrgangsmaßnahme fand am Ende der Saison statt, unmittelbar vor den deutschen Meisterschaften. Hier lag der Fokus auf zwei Themenbereichen: Zum einen galt es, im Sinne eines „Wettkampf-Refreshers" die bereits erarbeiteten Strategien wie Wettkampfroutine, Call-Room, Gedankenmanagement, Psychoregulation und Regeneration vor und nach dem Wettkampf zu wiederholen und zu festigen. Dies wurde in der Gruppe mit allen Nationalmannschaftsmitgliedern zunächst grundlegend erarbeitet und dann individuell modifiziert, ergänzt und angepasst. Zum besseren Transfer von Theorie zu Praxis wurde eine Wettkampfsimulation durchgeführt (d. h. Call-Room-Zeit, Warm-Up-Zeit, Einspielen und Spielen gegen Gegner mit Zeitmessung). Außerdem wurde das sportpsychologische Angebot des Einzelcoachings von den Athleten sehr intensiv genutzt, so dass eine Vielzahl individueller Themen bearbeitet werden konnten. Zum Abschluss des letzten Lehrganges wurde die Imaginationsübung „Reise zu deinen Stärken" als Möglichkeit zur Ressourcenaktivierung für bevorstehende Wettkämpfe angeboten. Diese Übung wurde von den Athleten sehr gut angenommen.

Der andere Fokus, sich organisatorisch besser aufzustellen, wurde von Aktivensprecher, Teammanager und Bundestrainer eingebracht. Infolgedessen wurde gemeinsam mit allen Teilnehmenden ein Organigramm über die jeweiligen Verantwortungsbereiche erstellt, und es wurde überprüft, dass die Rollenaufteilung und Aufgabenverteilung auch von allen so anerkannt würden. Beispielsweise bestanden bis dahin immer wieder Schwachpunkte in der Absprache, die zu Unstimmigkeiten zwischen Athleten geführt hatten (z. B. „Warum wird für den einen Sportler ein Flug gebucht und warum muss ich meinen selbst buchen?"). Mittels des Organigramms konnten Zuständigkeiten und Ansprechpartner auch für das ganze Team klarer dargestellt werden. In der Folge diente dies nicht zuletzt auch

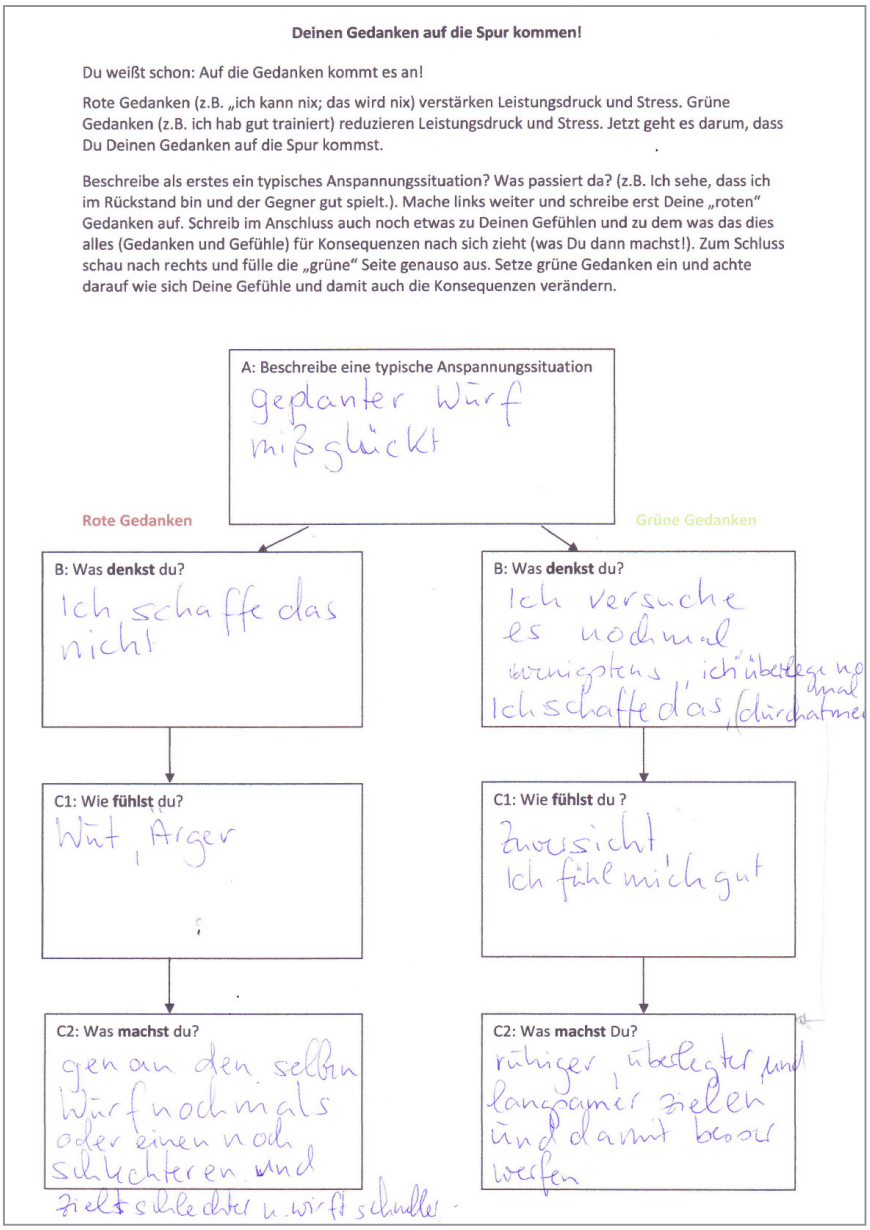


Abb. 1: Arbeiten mit dem ABC-Modell

der spezifischen Entlastung des Bundestrainers von einigen organisatorischen Belangen, da sich dieser bis dahin fast alleine um organisatorisch anliegende Dinge gekümmert hatte.

5 Coach-the-Coach Maßnahmen

Nahezu alle mit den Trainern durchgeführten Maßnahmen galten der Nachbereitung der während der Lehrgangsmaßnahmen an die Spieler vermittelten Inhalte. Außerdem wurden Konsequenzen für das Trainerverhalten erarbeitet, die sich aus der Wettkampfbegleitung ergeben hatten.

6 Fazit und Ausblick

Die Erkenntnisse aus diesem Betreuungsprojekt validieren praktische Erfahrungen aus abgeschlossenen bzw. noch laufenden Forschungs- und Betreuungsprojekten im Behindertensport, etwa aus den Sportarten Rollstuhlcurling und Schwimmen. Ein wesentliches Hemmnis, nachhaltige Ergebnisse einer sportpsychologischen Begleitung zu erreichen, stellen die derzeit in

der Mannschaft noch typisch dezentralen Trainingsstrukturen dar. Der Kontakt zur Sportpsychologie musste deshalb auf die zentralen Lehrgangsmaßnahmen sowie die Wettkampfbegleitung beschränkt bleiben. Jedoch wäre eine kontinuierlichere Betreuung der Athleten notwendig, wenn es Ziel wäre, die Athleten beispielsweise zu größerer Selbstständigkeit im Trainingsprozess anzuleiten. Ähnlich wie in Betreuungsprojekten zum paralympischen Schwimmen stellte sich heraus, dass Motivation und Motivationsförderung zentrale Themenbereiche bilden. Mit Blick auf Fortentwicklungen im Bereich der Mannschaftswettkämpfe wären in weiterführenden Projekten Maßnahmen zur Teamentwicklung zu integrieren.

Die Begleitung von DBS-Athleten in der Sportart Boccia stellt an die Sportpsychologie besondere Anforderungen, die sich aus den verschiedenartigen Schweregraden der Behinderungen der Spieler ergeben. Standardisierte Vorgehensweisen über die Klassifizierungsebenen hinweg, zum Beispiel wenn grundlegende Basisfertigkeiten (z. B. zur Aktivierungsregulation) vermittelt werden sollen, erscheinen kaum möglich, weil über die verschiedenen Klassifizierungsebenen hinweg keine einheitlichen Kommunikations- und Verständigungsmöglichkeiten existieren.

Mit Blick auf mögliche Forschung ergeben sich aus diesem Projekt verschiedene Impulse zur Entwicklung sportpsychologischer Anforderungsprofile im Behindertenleistungssport. Beispielsweise ergeben sich diese aus den erarbeiteten Schlüsselkompetenzen für Trainer und Sportler, die etwa in der Entwicklung spezifischer Kommunikationsfähigkeiten liegen.

Die sportpsychologische Betreuung in den Jahren 2015 und 2016 erschuf eine tragfähige Basis zur Fortführung und Weiterentwicklung von Zusammenarbeit mit Blick auf die Paralympics 2020. Aus unserer Sicht konnten in diesem Projekt wichtige Zwischenschritte bereits erreicht werden: Die handelnden Sportpsychologen wurden in ihrer Rolle als Begleiter der Boccia Nationalmannschaft von Trainer, Co-Trainer und Athleten akzeptiert und wertgeschätzt. Auf individueller Ebene wurde erreicht, dass sich Spieler auf die Bearbeitung sportpsychologischer Themen erstmalig einließen und sich in diesen übten. Schließlich erwies sich die Einzelarbeit mit den Trainern als überaus wertvoll, insbesondere weil dies als positiver Beitrag zur Weiterentwicklung kommunikativer Prozesse wahrgenommen wurde und sich dies – nicht zuletzt – auch in der Strukturlegung für die Trainings- und Wettkampforganisation in 2016 deutlich niederschlug.

Sportpsychologische Eingangsdiagnostik und Betreuung der Herren-Nationalmannschaft Rollstuhlbasketball

(AZ 071609/16)

Dafni Bouzikou & Ralf Brand (Projektleitung)
Universität Potsdam, Professur für Sportpsychologie

1 Hintergrund

Die Nationalmannschaft der Rollstuhlbasketball Herren des Bundestrainers Nicolai Zeltinger gewann im Jahr 2015 die Bronzemedaille bei der Europameisterschaft in England und qualifizierte sich für die Paralympischen Spiele in Rio de Janeiro 2016. Nach Angaben des Trainerteams und des Kapitäns der Mannschaft war die sportpsychologische Betreuung, die die Mannschaft im Jahr 2015 erstmals in Anspruch genommen hatte, eine große Unterstützung und trug zum Erfolg bei. Die Förderung des Transferprojektes durch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft ermöglichte die Weiterführung der sportpsychologischen Begleitung und Betreuung der Mannschaft im Jahr 2016.

2 Verlauf, Methode und Ergebnisse

Die sportpsychologische Begleitung fand im Rahmen von Lehrgängen und Vorbereitungsspielen statt; es wurden sowohl themenbezogene Workshops mit Athleten, Trainer- und Betreuungsteam als auch Einzelmeetings und Kleingruppetreffen in je spezifischen Zusammensetzungen angeboten.

Alle Lehrgangsmaßnahmen dienten zur Vorbereitung der erwartet außergewöhnlichen Anforderungen der Paralympischen Spiele in Rio de Janeiro im September 2016. Neben dem körperlichen harten Training während der Lehrgänge, bestand die besondere Herausforderung darin, die volle Aufmerksamkeit auch mental auf diese Herausforderung zu lenken. Dazu gehörte es, eine klare Zielsetzung im Team auszuhandeln, ein gesundes und angstfreies Arbeitsklima zu schaffen sowie die Rollen und Aufgaben für alle im Team transparent zu machen und auszufüllen.

Basierend auf einer sportpsychologischen Eingangsdiagnostik (u. a. MAKO-02, Fragebogen zur Mannschaftskohäsion, Lau & Stoll 2002; VKS, Volitionale Komponenten im Sport, Fragebogen zu Fertigkeiten und Defiziten in der Selbstregulation, Wenhold, Elbe & Beckmann, 2009) und darauffolgenden Einzelgesprächen mit den Athleten wurden gemeinsam individualisierte Interventionsansätze vereinbart. Bei den Einzelgesprächen kristallisierten sich jedoch immer wieder zwei Themen heraus. Ein Thema war die Diskrepanz zwischen der Leistungserbringung im Training und im Wettkampf. Dementsprechend wurde versucht, den Spielern Bewältigungsstrategien aufzuzeigen, um sie zu befähigen, adäquat mit Wettkampfstress umzugehen. Außerdem wurden individuelle Selbstwirksamkeitsüberzeugung und Kompetenzerwartung durch Übungen zur Selbstgesprächsregulation gestärkt. Das zweite immer wiederkehrende Thema waren notwendige Abgleiche zwischen Selbstwahrnehmung (der Athleten) und Fremdwahrnehmung (durch die Trainer) in Bezug auf Fähigkeiten und Fertigkeiten der Athleten. Erst als diese sich realistischer einzuschätzen gelernt und sie diese Einschätzung auch mit dem Trainer abgeglichen hatten, schienen sie die im Training erbrachten Leistungen auch in den Vorbereitungsspielen konstanter abrufen zu können. Auch dieser Prozess erforderte eine aktive Auseinandersetzung mit dem Cheftrainer, weil sich bis dahin noch viele Athleten scheuten, den Cheftrainer zu solchen Abgleichen aufzufor-

dern, obwohl sie dieser immer wieder schon dazu ermutigt hatte.

Des Weiteren wurden Teamsupervisionen mit dem interdisziplinären Betreuerteam (Cheftrainer, Co-Trainer, Physiotherapeutinnen, Mannschaftsarzt, Teammanager, Athletiktrainer) angeboten. In diesem Setting wurden – ausgehend von den konkreten Situationen, in der Arbeit mit den Athleten – Stärken und verdeckte Potenziale visualisiert, latente oder akute Konflikte bearbeitet sowie individuelle Rollen, Aufgaben und Funktionen definiert.

Schließlich wurden bei fast allen Lehrgängen Maßnahmen zur Teamentwicklung mit der Mannschaft und dem interdisziplinären Betreuerteam angeboten. Hier ging es im Schwerpunkt um das Aushandeln von Teamregeln, Normen und Werten, die Reflexion von Teamdynamiken und um das gemeinsame Erarbeiten von Prozess-und Ergebniszielen (Abb. 1)

Schließlich fand eine Woche vor Abflug der Mannschaft nach Rio de Janeiro ein zweitägiger Abschlussworkshop statt. Mit viel Vorfreude, Hoffnung und großer Zuversicht erwarteten die Spieler, der Cheftrainer und sein Betreuerteam die Paralympischen Spiele. Die Nationalmannschaft der Rollstuhlbasketballer belegte bei den Paralympischen Spielen in Rio de Janeiro 2016 den achten Platz. Nach einer knappen Niederlage gegen Spanien schied sie im Viertelfinale aus.

3 Ausblick und Fazit

Die sportpsychologische Expertin begleitete die Nationalmannschaft der Rollstuhlbasketballer über zwei Jahre. Die Zusammenarbeit harmonierte deshalb so gut, weil sich der Bundestrainer als Führungskraft gegenüber Neuem stets sehr offen zeigte, er seine Arbeit als Trainer stets zu

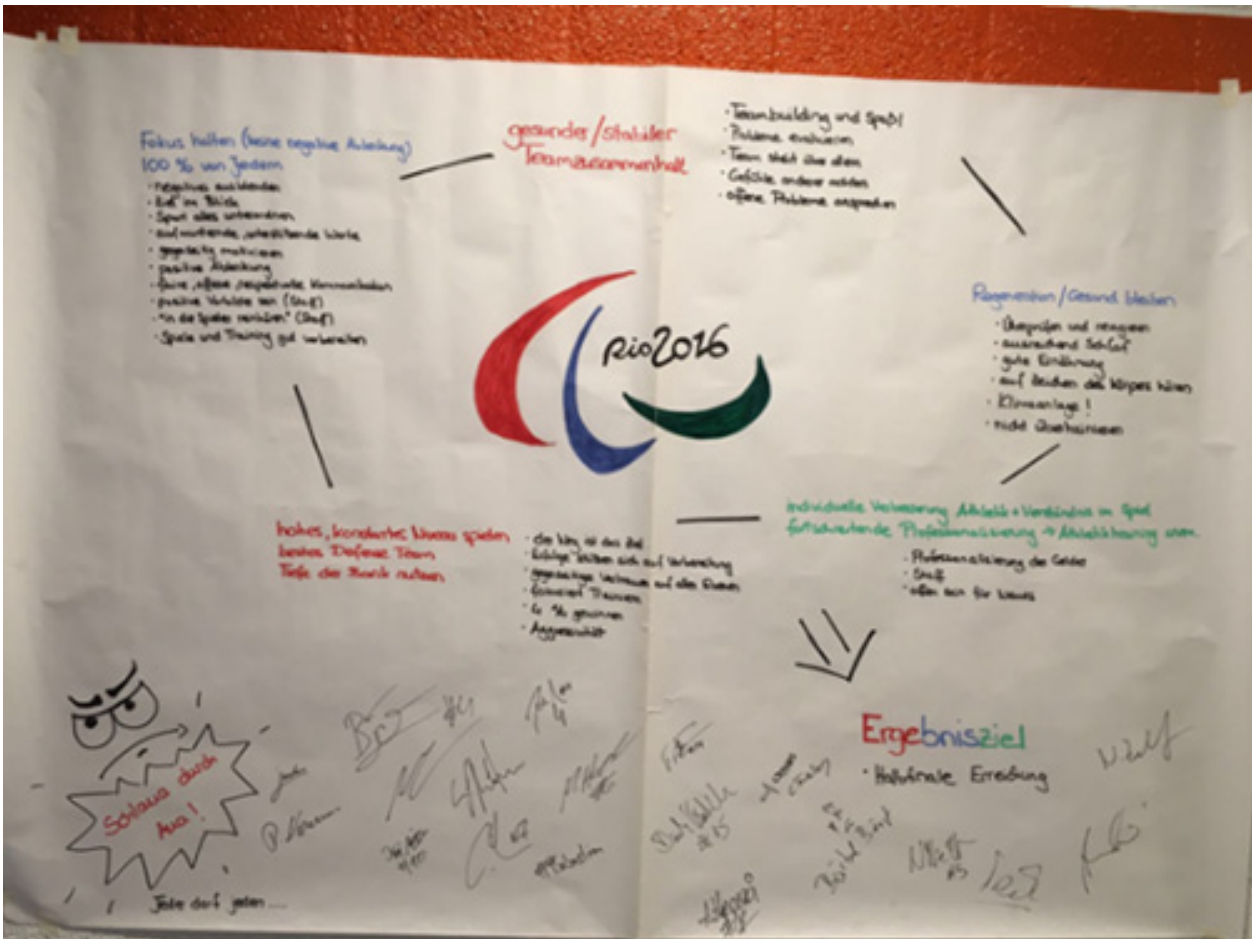


Abb. 1: Prozess- und Ergebnisziele 2016

reflektieren und konstruktiv kritisch zu hinterfragen schien. Seine vertrauensvolle und positive Haltung gegenüber dem sportpsychologischen Projekt konnte sogar die Teammitglieder, die dem Thema Sportpsychologie anfangs sehr skeptisch gegenüberstanden, teilweise überzeugen. Bewährt hat sich, das sportpsychologische Angebot regulär, fest in den Vorbereitungsbetrieb der Mannschaft einzubauen. Die so organisierte kontinuierliche Begleitung – die sowieso schon aus dem Vorjahr etabliert war – gab allen Beteiligten gleichermaßen die Chance, davon zu profitieren. Zur Erreichung langfristiger Ziele wäre es sinnvoll und notwendig, dass der Verband auch eigene Geldmittel für die sportpsychologische Begleitung der Nationalmannschaft bereitstellt. Nach aktuellem Stand der Dinge steht genau dieses im Jahr 2017 zu erwarten.

4 Literatur

Lau, A. & Stoll, O. (2002). Validität und Reliabilität des Fragebogens zur Mannschaftskohäsion von Sportspielmannschaften (MAKO-02). In S. Schulz (Hrsg.), *Bericht über den 43. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie in Berlin* (S. 374). Lengerich: Papst Science Publishers.

Wenhold, F., Elbe, A.-M. & Beckmann, J. (2009). Testgütekriterien des Fragebogens VKS zur Erfassung volitionaler Komponenten im Sport. *Zeitschrift für Sportpsychologie, 16* (3), 91-103.

Sportpsychologische Eingangsdiagnostik und Betreuung der Nationalmannschaft Behindertensport – Sportschützen

(AZ 071611/16)
Dafni Bouzikou & Ralf Brand (Projektleitung)
Universität Potsdam, Professur für Sportpsychologie

1 Hintergrund

Hinter der Mannschaft von Bundestrainer Rudi Krenn liegt ein ereignisreiches Jahr 2016. Seine Schützinnen und Schützen starteten zu Beginn des paralympischen Jahres mit großen Erfolgen bei den IPC Weltcups in Al Ain, Bangkok und Stettin. Mit einigen Gold-, Silber- und Bronzemedaillen sowie Top-Platzierungen konnten sie die Wettkämpfe als gute Vorbereitung für die nationalen Qualifikationswettkämpfe und für die Paralympischen Spiele in Rio de Janeiro nutzen.

Die Nationalmannschaft erkämpfte sich bereits im Jahr 2015 in den IPC Weltcups in Kroatien, Australien und USA fünf Quotenplätze in vier Disziplinen (R1, R3, R6, R8). Die Quotenplätze für Deutschland sicherten Natascha Hiltrop, Elke Seeliger, Bernhard Fendt, Norbert Gau und Josef Neumaier. Da diese nicht personengebunden waren, wurden sie im paralympischen Jahr auf nationaler Ebene durch Qualifikationswettkämpfe entschieden. Nach den Qualifikationswettkämpfen legte der Cheftrainer anhand von bekannten Auswahlkriterien dem DBS-Vorstand Leistungssport die Nominierungsvorschläge vor, bevor er abschließend die Athletinnen und Athleten für die Paralympics in Rio de Janeiro 2016 nominierte. Zu den Nominierten gehörten alle oben genannten Athletinnen und Athleten sowie außerdem Manuela Schmermund.

Durch die Unterstützung des Bundesinstituts für Sportwissenschaften wurde eine sportpsychologische Betreuung des Teams nun schon zum zweiten Mal ermöglicht. Im Vordergrund der Arbeit im Jahr 2016 stand die Einzelbetreuung der Sportschützinnen und Sportschützen, die Vorbereitung und die Begleitung bei den nationalen Qualifikationswettkämpfen, die Entwicklung einer gut funktionierenden Gruppe nach den Qualifikationswettkämpfen sowie die Unterstützung des Trainer- und Betreuerteams in der Vorbereitung für die Paralympics in Rio de Janeiro 2016.

Abb. 1: Die Deutsche Nationalmannschaft Behindertensport – Sportschützen bei den Paralympics in Rio

2 Verlauf, Methode und Ergebnisse

Die gute Zusammenarbeit vom Jahr 2015 mit der sportpsychologischen Expertin und der Nationalmannschaft konnte in 2016 nahtlos weitergeführt werden. Man konnte bereits an die vertrauensvolle Arbeitsbeziehung zu den Athletinnen und Athleten sowie dem Trainer- und Betreuerteam anknüpfen. Die sportpsychologische Betreuung erfolgt im Rahmen der Lehrgänge und bei den Qualifikationswettkämpen. Die Betreuung fand sowohl in Form von themenbezogenen Workshops mit allen Athletinnen und Athleten und dem Trainer- und Betreuerteam als auch in Unterrichtseinheiten und Einzelsitzungen statt. Folgende Aufgabeschwerpunkte wurden bearbeitet:

Individuelle Betreuung. Die meisten Athletinnen und Athleten blieben dem Nationalkader vom letzten Jahr erhalten. Es galt, die im letzten Jahr erarbeiteten sportpsychologischen Fertigkeiten und Fähigkeiten zu überprüfen und neue Impulse bei Bedarf zu setzen. Die nationalen Qualifikationswettkämpfe erzeugten einen großen Wettkampfdruck bei den Sportschützinnen und Sportschützen. Die ständige Selbstbeobachtung, Selbstanalyse, Selbstkontrolle und die anschließende Reflektion in den Einzelsitzungen mit der sportpsychologischen Expertin erlaubten den Athletinnen und Athleten, ihre Leistung auf hohem Niveau abzurufen. Die Vertiefung des Psychoregulationstrainings, die weitere Stabilisierung der Stresskontroll- und Konzentrationstechniken, die Misserfolgsverarbeitung und der Umgang mit Konkurrenz und Kooperation innerhalb der Trainingsgruppe waren Themen, die in dieser Phase in den Einzelsitzungen aufkamen.

Nach den Qualifikationswettkämpfen war die Vorfreude bei den nominierten Athletinnen und Athleten auf die Paralympics in Rio de Janeiro sehr groß. In dieser Phase galt es, in enger Abstimmung mit dem Cheftrainer, die Trainingssteuerung so zu gestalten, dass die Athletinnen und Athleten eine gute Balance zwischen Training und Regeneration hatten, damit sie zu den Paralympischen Spielen in Topform waren. Das erfolgte in enger Abstimmung mit dem Cheftrainer und den Athletinnen und Athleten.

Begleitung des Gruppenprozesses. Sportschießen ist zwar eine Individualsportart, jedoch trainieren die Sportschützinnen und Sportschützen in einer Trainingsgruppe zusammen. Die Gruppendynamik wirkt sich stark auf die Leistungen der einzelnen Athletinnen und Athleten aus. Deshalb war es wichtig, ein freundliches und vertrauensvolles Gruppenklima zu erzeugen, in dem sich alle verstanden, gesehen und respektiert fühlten.

Die Gruppenmaßnahmen fanden erst statt, nachdem feststand, wer für die Paralympischen Spiele nominiert wurde. In den ersten Workshops hatten alle Athletinnen und Athleten sowie der Trainer- und Betreuerstab erst einmal die Gelegenheit, im geschützten Rahmen mit der sportpsychologischen Expertin über ihre Erfahrungen, Gefühle und etwaige Besorgnisse während der Qualifikationswettkämpfe in der Gruppe zu sprechen. Auch wurde das Thema Konkurrenz und Kooperation offen angesprochen. In weiteren Workshops wurden dann gemeinsame Ziele, Visionen, Werte und soziale Gruppenregeln erarbeitet. In der letzten Lehrgangsmaßnahme bekamen die Mitglieder der Nationalmannschaft eine Gruppenaufgabe, die sie gemeinsam lösen mussten. In der Reflexion sollten sie folgende Fragen berücksichtigen: Wie war die Gruppenzugehörigkeit? Wer hat was zum Erfolg beigetragen? War irgendjemand während der Aufgabenlösung nicht in der Gruppe integriert? Wer hatte Macht und Einfluss in der Gruppe? Wie nah und fern waren sich die einzelnen Gruppenmitglieder?

Einzelsitzungen mit dem Cheftrainer. Ein fester Bestandteil der sportpsychologischen Betreuung waren auch in diesem Projekt die Einzelgespräche mit Cheftrainer Rudi Krenn. Die sportpsychologische Expertin und der Cheftrainer konnten eine sehr vertrauensvolle Arbeitsbeziehung gestalten, die es ermöglichte, offen über Themen wie Führung, Kommunikation und den Umgang mit schwierigen Athletinnen und Athleten zu besprechen. Darüber hinaus waren eine hohe Bereitschaft und Fähigkeit des Cheftrainers zur ständigen Selbstreflexion gegeben, so dass das kontinuierliche Ausbalancieren von angemessener Nähe und Distanz in professionellen Beziehungen zu den Athletinnen und Athleten leicht möglich war.

Abb. 2: Eindrücke aus dem Workshop zur Teamentwicklungsmaßnahme

Sportpsychologische Teamsupervision mit dem Trainer- und Betreuerteam. Die Teamsupervision mit den Trainern und dem Betreuerteam hatte sich im Jahr 2015 bereits sehr bewährt. Im Mittelpunkt der Sitzungen waren die Athletinnen und Athleten mit den unterschiedlichen Problemstellungen und die eigene berufliche Praxis. Die Teamsupervision war in die drei Phasen ‚Fallsuche und Fallentscheidung', ‚Beratung' sowie ‚Integration und Evaluation' gegliedert.

In Phase 1 (Fallsuche und Fallentscheidung) wurde besonders Wert darauf gelegt, dass alle Gruppenmitglieder sich aktiv mit ihren Wünschen und Interessen beteiligten. Alle waren aufgefordert, sich intensiv mit ihrer beruflichen Praxis auseinander zusetzten und über die aktuelle Gruppensituation mit den Athletinnen und Athleten nachzudenken.

Phase 2 (Beratungsphase) begann damit, dass ein Teilnehmer den anderen zunächst einmal einen Fall vorstellte. Alle anderen hörten zu, beobachteten ihre eigenen Wahrnehmungen und Gefühle und versuchten, durch Empathie und Introspektion den Fall zu verstehen. Nach der Fallvorstellung wurden die Gruppemitglieder aufgefordert, ihre Gefühle und Gedanken, die bei der Schilderung des Falles entstanden waren, zu äußern. Hierbei handelte es sich nicht um positive Ratschläge oder Tipps auf fachlicher Ebene. Vielmehr galt es, ein Feedback zu geben, welche Gefühle, Gedanken, Assoziationen, Phantasien, Identifikationen bei der Schilderung des Falles bei jedem Einzelnen ausgelöst wurden. Durch die Assoziationen der Teilnehmenden wurde der Fall von vielen Seiten beleuchtet, und langsam entwickelte sich ein diagnostisches Netz von Wahrnehmungsfäden. Dadurch entstanden neue Sichtweisen zu dem Fall. Am Ende bestand für die ratsuchende Person noch einmal die Möglichkeit, ein persönliches Resümee zu ziehen und das Besprochene zu bewerten.

Phase 3 (Integration und Evaluation) war vor allem dadurch gekennzeichnet, dass alle Teilnehmenden reihum beschrieben, welche Inhalte im Workshop für sie besonders wichtig waren und wie sie den Bezug zur eigenen Praxis herstellen könnten. Die gemachten Erfahrungen wurden gemeinsam reflektiert und zusammengefasst.

3 Ausblick und Fazit

Damit ein sportpsychologisches Betreuungsprojekt erfolgreich sein kann, braucht es einen Cheftrainer wie Rudi Krenn, der bereit war, für den Zeitraum des Betreuungsprozesses den Blick von außen und das kritische Hinterfragen seines beruflichen Handels zuzulassen. Durch seine Offenheit für das Thema Sportpsychologie war er Vorbild für alle Mitglieder der Nationalmannschaft, die dem Projekt anfangs zum Teil kritisch gegenüberstanden.

Basierend auf den guten Erfahrungen und der reibungslosen Zusammenarbeit der letzten zwei Jahre wäre eine Weiterführung der sportpsychologischen Betreuung wünschenswert. Zur kontinuierlichen Weiterentwicklung und Professionalisierung der Sportart Sportschießen im DBS gehört die Integration einer Sportpsychologin zum Betreuerteam dazu. Um das zu gewährleisten, müssten die Verantwortlichen im DBS jedoch den geschaffenen Mehrwert der sportpsychologischen Betreuung anerkennen und finanzielle Mittel für die Nationalmannschaft zur Verfügung stellen.

Erstmalige sportpsychologische Betreuung der Nationalmannschaft im Paracycling des DBS in Vorbereitung auf Olympia in Rio de Janeiro 2016

(AZ 071612/16)

Markus Raab, Babett Lobinger (Projektleitung) Anja Steinbacher & Grit Moschke
Deutsche Sporthochschule Köln, Psychologisches Institut, Abt. Leistungspsychologie

1 Problem

Die Paracycling-Nationalmannschaft ist eines der erfolgreichsten Teams im Behinderten-Leistungssport. Bereits bei den Paralympics 2012 in London schnitt das Team außerordentlich erfolgreich ab. Zwei der damaligen Teilnehmer nehmen seit Jahren eine sportpsychologische Beratung zur Leistungsoptimierung bei einer der Projektdurchführenden in Anspruch, was vom Bundestrainer wohlwollend zur Kenntnis genommen wurde. Die Idee lag nahe, das sportpsychologische Angebot auf das gesamte Nationalteam auszuweiten, um im Jahr 2016 eine optimale Vorbereitung auf die Paralympics in Rio de Janeiro 2016 zu gewährleisten. Dabei sollten nicht nur die Athleten und Athletinnen im Vordergrund stehen, sondern auch das Betreuerteam. Weitere Ziele des Projekts waren, etablierte sportpsychologische Instrumente im paralympischen Kontext zu testen, Besonderheiten im Behinderten-Leistungssport herauszuarbeiten und die Netzwerkarbeit zu anderen Sportpsychologen und -psychologinnen im paralympischen Bereich zu intensivieren.

2 Methode

Die geplanten Maßnahmen waren zunächst für alle Kaderathletinnen und -athleten (N = 22) mit verschiedensten Klassifizierungen in den verschiedenen Disziplinen (Bahn, Straße) angelegt, bevor sich das Top Team im Laufe des Projekts geformt hat und nach Nominierung gezielt angesprochen wurde. Das Topteam bestand aus 13 Athletinnen und Athleten mit großen Unterschieden im Schweregrad des Handicaps. Neben den Aktiven sollte zusätzlich ein Augenmerk auf das Betreuerteam gelegt werden, da es enormen Anforderungen bei Großveranstaltungen ausgesetzt ist und einen wesentlichen Beitrag zum Erfolg einer gehandicapten Athletin/eines Athleten leistet.

Die Teilnahme an allen Maßnahmen war freiwillig. Zusätzlich standen die Sportpsychologinnen und Sportpsychologen jederzeit für Fragen und Anmerkungen per Mail und Telefon zur Verfügung.

Bevor die Online-Diagnostik per Mail angekündigt wurde, folgte eine Vorstellungsmail über das bewilligte Projekt und über Sportpsychologinnen mit ihrem Hintergrund und Erfahrungen.

Folgende Maßnahmen wurden umgesetzt:

1. Online-Diagnostik und Rückmeldung:

Die sportpsychologische Diagnostik erfolgte onlinebasiert mithilfe der Datenplattform LIMESURVEY. Alle Athletinnen und Athleten, die zu diesem Zeitpunkt einen A- oder B-Kaderstatus innehatten, erhielten eine Einladungsmail mit einem personalisierten Link und einer Aufforderung, an der Diagnostik teilzunehmen. Insgesamt sind acht Personen aus dem Topteam der Aufforderung gefolgt, aufgeführte Fragebögen zu beantworten:

(1) VKS (Volitionale Komponenten im Sport): Fragebogen zu Fertigkeiten und Defiziten in der Selbstregulation (Wenhold, Elbe & Beckmann, 2009)

(2) AMS-Sport (Achievement Motivation Scale-Sport): Fragebogen zur Leistungsmotivation (Elbe, Wenhold & Müller, 2005)

(3) WAI-T (Wettkampfangst-Inventar-Trait): Fragebogen zur Wettkampfängstlichkeit (Brand, Ehrlenspiel & Graf, 2009)

(4) SOQ (Sports Orientation Questionaire) – Fragebogen zu Leistungsorientierungen (Elbe, 2004)

(5) PCQ (Performance Classification Questionnaire) – Fragebogen zur Klassifizierung der sportpsychologischen Arbeit mit Athleten (Gardner & Moore, 2006).

Alle Antwortenden erhielten eine ausführliche schriftliche Rückmeldung über die Ergebnisse (Subskalen) mit einer detaillierten Erklärung und Einordnung der Ergebnisse.

Im Folgenden werden nur die aggregierten Ergebnisse der übergeordneten Subskalen dargestellt, um keine Rückschlüsse auf einzelne Athleten und Athletinnen ziehen zu können (Tab. 1).

Insgesamt lässt sich festhalten, dass sowohl die Ausprägungen der volitionalen Subskalen (VKS) als auch die hohen Ausprägungen in der Leistungsmotivation (AMS) und der Wettkampf- und Zielorientierung für eine relativ mental starke Befragungsgruppe mit einzelnen Ausnahmen stehen. Die Ergebnisse des WAITs deuten jedoch auch darauf hin, dass die Athleten und Athletinnen in Wettkampfsituationen durchaus mit körperlicher Aufregung und Selbstzweifeln sowie Ablenkung zu kämpfen haben.

2. Weltcup Ostende: Kennenlernen, Wettkampfbeobachtung

Vom 14.05.-22.05.05.2016 fand der Weltcup in Ostende (Belgien) statt. Dieser Wettkampf diente zum einen dem persönlichen Kennenlernen der Athletinnen und Athleten und des Betreuerteams, da im Vorfeld seit Beginn des Projektzeitraums keine anderen zentralen Maßnahmen stattfanden. Zum anderen erfolgten umfangreiche Wettkampfbeobachtungen.

Tab. 1: Aggregierte Darstellung der Ergebnisse.

	Subskalen	Mittelwert	Standardabweichung	Spanne	Minimale – maximale Punktzahl
VKS	Selbstoptimierung gesamt	66	7.82	51 - 76	0-87
	Selbstblockierung gesamt	7	2.27	2 - 24	0-27
	Aktivierungsmangel gesamt	3.25	3.01	0 - 10	0-39
	Fokusverlust gesamt	3.86	2.85	0 - 8	0-27
AMS	Hoffnung auf Erfolg	34.17	4.36	27 - 39	0-45
	Furcht vor Misserfolg	10.5	12.96	0 - 34	0-45
	Nettohoffnung	23.67	13.09	4 - 39	Hoffnung auf Erfolg – Furcht vor Misserfolg
WAIT	Somatische Angst	9.67	2.34	7 - 14	4-16
	Besorgnis	8.33	4.46	4 - 16	4-16
	Konzentrationsstörungen	6.33	2.73	4 - 11	4-16
SOQ	Wettkampforientierung	50.5	5.96	41 - 57	13-65
	Gewinnorientierung	20.83	5.34	11-26	6-30
	Zielorientierung	27.67	1.12	26-29	6-30

Abb.1: DBS Paracycling Team Germany (Foto: Ostende Worldcup 2016; Quelle: DBS – Paracycling)

3. Vier-Stufen-Programm zur Vorbereitung auf Rio

Nach dem Weltcup in Ostende gab es bis zum Höhentrainingslager in St. Moritz keinen weiteren Wettkampf oder Kaderlehrgang. Um einen weiteren Beitrag zur Wettkampfvorbereitung zu leisten, wurde in Anlehnung an das Konzept von Swiss Olympic (Wetzel, 2015) ein Vier-Stufenprogramm konzipiert. Über einen Zeitraum von 4 Wochen wurde einmal wöchentlich ein Fragenblock zur Unterstützung der Wettkampfvorbereitung via Mail versendet. Die Athletinnen und Athleten wurden aufgefordert, die Fragen für sich in Ruhe zu beantworten und bei Bedarf den Kontakt zu den Sportpsychologinnen zu suchen. Zusätzlich wurde in den Mails darauf hingewiesen, dass die Themen im Trainingslager in St. Moritz aufgenommen werden. Folgende Themen wurden in den Fragen aufgegriffen:

- Erholungsmanagement
- Unkontrollierbare Faktoren
- Wettkampfantizipation I
- Wettkampfantizipation II.

4. Höhentrainingslager St. Moritz (14.-21.08.2016)

Die unmittelbare Wettkampfvorbereitung des Topteams für die Paralympics fand im August 2016 in Form eines dreiwöchigen Höhentrainingslagers in St. Moritz (Schweiz) statt. In der zweiten Trainingswoche (14.-21.8.2016) waren die Sportpsychologinnen anwesend, um einen Beitrag zur optimalen Wettkampfvorbereitung zu leisten. Die Teilnahme erfolgte auf freiwilliger Basis. Folgende Angebote wurden angenommen:

- Coach the Coach
- Individuelle Beratungen der Athleten und Athletinnen
- Individuelle Beratungen des Betreuungsteams
- Entspannungstrainings (Gruppe, Einzeln): AT, PMR, Body Scan, Fantasiereise
- Gesprächsrunde (Umgang mit Nervosität vor Wettkämpfen)
- Sonstiges (Frage des Tages aus dem Fragenpool von Gaby Bußmann „Good feelings“).

Des Weiteren ergab sich eine Vielzahl an Gesprächen zu den Mahlzeiten, wo die Themen Olympia, Paralympics, Rio de Janeiro, Wettkampfvorbereitung, usw. aufkamen und in einer lockeren Atmosphäre besprochen oder diskutiert wurden.

5. Debriefing/Nachbesprechung/Evaluation

Im Anschluss an Rio fand ein telefonisches Debriefing statt. Dabei handelte es sich um eine prozessuale Nachbereitung von Wettkämpfen (Kellmann, 2004). Im Projekt wurde dabei der Schwerpunkt des Debriefings auf die Eigenanalyse und Selbstreflexion gelegt sowie über mögliche zukünftige Veränderungen und der Zielsetzung gesprochen. Ferner wurde um ein Feedback bezüglich des Projekts gebeten.

3 Ergebnisse

3.1 Paralympics

Mit insgesamt 8 Gold-, 3 Silber- und 4 Bronzemedaillen ist das Paracycling Team von den Paralympics aus Rio als zweitbeste Mannschaft nach den Leichtathleten erfolgreich zurückgekehrt. Im Vergleich zu den Paralympics 2012 in London konnte der Erfolg sogar gesteigert werden. Sowohl die Ziele des Bundestrainers als auch die Ziele vieler Athleten/Athletinnen wurden erreicht. Rückblickend auf die Zeit vor den Paralympics bleibt festzuhalten, dass die Vorbereitungen von allen Athleten und Athletinnen als optimal, professionell und zufriedenstellend bewertet wurden. Insgesamt haben die Paralympics bei den Athleten und Athletinnen einen bleibenden Eindruck hinterlassen und wurden mit den Attributen „gute und schöne Spiele", „super Erlebnis", „golden" oder „unvergessliche Momente" beschrieben.

3.2 Networking im Bereich der Sportpsychologie

Aufgrund der Heterogenität im Alter und des Handicaps der Athletinnen und Athleten wurde bereits zu Beginn des Projekts Kontakt zu anderen Sportpsychologen gesucht, um Informationen zu den Besonderheiten im Behindertensport zu erhalten. Ein gegenseitiger Austausch erfolgte während des gesamten Projektzeitraums und wurde als sehr bereichernd empfunden. Auch der Austausch zu den Kollegen und Kolleginnen, die während der Olympiade in Rio de Janeiro vor Ort waren und die Situation und Bedingungen real wiedergeben konnten, muss positiv erwähnt werden. Diese Informationen waren sowohl für das Betreuerteam als auch für die Athleten und Athletinnen sehr hilfreich und unterstützten die Wettkampfvorbereitung.

4 Diskussion und Fazit

Die Ergebnisse der Paralympics können als Erfolg gewertet werden. Inwiefern die Sportpsychologie dazu einen Beitrag geleistet hat, bleibt aufgrund der Nicht-Messbarkeit unklar. Auch wenn die Zusammenarbeit zwischen den Sportpsychologinnen und dem Paracycling-Team im Olympia-Jahr begann und lediglich aus zwei Kontaktzeiten bestand, ist ein „Pflänzchen" gesetzt worden, dass in den kommenden Jahren wachsen muss. Zum einen sollten die Möglichkeit zur sportpsychologischen Beratung und die Teilnahme an Gesprächsrunden/Workshops in kommenden Trainingslagern möglich sein, um sich besser kennenzulernen, aktuelle Themen im Team aufzugreifen und um sportpsychologische Trainingsformen kennenzulernen und auszuprobieren. Das ist insbesondere für Athletinnen und Athleten wichtig, die bisher keine Berührungspunkte mit der Sportpsychologie haben und/oder wo bisher keine/wenige Erfahrungen mit Großevents vorliegen. Talentierte Nachwuchsathletinnen und -athleten müssen an die Leistungen der erfahrenen Teammitglieder herangeführt werden. Der Bundestrainer und eine Vielzahl an Athletinnen und Athleten halten das ebenfalls für sinnvoll.

Neben der weiteren Arbeit mit den Athleten und Athletinnen sollte der Schwerpunkt verstärkt auf das Betreuerteam gelegt werden. Sowohl der Umgang mit Stress als auch das Thema Ehrenamt (und der Umgang damit) könnten aufgegriffen werden.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass es hinsichtlich der Professionalität zwischen olympischen und paralympischen Athleten und Athletinnen keine merkbaren Unterschiede gibt. Lediglich die unterschiedlichen Handicaps führen dazu, dass verschiedene Interventionen (u. a. Entspannungstrainings) modifiziert werden müssen und ein umfangreicher Dialog über Wahrnehmung, Wirkung und Erfahrung geführt werden muss. Hinsichtlich des Einsatzes der Diagnostikinstrumente ist die Übertragung in den paralympischen Bereich als absolut geeignet anzusehen.

5 Transferleistungen

Um die Nachhaltigkeit des Projekts weiter zu fördern, ist neben diesem Bericht ein Artikel über sportpsychologische Möglichkeiten im Paracycling in der Zeitschrift „Leistungssport“ vorgesehen. Ferner ist ein Beitrag auf der ASP-Tagung 2017 in Bern geplant. Des Weiteren besteht eine Kooperation zum Projekt „Rahmenkonzeption und fachliche Weiterentwicklung der Sportpsychologie im Sport von Menschen mit Behinderungen“ (Leitung Katrin Staufenbiel).

6 Literatur

Bußmann, G. (2011). *Kartenset Good feelings*. Kikt-TheMa.

Elbe, A.-M., Wenhold, F.& Müller, D. (2005). Zur Reliabilität und Validität des AMS-Sport – ein Instrument zur Bestimmung des sportspezifischen Leistungsmotivs. *Zeitschrift für Sportpsychologie, 12*, 57-68.

Elbe, A.-M., Wenhold, F. & Beckmann, J. (2008). *SOQ: Fragebogen zur Erfassung der Leistungsorientierung im Sport*. Abgerufen aus dem World Wide Web am 03.04.2016 unter www.bisp.de

Gardner, F. L.& Moore, Z. E. (2006). *Clinical sport psychology*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Werts, T., Delow, A., Steven, B., Hlawan, A. & Engbert, K. (2012). Behindertenleistungssport. In D. Beckmann-Waldenmayer & J. Beckmann. *Handbuch sportpsychologischer Praxis. Mentales Training in den olympischen Sportarten* (S. 95-110). Balingen: Spitta.

Wenhold, F., Elbe, A.-M. & Beckmann, J. (2008). *AMS-Sport Langversion: Allgemeiner Fragebogen zum Leistungsmotiv im Sport*. Abgerufen aus dem World Wide Web am 03.04.2016 unter www.bisp.de

Wenhold, F., Elbe, A.-M. & Beckmann, J. (2008). *VKS: Fragebogen zur Erfassung Volitionaler Komponenten im Sport*. Abgerufen aus dem World Wide Web am 03.04.2016 unter www.bisp.de

Wetzel, J. (2015). *Gold. Mental stark zur Bestleistung*. Zürich: Orell füssli.

Förderung der Sozialkompetenz von Trainerinnen und Trainern im Spitzensport. Leitfadenentwicklung und Multiplikatorenschulung

(AZ 071614/16)

Carmen Borggrefe[1] (Projektleitung), Uwe Blank[1], Klaus Cachay[2] & Rebecca Dölling[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 Athleten bzw. Athletinnen 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 Serviceprojekt „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 Multiplika-

toren 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 Trainer 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. 20 bis 30 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 Gesamt 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.

In enger Kooperation mit dem Deutschen Handballbund, dem Deutschen Leichtathletik Verband und dem Deutschen Turner-Bund wird der Transfer der wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Traineraus- und -fortbildung gesichert. Dies umfasst im Einzelnen folgende Maßnahmen:

- Allen an den Studien teilnehmenden Trainerinnen und Trainern wird ein *individuelles Feedbackgespräch* angeboten, in dem es jeweils um die gemeinsame Analyse der Ergebnisse, um das

Aufzeigen trainerspezifischer Anforderungen und Strategien sowie um die Anregung von Beobachtungs- und Reflexionsprozessen geht. Die teilnehmenden Trainerinnen und Trainer erhalten jeweils eine DVD mit ausgewählten Videosequenzen sowie eine Powerpoint-Präsentation, in der die wesentlichen Ergebnisse individuell aufbereitet worden sind.

- Allen teilnehmenden Verbänden werden *verbandsinterne Trainerworkshops* angeboten, um den Austausch der Trainerinnen und Trainer im Hinblick auf den Umgang mit kommunikativen Anforderungen zu fördern.
- Die Forschungsergebnisse finden zudem Eingang in Ausbildungsmodule der *Diplomtrainerausbildung an der Trainerakademie* des DOSB in Köln. Hierzu werden sogenannte „multimediale Anker" in Form ausgewählter Kommunikationssequenzen erstellt, die mit den Lehrgangsteilnehmern im Anschluss an eine kurze theoretische Einführung entlang spezifischer Beobachtungsaufgaben analysiert werden[1].
- Die teilnehmenden Verbände werden sehr eng in die Auswertung und Nutzung der Daten einbezogen. Dies geschieht konkret über von den Verbänden benannte *Multiplikatoren*. Diese Multiplikatoren
  - erhalten eine theoretische Einführung sowie eine Präsentation bisher vorliegender Erkenntnisse,
  - bekommen sämtliche synchronisierten Video-, Audio- und Interviewdaten ihrer teilnehmenden Trainer bzw. Trainerinnen[2],
  - bereiten nach Sichtung der Daten gemeinsam mit der wissenschaftlichen Projektgruppe die individuelle Beratung ihrer Trainerinnen und Trainer vor und nehmen an dem Beratungsgespräch teil,
  - bereiten gemeinsam mit der wissenschaftlichen Projektgruppe einen verbandsinternen Workshop zum Thema „Sozialkompetenz" vor und führen diesen mit durch,
  - erarbeiten gemeinsam mit der wissenschaftlichen Projektgruppe einen verbandsinternen Leitfaden zu Vermittlung von Sozialkompetenz in der Traineraus- und -fortbildung, der u. a. eine kurze Einführung in theoretische Grundlagen, eine kommentierte Sammlung multimedialer Anker und dazugehöriger Beobachtungsaufgaben enthält.

Durch eine solch enge Einbindung der Multiplikatoren in die wissenschaftliche Analyse soll erreicht werden, dass diese das Thema Sozialkompetenz zukünftig selbständig[3] und in der nötigen Differenziertheit innerhalb der Traineraus- und -fortbildung vermitteln können. Die zur Verfügung stehenden multimedialen Anker können diesen Vermittlungsprozess in hervorragender Weise unterstützen, indem sie die Beschäftigung mit authentischen Kommunikationssituationen ermöglichen und die Beobachtungs- und Reflexionsfähigkeiten von Trainerinnen und Trainern schulen.

1 Sämtliches Videomaterial, das in solchen Aus- und Fortbildungsveranstaltungen verwendet wird, ist von den beteiligten Akteuren (Trainer und Athleten) autorisiert und freigegeben.

2 Dies bedarf selbstverständlich der Einwilligung der teilnehmenden Akteure.

3 Eine weitere wissenschaftliche Beratung und Unterstützung ist selbstverständlich auch nach Projektende nicht ausgeschlossen.

3 Ergebnisse und Diskussion

Da das vorliegende Serviceprojekt den dezidierten Anspruch hat, praxisrelevantes Wissen zu kreieren und dieses im Rahmen von Trainer- aus- und -fortbildungen zu vermitteln, gilt es vor allem, nach der Bedeutung der Forschungsergebnisse für die Praxis des Spitzensports zu fragen. Was also, so kann man vereinfacht formulieren, lässt sich Trainerinnen und Trainern auf der Basis vorliegender Erkenntnisse sagen? Die Antwort auf diese Frage mag zunächst einigermaßen enttäuschend ausfallen, denn letztlich können keine eindeutigen Handlungsempfehlungen gegeben werden, wann welche kommunikativen Strategien sinnvoll erscheinen und wann nicht. Aber generell gilt: Jedem Ansinnen, das beansprucht, allgemeingültige Ratschläge auf einer möglichst konkreten Ebene geben zu können, ist an dieser Stelle eine Absage zu erteilen, weil es von konkreten Individuen und spezifischen Situationsbedingungen abstrahieren muss. Deshalb stellte ein solches Vorgehen in der hier vertretenen theoretischen Perspektive eine unzulässige Reduktion der gegebenen Komplexität der Trainer-Athlet-Kommunikation dar.

Diese Unmöglichkeit der Produktion von „Rezepten" macht soziologische Forschung im Spitzensport nicht leicht, denn angesichts seiner Erfolgsorientierung giert dieses Feld ja geradezu nach konkreten Empfehlungen, die den sportlichen Erfolg wahrscheinlicher machen. Hinzu kommt, dass diese Erwartungen ja bereits von „technologischen" Disziplinen, wie z. B. der Trainingswissenschaft und der Biomechanik, erfüllt werden, denen es offenkundig „besser" gelingt, kausale Zusammenhänge z. B. zwischen Trainingsintensität, Bewegungsausführungen und sportlicher Leistung her- und der Praxis gegenüber darzustellen. Solcherlei „Rezept-Wissen" kann soziologische Forschung aber – wie gesagt – nicht produzieren, sie liefert solche Sicherheiten nicht. Vielmehr ist ihr Wissen „nur" dazu geeignet, das Reflexionspotenzial der in der Praxis tätigen Akteure zu erhöhen, also quasi deren „interne Komplexität" zu steigern.

Gerade darin aber liegt die Stärke der vorliegenden Studie, denn sie macht deutlich, dass Trainer nur durch fortlaufende Beobachtungs- und Reflexionsprozesse angemessen mit der prinzipiellen Unwahrscheinlichkeit gelingender Kommunikation und den spezifischen Strukturmerkmalen und Restriktionen der Trainer-Athlet-Kommunikation umgehen können. So sind sie in Trainings- und Wettkampfsituationen permanent gefordert, das Problem der *Systembildung und Grenzziehung* zu lösen. Denn bevor Trainer überhaupt Einfluss auf ihre Athleten nehmen können, müssen sie erst einmal wechselseitige Wahrnehmung zwischen sich und den Athleten herstellen, und dies kann sich in Abhängigkeit von räumlichen Aspekten, von Einflüssen der anwesenden und abwesenden Umwelt, der Größe des Interaktionssystems und des jeweiligen Regelwerks der Sportart als durchaus schwieriges Problem erweisen.

Als nächstes gilt es, die Kommunikation angemessen zu strukturieren, was beispielsweise unter der Bedingung von Zeitknappheit in Wettkampfsituationen eine *thematische Strukturierung* und Verdichtung der Kommunikation sowie ein *Austarieren von Partizipationschancen* für die Athleten notwendig macht.

Im Hinblick auf das Problem der *Verständigung* gilt es für Trainer, die Kontingenz des Verstehens ernst zu nehmen und die alltagstheoretische Vorstellung aufzugeben, sie könnten ihre Botschaften direkt in die Köpfe der Athleten hinein transportieren. Trainer müssen sich vielmehr einlassen auf komplizierte und fortlaufende Prozesse reflexiver Beobachtung und Kommunikation, denn nur so gewinnen sie die Möglichkeit einer auf die Systemlogik der Athleten ausgerichteten Selbstdarstellung, und nur so können sie im Gegenzug die Botschaften der Athleten in einer reflektierten Weise deuten.

Ähnliche Prämissen gelten für das Problem der *Steuerung*. Auch hier müssen sich Trainer von alltagsweltlichen Vorstellungen lösen, wonach sie die Kommunikation und darüber auch ihre Athleten direkt und zielgerichtet steuern könnten. Die Autopoiesis und operative Geschlossenheit autonomer Systeme begründet eine grundsätzliche Unwahrscheinlichkeit gelingender Steuerung. Wenn Trainer dennoch in einer intendierten Weise Einfluss auf das Verhalten und Erleben ihrer Athleten nehmen möchten, dann müssen sie sich auf einen sehr komplizierten und indirekten Prozess kontextueller Steu-

erung einlassen. Konkret heißt dies, auf spezifische Kommunikationskontexte innerhalb ihrer Wettkampfeinheit und die dort relevanten Kommunikationsmedien so einzuwirken, dass die an diesen Kontexten partizipierenden Bewusstseinssysteme der Athleten zu der jeweils intendierten Selbststeuerung angeregt werden. Trainer müssen also situations- und athletenangemessen entscheiden, wann beispielsweise machtbasierte Kommunikation angebracht ist, wann (und mit welchen möglichen Folgen) sie über Moral steuern können und welche Bedeutung vertrauensbasierter Steuerung zukommt.

Schließlich müssen Trainer auch in angemessener Weise mit auftretenden Widersprüchen und *Konflikten* umgehen, indem sie Sachkonflikte fördern, die Ausdifferenzierung von Beziehungs- und Machtkonflikten jedoch möglichst vermeiden. Dazu müssen sie fortlaufend beobachten und reflektieren, inwiefern eine Achtungskommunikation umzuschlagen droht in eine Anschuldigungs- bzw. Drohkommunikation, die die Berücksichtigung von Fremdreferenz nicht mehr zulässt und damit Konsens unwahrscheinlich macht.

Der hier vorliegende systemtheoretische Blick auf kommunikative Anforderungen im Spitzensport offenbart somit die ganze Komplexität und die daraus resultierenden Schwierigkeiten der Realisierung kommunikativen Trainererfolgs.

Über diese analytischen Ergebnisse hinaus ist der hohe Anwendungsbezug der Studie hervorzuheben, der vor allem durch die enge Einbeziehung der Multiplikatoren in die Datenauswertung und die Trainerberatung gegeben ist. Die Multiplikatoren erhalten damit nicht nur dezidierte Einblicke in das theoretisch-methodische Design der Studie, die es ihnen erlauben, Trainer-Athlet-Kommunikation in differenzierter Weise zu beobachten, sondern sie werden zudem in die Lage versetzt, Prozesse der Vermittlung von Sozialkompetenz in der Traineraus- und -fortbildung selbständig zu gestalten. Die Zusammenarbeit mit den Trainerinnen und Trainern sowie den Multiplikatoren ist durch ein hohes Maß an Offenheit und Vertrauen gekennzeichnet, die Bereitschaft, das eigene kommunikative Verhalten zu reflektieren, ist außerordentlich hoch, selbst wenn die Trainerinnen und Trainer dabei zum Teil auch unangenehme und schmerzliche Momente der Selbstbeobachtung zu durchstehen haben. Insgesamt zeigt sich, welch hohe Erfolgsbedeutung die Akteure dem Thema „Kommunikation" beimessen und welch großes Interesse daran besteht, dieses Thema systematisch in der Traineraus- und -fortbildung zu implementieren.

4 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, 41-47.

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, 17-23.

Sportpsychologische Betreuung zur Optimierung der Trainings- und Wettkampfqualität der Abteilung Tischtennis des Deutschen Behindertensportverbandes e. V.

(AZ 071603/16-17)

Oliver Höner (Projektleiter) & Thorsten Leber
Universität Tübingen, Institut für Sportwissenschaft,
Arbeitsbereich Sportpsychologie und Methodenlehre

1 Problem

Die Abteilung Tischtennis des deutschen Behindertensportverbandes strebte im Vorfeld der Paralympischen Spiele 2016 in Rio de Janeiro eine Optimierung und Professionalisierung der Betreuungsstrukturen an. Dies beinhaltete unter anderem eine kontinuierliche und langfristig ausgerichtete sportpsychologische Betreuung. Für A/B-Kader stand dabei die optimale Vorbereitung auf das Großereignis in Rio im Vordergrund.

Neben der kontinuierlichen Leistungsoptimierung der Spieler bzw. Spielerinnen lag im Projektzeitraum ein besonderes Augenmerkt auf der Optimierung der Teamdynamik innerhalb der verschiedenen Wettkampfklassen, der Etablierung der Wettkampfklasse 11 (Spieler bzw. Spielerinnen mit geistiger Behinderung) sowie auf einem Coach-the-Coach-Prozess, der den Trainern bzw. Trainerinnen im Kontext sportpsychologischer Fragestellungen eine hohe Kompetenz vermitteln soll.

Aufgrund der Zusammensetzung des A- und B-Kaders zum Startzeitpunkt des Projekts war zudem nach den Paralympischen Spielen 2016 eine deutliche Verjüngung des Kaders zu erwarten. Die damit in Zusammenhang stehenden Veränderungen in den Trainingsschwerpunkten und der Gruppendynamik sollten sportpsychologisch begleitet werden. Für den C-Kader sollten Strukturen und Abläufe geschaffen werden, die mit Talentsichtung und -förderung einen zu erwartenden Generationswechsel vorbereiten und unterstützen.

Die Konstellation der Leistungskader zeichnete sich neben einem hohen Altersdurchschnitt durch eine große Heterogenität der Mitglieder aus. Dies betrifft zunächst erwartungsgemäß die verschiedenen Behinderungsgrade und -arten. Darüber hinaus liegt im A/B-Kader eine Altersspanne von 15 bis 51 Jahren und im C-Kader von 10 bis fast 30 Jahren vor. Ähnlich unterschiedlich waren der Professionalisierungsgrad der Spieler bzw. Spielerinnen sowie die damit in Zusammenhang stehenden qualitativen und quantitativen Rahmenbedingungen des Trainings zwischen den zentralen Lehrgängen.

2 Methode

2.1 Grundlagen

Im Fokus der Maßnahmen stand die Verbesserung der Trainings- und Wettkampfqualität. Diese Terminologie wird hier in Anlehnung an die Systematik der „Kritischen Ereignisse“ verwendet, die durch das vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) geförderte Projekt „Trainings- und Wettkampf-Qualität aus Athleten- und Trainersicht“ (QuATraS; Hänsel, 2013) entwickelt wurden. Daraus ergaben sich im vorliegenden Kontext „Selbstbezug“, „Trainer“ und „andere Sportakteure“ als die relevantesten Referenzdimensionen und somit wichtigsten Ansatzpunkte.

Die Grundhaltung bei der Betreuung orientierte sich am Leitbild der Arbeitsgemeinschaft für Sportpsychologie (asp) für die angewandte Sportpsychologie, womit explizit die psychi-

sche und physische Gesundheit als Grundlage für jede positive und nachhaltige Leistungsentwicklung berücksichtigt wurde.

2.2 Diagnostik als Ausgangsbasis

Aufgrund begrenzter zeitlicher Ressourcen von Aktiven und Betreuerteams wurde angestrebt, diagnostische Fragestellungen möglichst ökonomisch in den Lehrgangs- und Turnieralltag zu integrieren. Dazu kam neben Beobachtung wissenschaftlich fundierte Diagnostik zum Einsatz, um sportpsychologisch relevante Dispositionen aus dem Bereich Motivation, Volition und Wettkampfangst zu erfassen. Die Tübinger Projektgruppe konnte auf umfangreiche Erfahrungen im Umgang mit diesen Diagnostiken zurückgreifen, die in Dissertationen zur Analyse der Leistungsmotivation im Spitzensport (für Aktive mit und ohne Behinderung) (Kämpfe et al., 2014), zur Bedeutung angst- und handlungskontrolltheoretischer Dispositionen (Bender, 2011) sowie zur Bedeutung der Talententwicklung im Nachwuchsleistungssport (Feichtinger, 2015) überprüft wurden.

2.3 Intervention

Die Interventionen im Rahmen dieses Projekts hatten verschiedene fachliche bzw. wissenschaftliche Bezugsgpunkte und können als Integration folgender Konzepten beschrieben werden:

- einer allgemeinen handlungspsychologischen Rahmenkonzeption der Sportpsychologie (Nitsch, 2004; Conzelmann, Hänsel & Höner, 2013) gemeinsam mit
- in zurückliegenden BISp-Projekten bereits erprobten Diagnostiken personaler Dispositionen von Aktiven im Behindertenleistungssport (Höner, Kämpfe & Willimczik, 2009; Kämpfe, Höner & Willimczik, 2014) sowie
- konkreter Umsetzungen des Trainings kognitiver Fertigkeiten (Eberspächer, 2012; Hermann & Leber, 2010)

Dabei lag im Sinne der Systematik der sportpsychologischen Interventionen nach Beckmann und Elbe (2008) der Betreuungsschwerpunkt auf der Vermittlung von Grundlagen und dem Fertigkeitstraining. Krisenintervention war optional möglich, im Vordergrund stand jedoch Prävention durch Vermittlung von Kompetenzen und Coping-Strategien.

Die Maßnahmen waren in zwei Stufen aufgebaut. Die Grundlagenstufe richtete sich in erster Linie an unerfahrene Spieler bzw. Spielerinnen mit geringer sportpsychologischer Vorerfahrung und basierte vor allem auf Vorträgen und strukturierten Übungen. Die Aufbaustufe war auf erfahrenere Spieler bzw. Spielerinnen (v. a. A/B-Kader) zugeschnitten und beinhaltete moderiertes, selbständiges Erarbeiten von Strategien auf Basis der Grundlagenstufe. Beide Stufen orientierten sich an der Systematik der kritischen Ereignisse nach QuATraS (Hänsel, 2013) und bedienten die für dieses Projekt priorisierten Dimensionen wie folgt:

- Selbstbezug: Vermittlung und Vertiefung mentaler Trainingstechniken zur Verbesserung kognitiver Fertigkeiten vor dem Hintergrund einer handlungspsychologischen Perspektive im Rahmen von Teammaßnahmen und im individuellen Coaching.
- Trainer: Systematische und regelmäßige Coach-the-Coach-Maßnahmen, um die Trainer bzw. Trainerinnen ganzheitlich – und somit auch im sportpsychologischen Bereich – in die Lage zu versetzen, sich auf Bedürfnisse von Spielern bzw. Spielerinnen einzustellen und individuell angepasst zu coachen.
- Sportakteure: Gestaltung und Optimierung von leistungsfördernden Mannschaftsprozessen und -strukturen innerhalb der verschiedenen Wettkampfklassen, in denen Kadermitglieder einerseits als Konkurrenz in Einzelwettbewerben, andererseits in

Teamwettbewerben gemeinsam agieren müssen.

Durch regelmäßiges Coaching von Spielern bzw. Spielerinnen sowie Betreuern bzw. Betreuerinnen unter Berücksichtigung dieser Schwerpunkte sollte die Häufigkeit kritischer Ereignisse verringert und der Umgang mit kritischen Ereignissen optimiert werden. Dies galt im Rahmen des Projekts als wichtige Voraussetzung für die Steigerung der wahrgenommenen Trainings- und Wettkampfqualität durch Spielerinnen und spieler bzw. Trainer und Trainerinnen, womit als Folge der Optimierungsbemühungen die Wahrscheinlichkeit steigen sollte, vorhandenes Leistungspotenzial optimal auszuschöpfen.

2.4 Evaluation

Neben der Berücksichtigung von regelmäßigem prozessbegleitendem qualitativem Feedback konnte ein abschließender Evaluationsbogen von Betreuerteams und Spielern bzw. Spielerinnen bearbeitet werden. Die Evaluation erfolgte auf Basis des Inventars „Qualitätssicherung 17“ (QS17; Kleinert & Ohlert, 2014b), das im Rahmen des vom BISp angestoßenen Projekts zur Qualitätssicherung der sportpsychologischen Betreuung entwickelt wurde. Dieses Instrument wurde mit Blick auf die durchgeführten Maßnahmen und die inhaltlichen Schwerpunkte um Kommentarfelder für offene Rückmeldungen ergänzt.

3 Ergebnisse

Mit drei Silbermedaillen im Einzelwettbewerb (Wettkampfklasse M3, M5, W6) sowie Silber im Mannschaftswettbewerb (Wettkampfklasse M3) kann der Tischtenniskader auf ein erfolgreiches Paralympisches Turnier zurückblicken. Das Team wurde den vorab formulierten Erwartungen an die Medaillenbilanz absolut gerecht. Auch die sportpsychologische Betreuung hatte nach Angaben der Betreuer und Betreuerinnen sowie der Spieler bzw. Spielerinnen einen relevanten Beitrag zum Turniererfolg geleistet.

An der abschließenden (freiwilligen) Evaluation der sportpsychologischen Betreuung auf Basis des QS17 (Kleinert & Ohlert, 2014) haben 15 Spieler bzw. Spielerinnen und Betreuer bzw. Betreuerinnen des A- und B-Kaders teilgenommen. Die Rückmeldungen beinhalteten insgesamt positive Bewertungen (Betreuungsverhältnis: 3,66 ± 0,38; Vermittlung von Fähigkeiten/Fertigkeiten: 3,04 ± 0,52; Auswirkung auf Leistung/Befinden 2,89 ± 0,70)1. Auf allen drei Skalen des QS17 fielen die Bewertungen der Betreuer bzw. Betreuerinnen tendenziell positiver aus als die der Spieler bzw. Spielerinnen.

In den ergänzend eingefügten Kommentarfeldern fanden sich insbesondere Wünsche in Bezug auf Vertiefung der Teamentwicklung (z. B. Konfliktmanagement, Kommunikation, Zusammenarbeit) und der Selbstregulation in der Wettkampfsituation (Umgang mit Emotionen, Verhalten, Wettkampfvorbereitung) wieder. Teilweise wurde auch mehr Präsenz des Sportpsychologen gewünscht. Weiterhin wurde vereinzelt der Wunsch nach regelmäßigerem Feedback an Spieler bzw. Spielerinnen und Betreuer bzw. Betreuerinnen sowie der Nutzung von Videoanalysen für die Betreuung formuliert.

4 Diskussion

Wie im vorangegangenen Abschnitt bereits dargelegt wurde, kann der Verlauf des Paralympischen Tischtennisturniers 2016 sowie die Vorbereitung darauf rückblickend als erfolgreich gewertet werden. Die Medaillenbilanz war insbesondere in Anbetracht des sich abzeichnenden personellen Umbruchs im Soll. Das entspricht nach den erhaltenen Rückmeldungen insbesondere auch der Einschätzung des Verbandes und des verantwortlichen Bundestrainers. Trotz der zahlenmäßig betrachtet zufriedenstellenden Bilanz bleibt aus Sicht des Teams der Eindruck haften, jeweils die Endspiele verloren zu haben und somit die Chance auf Gold nicht genutzt zu haben. Es wurde deshalb der nachdrückliche Wunsch formuliert, die Gründe dafür detailliert zu analysieren, um für den Vorbereitungszyklus für die Spiele in Tokyo die entsprechenden Schlüsse ziehen zu können. Die ersten Schritte dafür wurden im Rahmen eines B/C- und A-Kader Lehrgangs im Jahr 2017 bereits gemacht. Hieraus ergaben sich auch

1 Skala: 1 =Trifft gar nicht zu; 2=Trifft eher nicht zu; 3=Trifft eher zu; 4=Trifft voll und ganz zu

sportpsychologische Ansatzpunkte, die sich zu großen Teilen mit den Rückmeldungen aus der Evaluation decken.

Neben dem angestrebten unmittelbaren Transfer wissenschaftlicher Erkenntnisse in den Betreuungsprozess ergaben sich im Projektverlauf verschiedene Berührungspunkte mit dem vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft geförderten Serviceprojekt „Rahmenkonzeption und fachliche Weiterentwicklung der Sportpsychologie im Sport von Menschen mit Behinderungen“ (AZ 072005/16-17) unter der Leitung von Professor Dr. Bernd Strauß (Universität Münster). Erfahrungen und Erkenntnisse aus dem vorliegenden Betreuungsprojekt wurden unter anderem im Rahmen eines Experteninterviews und der Mitarbeit in einer Expertenrunde eingebracht.

Die Ergebnisse der Evaluation auf Basis des QS17 der Evaluation deuten darauf hin, dass die Coach-the-Coach Maßnahmen im Projektzeitraum tendenziell besser funktioniert haben, als die Maßnahmen, die unmittelbar mit Spielern bzw. Spielerinnen umgesetzt wurden. Es zeigt sich im Vergleich zu den sehr guten Bewertungen des Betreuungsverhältnisses ein leichter Abfall der Bewertungen im Hinblick auf die wahrgenommenen Auswirkungen auf Leistung bzw. Befinden. Dies legt nahe, die beiden Aspekte in der Planung und Umsetzung von Nachfolgeprojekten besonders zu berücksichtigen. Ähnliches gilt für den Wunsch nach der Fortführung von Maßnahmen zur Optimierung der Teamdynamik.

5 Literatur

Beckmann, J. & Elbe, A.-M. (2008). *Praxis der Sportpsychologie im Wettkampf- und Leistungssport*. Balingen: Spitta.

Bender, R. (2011). *Handlungskontrolle und Angst im Stabhochsprung – Eine empirische Studie des Durchlaufens*. Aachen: Meyer & Meyer.

Conzelmann, A., Hänsel, F. & Höner, O. (2013). Individuum und Handeln – Sportpsychologie. In A. Güllich & M. Krüger (Hrsg.), *Sport* (S. 269-335). Springer: Berlin Heidelberg.

Eberspächer, H. (2012). *Mentales Training. Das Handbuch für Trainer und Sportler* (8. Auflage). München: Copress.

Feichtinger, P. (2015). *Psychological diagnostics in the talent development program of the German Soccer Association: A stepwise procedure to examine the relevance of personality characteristics in talented soccer players*. Unveröffentlichte Dissertation, Universität Tübingen.

Hänsel, F. (2013). Trainings- und Wettkampfqualität aus Athleten- und Trainersicht. *4. BISp-Symposium „Theorie trifft Praxis“: „Erfolgsfaktor Trainer: Bausteine erfolgreichen Trainerhandelns im Nachwuchs- und Spitzensport“*, 29.-30. April 2013 in Brühl.

Hermann, H.-D. & Leber, T. (2010). Leistungsoptimierung im Kopf – Sportpsychologische Trainingstechniken zur Verbesserung leistungsrelevanter kognitiver Fertigkeiten. In H. Lange & L. Nordmann (Hrsg.), *Spitzensport. Training – Ethik – Trainerbildung* (S. 97-112). Göttingen: Cuvillier.

Höner, O. (2005). *Entscheidungshandeln im Sportspiel Fußball – Eine Analyse im Lichte der Rubikontheorie*. Schorndorf: Hofmann.

Höner, O., Kämpfe, A. & Willimczik, K. (2009). Leistungsmotivation im Spitzensport – Ein Vergleich zwischen Sportlern mit und ohne Behinderung. In A. Eskau (Hrsg.), *Nachwuchsrekrutierung und Nachwuchsförderung im Leistungssport der Menschen mit Behinderung* (S. 78-97). Köln: Sportverlag Strauß.

Immenroth, M., Eberspächer, H. & Hermann, H.-D. (2008). Training kognitiver Fertigkeiten. In J. Beckmann & M. Kellmann (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie, Serie: Sportpsychologie, Band: Anwendungsfelder der Sportpsychologie* (S. 119-176). Göttingen: Hogrefe.

Kämpfe, A., Höner, O. & Willimczik, K. (2014). Multiplicity and Development of Achievement Motivation: A Comparative Study between German Elite Athletes with and without a Disability. *European journal of adapted physical activity, 7* (1), 32-48.

Kleinert, J. & Ohlert, J. (2014). QS17 – Qualitätssicherung 17 (Befragungsinventar zur Erfassung der Betreuungsqualität). Tests Info.

Nitsch, J. R. (2004). Handlungstheoretische Grundlagen in der Sportpsychologie. In H. Gabler, J. R. Nitsch & R. Singer (Hrsg.), *Einführung in die Sportpsychologie. Teil 1: Grundthemen* (4. Aufl., S. 43–164). Schorndorf: Hogrefe

Bundes- und mischfinanzierte Trainerinnen und Trainer im deutschen Spitzensport – Standortbedingungen und Migrationsanalyse

(AZ 081803/16)

Christoph Breuer (Projektleitung), Pamela Wicker (Projektleitung) & Johannes Orlowski
Deutsche Sporthochschule Köln

1 Problem

Bei der Produktion nationaler Spitzenerfolge kommt neben Athletinnen und Athleten auch den Trainerinnen und Trainern eine Schlüsselrolle zu. Jedoch verdichten sich die Anzeichen, dass der deutsche Arbeitsmarkt für Trainer im Spitzensport fragil und teilweise prekär ist (Digel et al., 2006; Digel et al., 2010). So scheinen überdurchschnittlich hohe Wochenarbeitszeiten bei gleichzeitig vergleichsweise geringeren Einkommen und kurzen Vertragslaufzeiten den deutschen Arbeitsmarkt für Trainer zu kennzeichnen (Digel et al., 2010). Zwar sind die Einkommensverhältnisse von Trainern in einzelnen Nachbarländern kaum besser (z. B. Belgien), jedoch war das durchschnittliche Bezahlungsniveau in anderen europäischen Ländern bereits vor Jahren deutlich höher als in Deutschland (z. B. Großbritannien; De Bosscher et al., 2008). Zudem ist anzunehmen, dass mehrere erfolgreiche Sportnationen in den letzten Jahren ihre Spitzensportinvestitionen erheblich erhöht haben, wodurch auch die Verdienstmöglichkeiten für Spitzensporttrainer gestiegen sein und damit die auswärtigen Arbeitsmärkte an Attraktivität zugelegt haben dürften – auf Kosten der relativen Attraktivität des deutschen Spitzensports als Arbeitsmarkt für Trainer.

Damit stellen sich grundlegende Fragen der Standortbedingungen von Trainern im deutschen Spitzensport im internationalen Vergleich. Inwieweit ist Deutschland ein konkurrenzfähiger Standort und Arbeitgeber für Trainer im Spitzensport? Lassen sich Anzeichen dafür finden, dass in den letzten Jahren verstärkt Spitzensporttrainer ins Ausland migriert sind, weil sie in Deutschland zu wenig verdienen? Die Autoren gehen davon aus, dass sich die Standortbedingungen insbesondere an Fragen der Arbeitsmigration von Spitzensporttrainern festmachen lassen. Schließlich führen als gut oder schlecht wahrgenommene Standortbedingungen sowie schlechtere oder bessere Arbeitsmarktalternativen (folglich: Standortunterschiede) zu einer veränderten Wahrscheinlichkeit der Migration oder Nichtmigration in andere geographische, sportartenbezogene oder berufsbezogene Arbeitsmärkte. Kaum eine Entscheidung urteilt deutlicher über einen Standort als die Entscheidung, diesen zu verlassen.

Der Fokus liegt dabei ausschließlich auf bundes- und mischfinanzierten Trainern. Damit sind mögliche prekäre Anstellungsverhältnisse auf Landesebene nicht Gegenstand der Untersuchung. Ebenso werden Trainer aus bereits stark kommerzialisierten Sportarten (z. B. Fußball, Basketball, Handball, Eishockey) nicht berücksichtigt, da der Forschungsfokus auf weniger kommerzialisierten Sportarten liegt. Des Weiteren konzentriert sich die Studie auf die Migration in Deutschland angestellter Trainer ins Ausland. Eine detaillierte Untersuchung der Migration von ausländischem Trainerpersonal wird nicht vorgenommen.

2 Methode

Zur Untersuchung der Arbeitsmigration von Trainern im Spitzensport und der Beantwortung der Forschungsfragen wurden sowohl qualitative Interviews als auch quantitative Befragungen durchgeführt.

Zunächst wurden zwischen Oktober und Dezember 2014 acht Trainer, eine Trainerin sowie ein

Experte mit Hilfe der Trainerakademie Köln kontaktiert und interviewt. Insgesamt repräsentierten die Interviewpartner neun olympische Sportarten sowie sechs unterschiedliche Trainerfunktionen. Die transkribierten Interviews wurden durch halb-offenes Kodieren mit besonderem Augenmerk auf Migrationsfaktoren und deren Bedeutung strukturiert und kategorisiert. Des Weiteren wurden Aussagen mit Hilfe von axialer Kodierung miteinander in Bezug gesetzt. Diese Vorgehensweise erlaubte, das literaturbasierte theoretische Model zu erweitern und zu verfeinern.

Des Weiteren wurden im Rahmen des Projekts vom Bundesverwaltungsamt (BVA) zur Verfügung gestellte, anonymisierte Vergütungsdaten ausgewertet. Diese beinhalteten Angaben zu allen bundes- und mischfinanzierten Trainern im Jahr 2014 im Hinblick auf jährliche Bruttogesamtvergütung, Funktion, Arbeitszeit und Finanzierungsquelle (BVA, 2015). Außerdem wurden Angaben über die jährliche Bruttogesamtvergütung und die Finanzierungsquelle (Bund, Land, Sonstige) von 188 mischfinanzierten Trainern, die 2014 an den Olympiastützpunkten in Deutschland angestellt waren, zur Verfügung gestellt.

Das Kernstück des Projekts stellen zwei Online-Befragungen aktiver bzw. ehemaliger bundes- bzw. mischfinanzierter Spitzensporttrainer dar. Vom 17.07.2015 bis 17.08.2015 wurden zunächst Trainer hinsichtlich ihrer Standortbedingungen, Trainererfahrung sowie soziodemographischen Merkmale befragt (N = 186). Darüber hinaus wurden Migrationsszenarien in Form von zehn fiktiven Trainerposten angeboten und nach der Migrationswahrscheinlichkeit unter diesen Umständen gefragt.

Um ein besseres Bild der Werdegänge und damit der tatsächlichen Migration von Trainern zu bekommen, wurden vom 28.01.2016 bis 07.03.2016 bzw. vom 12.07.2016 bis 17.09.2016 nochmals Trainer befragt, die zwischen 2000 und 2016 einen bundes- oder mischfinanzierten Trainerposten bekleidet haben (N = 236). Im Hauptteil der Befragung wurden die Trainer gebeten, die Anzahl und Merkmale der unterschiedlichen Trainerposten zu nennen, welche sie im Zeitraum von 2000 bis 2016 bekleidet haben. Hierdurch war es möglich, ein lückenloses Bild der Werdegänge der Trainer zwischen 2000 und 2016 darzustellen. Darüber hinaus erlauben die so gesammelten Daten, die Trainerposten geographisch zuzuordnen und inländische mit ausländischen Trainerposten zu vergleichen.

Um einen Überblick über die Migrationsströme deutscher Spitzensporttrainer zu erhalten, wurden 30 der 34 olympischen Spitzenverbände am 02.05.2016 angeschrieben. Sie wurden gebeten, für den Zeitraum 2000-2016 Angaben bezüglich der Anzahl an immigrierten und emigrierten Trainern, der Anzahl an Trainern, welche den Verband verlassen haben und jetzt in einem anderen Bereich tätig sind, sowie der Gesamtanzahl an angestellten Trainern zu machen. Insgesamt beantworteten 17 Spitzenverbände die Anfrage zumindest teilweise.

3 Ergebnisse

Die Auswertung der vom BVA zur Verfügung gestellten Aufstellung ergibt, dass die jährliche Bruttogesamtvergütung über alle Trainerfunktionen hinweg für in Vollzeit (mindestens 35 Stunden Wochenarbeitszeit) angestellte Trainer im Durchschnitt bei €57.894 (Arbeitgeberbrutto) liegt. Ein Vergleich mit Vollzeitgehältern im öffentlichen Dienst zeigt, dass die durchschnittliche Trainervergütung im Bereich TVöD E9 bis E10 liegt.

Die Analyse der Befragungen ergab, dass über 60 % der Trainerposten befristet sind. Das monatliche Nettoeinkommen pro Vollzeitposten lag von 2000 bis 2016 bei durchschnittlich knapp €2.300 (Inland) bzw. €3.406 (Ausland). Allerdings greift es zu kurz, nur die nominale Differenz zwischen Inland und Ausland zu betrachten, da es sich um eine Stichprobe handelt und andere Länder auch andere Lebenshaltungskosten, Sozialversicherungssysteme etc. aufweisen. Das gesamte monatliche Vollzeitnettoeinkommen im Jahr 2015 belief sich auf €2.957 und liegt somit im Bereich TVöD E14. Vergleicht man das durchschnittliche Nettoeinkommen der in Vollzeit beschäftigten Trainer mit den Einkommen im öffentlichen Dienst, so lassen sich keine Anzeichen für eine systematische Unterbezahlung bundes- oder mischfinanzierter Spitzensporttrainer in Deutschland finden.

Die Migrationswahrscheinlichkeit der befragten Trainer hängt von verschiedenen Faktoren ab. Die Aussicht auf höheres Einkommen, eine unbefristete Anstellung und Führungsverantwortung erhöhen die Migrationswahrscheinlichkeit, wohingegen Trainer mit Kindern im schulpflichtigen Alter eine geringere Migrationswahrscheinlichkeit aufweisen. Eine Analyse relevanter Faktoren bei ins Ausland migrierten Trainern ergab, dass diese nach der Migration zwar ein signifikant höheres Einkommen generierten, aber auch ein befristetes Arbeitsverhältnis hatten. Ehemalige Athleten und Trainer mit Kindern im schulpflichtigen Alter sind signifikant seltener ins Ausland migriert, wohingegen Alleinverdiener im Haushalt häufiger migriert sind.

Neben der Analyse von Emigration darf nicht übersehen werden, dass auch ausländische Trainer nach Deutschland migriert sind. Die Analyse ergab, dass deren monatliches Nettoeinkommen nach der Immigration signifikant geringer war als davor. Folglich müssen andere Faktoren und Rahmenbedingungen für die Attraktivität des deutschen Arbeitsmarktes relevant sein (z. B. Sozialleistungen).

Basierend auf den Angaben der 17 Olympischen Spitzenverbände zeigt sich, dass zwischen 2000 und 2016 insgesamt deutlich mehr bundes- und mischfinanzierte Trainer einen Jobwechsel vorgenommen haben als ins Ausland migriert sind (84 versus 48 Trainer). Auch sind in besagtem Zeitraum 28 Spitzensporttrainer nach Deutschland immigriert. Bei einer Gesamtzahl von rund 400 bundes- und mischfinanzierten Trainern, die in diesem Zeitraum bei diesen 17 Spitzenverbänden angestellt waren, dürfte es sich um gewöhnliche Migrationsbewegungen innerhalb eines globalen Arbeitsmarktes für Spitzensporttrainer handeln. Insgesamt betrachtet lassen sich somit keine Indikationen dafür finden, dass in den letzten Jahren verstärkt Spitzensporttrainer ins Ausland emigriert sind. Hingegen sind Jobwechsel bei Spitzensporttrainern deutlich häufiger als Migration ins Ausland. Eine genauere Analyse der Migrationsfaktoren verdeutlicht, dass die befragten Trainer nach dem Jobwechsel ein signifikant höheres Einkommen generieren und ein unbefristetes Arbeitsverhältnis vorfinden. Insbesondere formal hoch qualifizierte und sportlich erfolgreiche Spitzensporttrainer haben sich für einen Jobwechsel entschieden.

4 Diskussion

Aus den Befunden des Projekts lassen sich mehrere Handlungsempfehlungen ableiten, die zu einer Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Spitzensportsystems beitragen dürften. Diese beziehen sich insbesondere auf das Personalmanagement und die systematische Personalentwicklung in Organisationen, die bundes- und mischfinanzierte Trainer beschäftigen sowie auf ein Zusammenspiel von Sport, Politik und Medien.

Während die Förderhöchstgrenzen für Spitzensporttrainer im Regelfall angemessen erscheinen, deuten die Befunde darauf hin, dass von den zur Verfügung stehenden Fördergeldern nicht nur ein Trainer, sondern mehrere Trainer beschäftigt werden. Diese Verteilung sowie deren Ursachen sollten hinterfragt werden.

Um den organisierten Sport im Einzelfall in die Lage zu versetzen, die monetär bedingte Abwanderung von Spitzensporttrainern ins Ausland abzuwehren, sollte ein Budget bereitgestellt werden, aus dem sehr restriktiv „Bleibeangebote“ finanziert werden können. Ähnlich wie Universitäten Spitzenwissenschaftlerinnen und -wissenschaftler durch verbesserte Bleibeangebote halten können, sollte es dem organisierten Sport so besser möglich sein, Spitzensporttrainer im Land zu halten. Sollten erfolgreiche Trainer dennoch die Absicht haben, einen Jobwechsel vorzunehmen, sollte Sorge dafür getragen werden, dass diese Trainer mit ihrer Erfahrung und Expertise dem deutschen Spitzensportsystem weiterhin in anderer Form zur Verfügung stehen.

Überdies sollte darauf geachtet werden, dass weniger Teilzeitanstellungen bestehen. Bei vielen Trainern setzt sich das gesamte monatliche Nettoeinkommen aus dem Einkommen aus mehreren Trainerposten zusammen. Ähnliches gilt für befristete Arbeitsverhältnisse. Hier sollte im Einzelfall geprüft werden, ob es möglich ist, Arbeitsverhältnisse auf Dauer anzulegen. Eine Reduktion der Trainerpostenhäufung sowie weniger befristete Arbeitsverhältnisse dürften die Attraktivität des deutschen Arbeitsmarktes für Spitzensporttrainer steigern.

Neben einer Verbesserung der vertraglichen Rahmenbedingungen sollten auch weitere Faktoren berücksichtigt werden, wie z. B. mehr Führungsverantwortung für Trainer oder die Anerkennung des Trainerberufs in der Gesellschaft. Auch wenn bereits dahingehend Schritte im Rahmen der Traineroffensive des Deutschen Olympischen Sportbundes (DOSB) im Jahr 2005 unternommen wurden, zeigen die vorliegenden Befunde ein Jahrzehnt später, dass hier noch Bedarf besteht.

Zwischenergebnisse des Projekts wurden am 26.11.15 (Neu-Isenburg) und am 20.05.16 (Frankfurt am Main) in der AG Leistungssportpersonal von BMI und DOSB vorgestellt und konnten im Rahmen der Spitzensportreform Berücksichtigung finden. Projektergebnisse wurden ferner auf dem bilateralen deutsch-israelischen Symposium von BMI und dem israelischen Ministerium für Kultur und Sport am 23.11.16 in Netanja präsentiert. Endergebnisse des Projekts wurden im Rahmen von Workshops beim DOSB in Frankfurt (30.03.17) und beim BMI in Berlin (05.04.17) vorgestellt und diskutiert. Neben zwei Vorträgen auf wissenschaftlichen Kongressen (Orlowski et al., 2015; Wicker et al., 2015) sind überdies vier Artikel in internationalen Zeitschriften mit Peer-Review entstanden (Orlowski et al., 2016a; 2016b; Wicker et al., 2016; 2017).

5 Literatur

BVA. (2015). *Übersicht bundesfinanzierter Stellen für Trainerinnen und Trainer bei den Bundessportfachverbänden mit olympischen Sommersportarten, Wintersportarten und nichtolympischen Sportarten*. Zur Verfügung gestellt am 14.07.2015.

De Bosscher, V., Bingham, J., Shibli, S., van Bottenburg, M. & De Knop, P. (2008). *The global sporting arms race: An international comparative study on sports policy factors leading to international sporting success*. Oxford, UK: Meyer & Meyer Sport Ltd.

Digel, H., Burk, V. & Fahrner, M. (2006). *Die Organisation des Hochleistungssports: Ein internationaler Vergleich*. Schorndorf: Hofmann

Digel, H., Thiel, A., Schreiner, R. & Waigel, S. (2010). *Berufsfeld Trainer im Spitzensport*. Schorndorf: Hofmann.

Orlowski, J., Wicker, P. & Breuer, C. (2015). *Developing and validating a theoretical model for labor market migration of elite sport coaches*. Presentation held at the 85th Annual WEAI Conference from 28.06.-02.07.2015 in Honolulu, USA.

Orlowski, J., Wicker, P. & Breuer, C. (2016a). Determinants of labour migration of elite sport coaches. *European journal of sport science, 16* (6), 711-718.

Orlowski, J., Wicker, P. & Breuer, C. (2016b). Labor migration among elite sport coaches: an exploratory study. *International review for the sociology of sport* (in press). DOI: 10.1177/1012690216649778

Wicker, P., Orlowski, J. & Breuer, C. (2015). *Determinants of labor market migration among elite sport coaches*. Presentation held at the 7th ESEA Conference from 27.-28.08.2015 in Zürich, Switzerland.

Wicker, P., Orlowski, J. & Breuer, C. (2016). Human capital, formal qualifications and income of elite sport coaches. *International journal of sport finance, 11* (3), 204-220.

Wicker, P., Orlowski, J. & Breuer, C. (2017). Coach migration in German high performance sport. *European sport management quarterly* (under review after minor revisions)

Service-Forschung

Vergleichende kinematische Analyse des Sprintschrittes, der maximalen Sprintgeschwindigkeit und Pick-Up-Beschleunigung in verschiedenen Leistungsklassen

(AZ 072010/16)

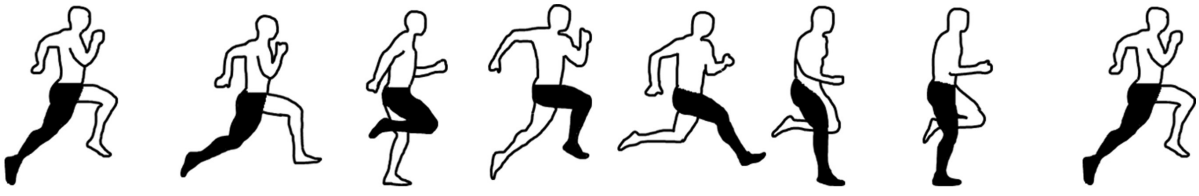
Klaus Mattes (Projektleitung), Stefanie Manzer & Martin Reischmann
Universität Hamburg, Abteilung Bewegungs- und Trainingswissenschaft

Kooperationspartner: Cheick-Idriss Gonschinska, DLV-Cheftrainer, Ronald Stein, Bundestrainer Sprint und Klaus Jakobs, HHLV leitender Landestrainer, Ralf Buckwitz, OSP Berlin

1 Einleitung

Basierend auf der Funktionsphasengliederung von Tidow und Wiemann (1994) und einschlägigen Studien zum Sprintlauf (Young, 2007) wurde von der Arbeitsgruppe der Universität Hamburg in Kooperation mit dem OSP Berlin ein Modell zur kinematischen Analyse des Doppelschrittes bei maximaler Sprintgeschwindigkeit entwickelt und theoretisch begründet (Mattes, Manzer & Buckwitz, 2016). Das Technikmodell bildet die Phasenstruktur des „Ziehenden Laufens“ und wesentliche kinematische Merkmale ab. Die Phasenstruktur umfasst acht Events (t1-t8) und sieben Teilphasen, wobei Event t1 und t8 jeweils Beginn und Ende des Doppelschrittes beschreiben (Abb. 1). Im Zentrum steht die Phase des Bodenkontaktes, die durch die vorangehenden Phasen Pre-Support, Kniehubschwung und Ausschwung systematisch vorbereitet wird, um eine kurze Bodenkontaktzeit anzusteuern.

Ziel des Service-Projekts war die Fortführung der Untersuchungen zum Technikmodell „Zie-



	t1	t2	t3	t4	t5	t6	t7	t8
Aktion	Ausschwingen	Anfersen	Kniehub	Abschwingen		Stütz-fassen	Durch-ziehen	Knie-/Hüft-streckung
Funktion	**Schwungfunktion**					**Stützfunktion**		
	Ausschwingen, Entspannung, Vorbereitung eines schnellen Kniehubes	schnelles nach oben Pendeln des Oberschenkels verursacht das lockere Randpendeln des Unterschenkels	Kniehub, schnelles Vorpendelns des Oberschenkels	Hüftstreckung, lockeres Ausgreifen des Unterschenkels, schnelle Rückführung/ Greifbewegung, Vorbereitung der Stützphase		Körpergewicht Abfangen, Zugfunktion	Zugfunktion	Abdrücken
Funktionsphasen des linken Beines	**Schwungphase**			**Zugphase**				
	Ausschwung		Kniehubschwung	Schwungzug, Pre-Support-Phase		Stützzug		

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

hendes Sprinten“ und die Erweiterung auf den Vergleich von Nachwuchs- und Spitzenathleten sowie die Pick-Up-Beschleunigung. Dabei wurde gefragt, welche Unterschiede in den kinematischen Merkmalen des Sprintschrittes zwischen den verschiedenen Leistungsklassen und im Vergleich von maximaler Sprintgeschwindigkeit und der Pick-up-Beschleunigung bestehen.

2 Methode

Die Felduntersuchungen erfolgten mit Sprinterinnen und Sprintern des DLV und des HLV in Trainingslagern bzw. -wochenenden nahe dem Saisonhöhepunkt. Die Probanden wurden durch den verantwortlichen Bundestrainer bzw. Hamburger Landestrainer benannt (Tab. 1).

Nach Erhebung anthropometrischer Daten (Körperhöhe, -masse, Beinlänge) und einer allgemeinen Erwärmung wurden die Athleten mit gut sichtbaren Markern beklebt. Danach erfolgten die spezifische Sprinterwärmung und die Tests entweder als Sprint über 100 m (Senioren) oder separat als fliegender Sprint über die Distanz von 30 m sowie einem Sprint aus dem Startblock über die Distanz von 40 m (Junioren und HLV-Kader). Bezogen auf den Startpunkt lag dabei der Aufnahmebereich bei 30-40 m (Pick-Up-Beschleunigung) bzw. bei 60-70 m (maximale Sprintgeschwindigkeit).

Die Aufnahmen wurden mit Photon Fokus Kameras, 200 Hz und einer Bildauflösung von 1760 x 448 Pixel angefertigt. Die mittlere Laufgeschwindigkeit wurde mit einer Dreifach-Lichtschranke (Wilhelm Köster, Ditzingen) gemessen. Die kinematische Auswertung erfolgte mit Peak Motus 10.1 (Vicon). Neben den Kennwerten zur Charakterisierung der Sprintgeschwindigkeit 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).

Die Unterschiede zwischen den Leistungsklassen bzw. zwischen dem Sprintschritt mit maxi-

Tab. 1: Untersuchungsstichprobe, N = 42

Verband	Geschlecht	Kaderstatus	Kürzel	Anzahl	
				Messung 2016	Stichprobe ergänzt durch Messung 2015
DLV	weiblich	A-C bzw. Olympiateilnehmer	w	3	7
			m	4	12
	männlich	Junioren Kurzsprint	mj	8	8
		Junioren Langsprint	mjLS	7	7
HLV	weiblich	Nachwuchs	wjHH	8	8

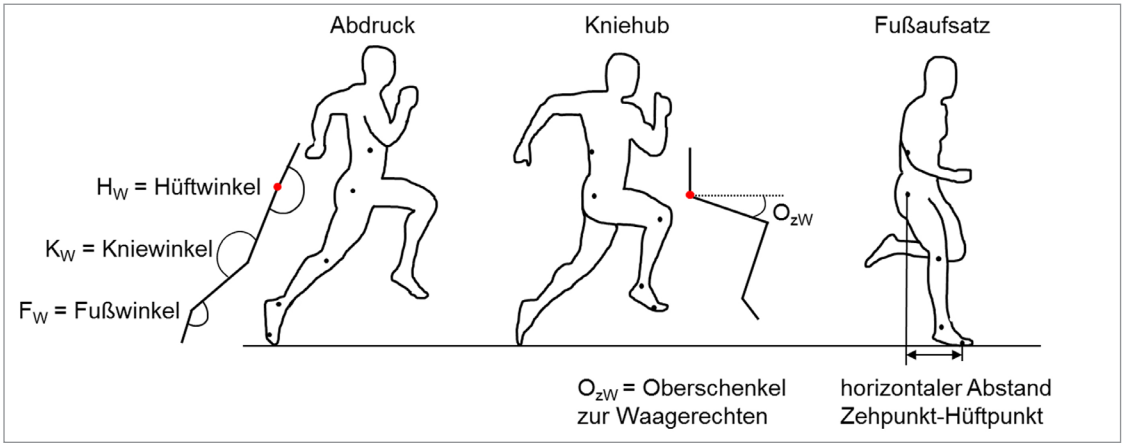


Abb. 2: Definition der Körperwinkel und des horizontalen Abstandes des Zehpunktes zum Hüftpunkt.

maler versus Pick-up-Beschleunigung wurden mittels Varianzanalyse nach dem allgemeinen linearen Modell berechnet.

3 Ergebnisse

Die Kader höherer Leistungsklasse sprinteten schneller (v) aufgrund größerer Schrittlänge (sDS) bei vergleichbarer Schrittfrequenz (fDS) und Flugzeit (tF), aber mit kürzerer Bodenkontaktzeit (tk). Der Doppelschritt zeigte eine höhere Hüftbeugegeschwindigkeit im Kniehubschwung (vHWflex) sowie ein weiteres Ausgreifen (KW), eine höhere Hüftstreck- (vHWex) und Vertikalgeschwindigkeit der Zehe (vFußy) im Schwungzug, ein weiter gestrecktes Kniegelenk (KW) und einen größeren Abstand des Fußes vorm KSP (sZPx-HPx) bei Take on sowie eine geringere Kniestreckung (KWex) während des Bodenkontaktes (Tab. 2).

Die Frauen liefen im Vergleich zu den Hamburger D-Kaderathletinnen mit höherer Sprintgeschwindigkeit, Schrittfrequenz und längerer Schrittlänge sowie kürzerer Bodenkontaktzeit. Unterschiede in der Bewegungstechnik traten im Take off mit geringer gestrecktem Knie- und Sprunggelenkwinkel, während des Schwungzuges mit höherer vertikaler Fußgeschwindigkeit und während des Bodenkontaktes mit geringerer Kniestreckung im Stützbein auf.

Die Männer zeigten eine signifikant höhere Sprintgeschwindigkeit, Schrittlänge als die Frauen. Außerdem setzten die Frauen den Fuß bei Bodenkontakt näher am Körper (horizontaler Abstand des Hüftpunktes zum Zehpunkt) auf (Frauen 29 ± 4 cm vs. Männer 33 ± 4 cm). Die Abdruckgestalt (Take off) der Frauen war durch eine tendenziell weitere Kniestreckung als die der Männern (Frauen 166 ± 5° vs. Männer 161 ± 5°) gekennzeichnet.

Signifikante Unterschiede im Vergleich Pick-Up-Beschleunigung vs. maximaler Sprintgeschwindigkeit bestanden bei der Sprintgeschwindigkeit, Schrittlänge und Flugzeit mit höheren Werten sowie bei der Bodenkontaktzeit mit geringeren Werten bei maximaler Sprintgeschwindigkeit.

Die Körperwinkel zeigten im Vergleich der beiden Sprintvarianten signifikante Unterschiede im Kniewinkel beim Ausgreifen und bei Fußaufsatz sowie beim Nachgeben im Kniegelenk während des Bodenkontaktes mit höheren Werten beim Sprint mit maximaler Sprintgeschwindigkeit. Ein tendenzieller Unterschied bestand im minimalen Kniewinkel beim Anfersen ($p = 0,07$) mit kleineren Werten bei maximaler Sprintgeschwindigkeit.

Tab. 2: Vergleich der Leistungsklassen Männer (m) N = 12, Junioren (mj) N = 8 und Junioren Langsprint (mjLS) N = 7

Event/Phase	**Kennwert**	**Leistungsklasse (LK)**			**Vergleich der LK**		
	[Maßeinheit]	m	mj	mjLS	m vs. mj	m vs. mjLS	mj vs. mjLS
Doppelschritt	v [m/s]	10,9 ± 0,3	10,2 ± 0,2	9,9 ± 0,3	0,00	0,00	
	sDS [m]	4,70 ± 0,17	4,51 ± 0,27	4,66 ± 0,19			
	fDS [1/s]	2,33 ± 0,08	2,26 ± 0,12	2,11 ± 0,06		0,00	0,01
	tk [ms]	92 ± 4	99 ± 7	103 ± 9	0,03	0,00	
	tF [ms]	123 ± 7	122 ± 7	134 ± 7		0,01	0,01
Kniehubschwung	vHWflex [°/s]	-439 ± 70	-356 ± 95	-384 ± 81	0,04		
Max. Ausgreifen	KW [°]	157 ± 9	146 ± 7	143 ± 12	0,02	0,00	
Schwungzug	vHWex [°/s]	345 ± 115	195 ± 59	239 ± 45	0,00	0,02	
	vFußy [m/s]	-4,89 ± 0,76	-3,36 ± 0,51	-3,74 ± 0,41	0,00	0,00	
Take on	sZPx-HPx [cm]	0,4 ± 0,05	0,34 ± 0,06	0,35 ± 0,05	0,02		
	KW [°]	156 ± 7	152 ± 3	149 ± 8		0,02	
Bodenkontakt	KWex [°]	10,8 ± 5,9	15,4 ± 3,5	17,3 ± 5,1		0,02	

Der maximale Sprint wurde mit höherer Hüftstreckgeschwindigkeit im Kniehubschwung, mit größerem Nachgeben im Kniegelenk und geringerer Streckung im Sprunggelenk während des Bodenkontakts im Vergleich zur Pick-up-Beschleunigung absolviert.

4 Diskussion

Bei der Steigerung der Sprintgeschwindigkeit im Wechsel von den Junioren zu den Männern bzw. von den Juniorinnen zu den Frauen geht es nicht um die Frage Schrittlänge oder Schrittfrequenz, sondern beide Kennwerte müssen zur Leistungssteigerung beitragen. Das kann nur gelingen, wenn gleichzeitig die Bodenkontaktzeit verkürzt wird. Die vergleichbare Flugzeit weist darauf hin, dass die Erwachsenen weniger Sprintgeschwindigkeit während des Bodenkontaktes infolge eines geringeren horizontalen Bremsimpulses verlieren und/oder einen größeren horizontalen Beschleunigungsstoß wahrscheinlich infolge einer mehr horizontal gerichteten Abdruckkraft erzeugen. Die größere Schrittlänge bei gleicher Flugzeit realisierten die Erwachsenen mit einem weiteren Ausgreifen sowie größerem Abstand des Fußes vor dem Körperschwerpunkt bei Take on und mit einer höheren Hüftstreck- und vertikalen Fußgeschwindigkeit im Pre-Support. Eine höhere Aktivität im Pre-Support in der Hüftstreckung, dem Fußaufsatz, der zudem flacher erfolgt, bereitet zum einen die Muskulatur für die Amortisation des Landedruckes besser vor und unterstützt im nachfolgenden Stützzug die Hüftstreckgeschwindigkeit, um den Körperschwerpunkt schnell vom Vorder- in den Hinterstütz zu ziehen. Diese Bewegungsmerkmale könnten eine Reduktion der Zeitdauer des horizontalen Bremsstoßes und somit einen geringeren horizontalen Geschwindigkeitsverlust erklären.

Die Ergebnisse stimmen mit Befunden früherer Studien überein, in denen gezeigt werden konnte, dass die Technik schneller Sprinter durch einen flachen aktiven Fußaufsatz (Young, 2007) mit hoher Rückschwunggeschwindigkeit des Fußes vor dem Aufsatz, eine hohe Hüftstreckgeschwindigkeit zum Zeitpunkt der Landung sowie einen geringen Arbeitsbereich im Kniegelenk (Hunter, 2005) und eine nicht volle Kniestreckung bei Take-off (Tidow & Wiemann, 1994; Buckwitz & Stein, 2014) gekennzeichnet ist.

Bedingt durch die Unterschiede in der Sprintgeschwindigkeit muss sich die Schrittlänge und/oder Schrittfrequenz, die Boden- und/oder Flugzeit von der Pick-Up-Beschleunigung zur maximalen Sprintgeschwindigkeit verändern. Dabei besteht eine Möglichkeit in der Erhöhung der Schrittlänge bei vergleichbarer Schrittfrequenz mit Verkürzung der Bodenkontaktzeit bei gleichzeitiger Verlängerung der Flugzeit. Dadurch verändert sich der Schrittrhythmus (Relation Boden- zur Flugzeit) und die Bedingungen für ein anderes Bewegungsverhalten werden gelegt. Durch die längere Flugzeit kann der Fuß vergleichbar nahe am Körper, aber mit weiter gestrecktem Knie aufgesetzt und das Schwungbeinknie bei Stützbeginn stärker angewinkelt werden. Obwohl das Kniegelenk während der Bodenkontaktphase stärker nachgibt, folgt aufgrund der vergleichbaren Kniestreckung somit ein identischer Kniewinkel während der Abdruckgestalt. Ein größerer vertikaler Kraftimpuls bei Bodenkontakt stellt eine notwendige Voraussetzung dar, um die Flugzeit zu verlängern.

5 Literatur

Buckwitz, R. & Stein, R. (2014). Aktuelle Entwicklungen im Kurzsprint der Männer und daraus abgeleitete Schwerpunktsetzungen für das Training. *Leistungssport, 3*.

Hunter, J. P., Marshall, R. N. & McNair, P. J. (2004). Interaction of step length and step rate during sprint running. *Medicine and science in sports and exercise, 36* (2), 261-271.

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. & 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.

Young, M. (2007). *Maximal velocity sprint mechanics*. Monterey, CA: Coaches Choice.

Übertragbarkeit des sportpsychologischen Rahmenkonzepts im Deutschen Handballbund auf den Deutschen Schützenbund

(AZ 072028/16)

Jeannine Ohlert (Projektleitung)[1,2], Marion Sulprizio[1,3], Pia von Keutz[1] & Jens Kleinert[1,2]

[1]Deutsche Sporthochschule Köln, Psychologisches Institut, Abteilung Gesundheit & Sozialpsychologie
[2]Das Deutsche Forschungszentrum für Leistungssport Köln – momentum
[3]MentalGestärkt

1 Einführung und Problemstellung

Im Schießsport wird der Erfolg im Spitzenbereich weniger als in anderen Sportarten von körperlichen Voraussetzungen bestimmt, vielmehr spielen die mentalen Aspekte hier eine sehr große Rolle – vielleicht noch mehr als in anderen Sportarten (Haywood, 2006). Aus diesem Grund ist neben dem regulären (physiologischen) Training der Sportlerinnen bzw. Sportler die mentale Vorbereitung ein entscheidender Baustein in der Leistungsentwicklung junger Schützinnen und Schützen (Kratzer, 2013). Der DSB plant daher ein verbandseinheitliches sportpsychologisches Rahmenkonzept für alle vier Disziplingruppen (Flinte, Gewehr, Pistole und Bogen), welches sich auf die praktische Arbeit der Sportpsycholog_innen im Verband sowie die sportpsychologische Diagnostik bezieht1. Weiterhin sollen in das Curriculum der Trainerausbildung entsprechende Inhalte aufgenommen werden. Ziel des vorliegenden Projekts war daher die Schaffung der Grundlagen für die Erstellung einer sportpsychologischen Rahmenkonzeption im Deutschen Schützenbund (DSB) auf Basis der Grundlage des bereits für den Deutschen Handballbund (DHB; Linz & Ohlert, 2016) existierenden Konzepts.

1 Die Autorinnen und Autoren bedanken sich herzlich beim Bundestrainer Sportwissenschaft des DSB, Stefan Müller, für die konstruktive Zusammenarbeit während des Projekts.

2 Aufbau des Projekts & Methoden

Das Projekt gliederte sich in vier aufeinander aufbauende Teile. Im ersten Schritt wurden vorhandene, öffentlich zugängliche nationale und internationale sportpsychologische Rahmenkonzeptionen gesichtet und inhaltlich analysiert um diese gegebenenfalls als (Teil-)Vorlage, angepasst an die Möglichkeiten und Interessen des DSB, nutzen zu können. Im zweiten Schritt wurden in einer Vollerhebung mittels eines Online-Fragebogens alle aktuellen Kaderathlet_innen sowie die Bundes- und Landestrainer_innen zu ihren bisherigen Erfahrungen mit sportpsychologischer Betreuung im DSB und ihren Wünschen für die Zukunft befragt. Mit ausgewählten Akteuren des DSB (Trainerinnen und Trainer, Psychologen, Athletinnen und Athleten unterschiedlicher Alters-, Kader- und Disziplingruppen) wurden im dritten Projektschritt fünf Fokusgruppen durchgeführt. Die Ergebnisse aus den beiden vorangegangenen Projektschritten dienten als Diskussionsgrundlage, um einerseits um Lösungen zu erarbeiten, wie die extrahierten Defizite aus der Befragung zukünftig behoben werden können und andererseits weitere Inhalte und Ideen zur Umsetzung einer sportpsychologische Rahmenkonzeption im Detail herauszuarbeiten. Abschließend erfolgte die Integration aller durchgeführten Projektschritte, die als Grundlage für die nachfolgende Erstellung der sportpsychologischen Rahmenkonzeption dienen soll.

3 Ergebnisse

3.1 Sichtung relevanter Rahmenkonzeptionen

Über alle bereits vorhandenen sportpsychologischen Konzeptionen (vor allem DHB, aber auch Deutscher Skiverband, Deutscher Schwimmverband, Schweizer Judoverband, sowie Leitfäden für die Trainerausbildung aus Dänemark und Österreich) hinweg wurde ein Modell entwickelt, welches die genannten Themen/Inhalte für die Stufen Trainerausbildung, Diagnostik, Athlet_innenausbildung in verschiedenen Entwicklungsstufen und Bedarfsmaßnahmen enthält (siehe Abb. 1).

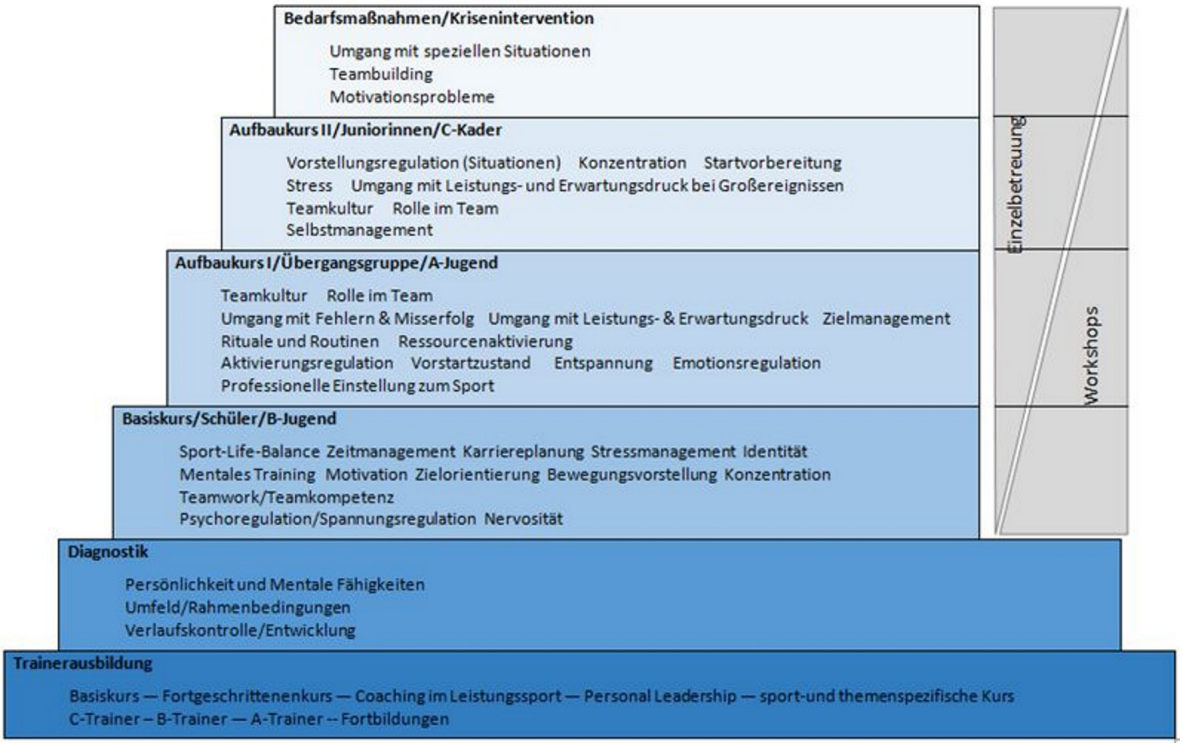


Abb. 1: Integration bestehender sportpsychologischer Rahmenkonzeptionen in ein Schema mit verschiedenen Ausbildungs- und Betreuungsstufen.

3.2 Befragung der Kaderathletinnen und -athleten und DSB-Trainerinnen und Trainer

Insgesamt gesehen zeigen die Daten der Athletinnen/Athleten-Befragung, dass es im DSB trotz erheblicher Mittel, die der Verband für sportpsychologische Betreuung bereitstellt, noch deutliches Verbesserungspotential in der Betreuung von Athletinnen bzw. Athleten gibt. Die Nutzungsraten sind zudem über die verschiedenen Disziplingruppen und Kader hinweg sehr heterogen und zeigen deutlich den Bedarf einer Vereinheitlichung.

Wenn die Athletinnen und Athleten die Betreuung nutzen, sind sie in der Regel auch zufrieden, und zwar sowohl mit der Betreuung als auch den daraus resultierenden Effekten für ihre Skills sowie den Bereich Wohlbefinden und Leistung (Bewertung erfolgte durch den QS17 nach Kleinert & Ohlert, 2014). Sowohl die Bewertung des Nutzens als auch der Weiterempfehlung kann als gut bezeichnet werden, auch wenn vor allem der Nutzen noch Optimierungspotential zeigt. Die zukünftige Wichtigkeit wird als sehr hoch bewertet.

Aus der Befragung der Trainerinnen und Trainer ergibt sich ein ähnliches Bild wie für die Befragung der Athletinnen und Athleten, nämlich dass die Mehrzahl der Trainerinnen/Trainer die verfügbaren Angebote des DSB für ihre Athletinnen und Athleten gar nicht kennen. Die Daten zur persönlichen Einbindung der Sportpsychologie in das eigene Training, errei-

chen durchschnittlich nur mäßig hohe Werte. Die Trainer_innen wünschen sich jedoch mehr Maßnahmen für ihre Athletinnen bzw. Athleten und bewerten auch die Wichtigkeit des Themas durchschnittlich als hoch. Coach-the-Coach-Angebote des DSB wurden von den Wenigsten genutzt, allerdings steht diese Möglichkeit auch nur bestimmten Personen offen. Solche Maßnahmen werden von den Trainerinnen und Trainern jedoch als wichtig eingestuft und sollten in Zukunft durch den DSB verstärkt angeboten werden.

3.3 Fokusgruppen mit relevanten DSB-Akteure

Die unterschiedlichen Akteure (Sportpsychologen und -psychologinnen, Trainerinnen und Trainer sowie Athletinnen und Athleten) decken im Rahmen der Fokusgruppen insgesamt ein umfassendes – wenngleich auch teilweise widersprüchliches – Bild der Einschätzung sportpsychologischer Angebote, deren Nutzung sowie Wünsche und Vorstellungen für die zukünftige Rahmenkonzeption ab. Relevante Unterschiede zwischen den drei Fokusgruppen ergaben sich für die Einschätzung der sportpsychologischen Angebote sowie deren Nutzung. Während die Sportpsychologinnen bzw. -psychologen selbst eher verwundert waren, dass Athletinnen und Athleten in der Befragung angaben, nur wenige sportpsychologische Angebote zu erhalten und auch wahrzunehmen, konnten Trainerinnen bzw. Trainer und Athletinnen bzw. Athletendie gefundenen Daten eher nachvollziehen. Unterschiede ergaben sich auch für den Einsatz des Diagnostik- und Trainingstools STEPS. Während die Sportpsychologen diese Anwendung als ausreichend empfinden, möchten die Trainerinnen und Trainer die Diagnostik gerne überarbeiten und auch die Aktiven empfehlen eine Innovation auf dem Gebiet der Diagnostik, damit die Motivation zum regelmäßigen Einsatz nicht verloren geht.

Als Gemeinsamkeit über alle drei Gruppen hinweg lässt sich formulieren, dass grundsätzlich von einer äußerst positiven Einstellung gegenüber der Sportpsychologie im DSB gesprochen werden kann. Alle Beteiligten sind der Auffassung, dass speziell der Schießsport mehr psychische Exzellenz erforderlich macht als viele andere Sportarten. Die Vertreter_innen der verschiedenen Gruppen machten in ihren Fokusgruppen außerdem deutlich, dass sie sich grundsätzlich mehr wettkampfnahe Betreuung im Training wünschen; dies bedeutet in erster Linie die Kopplung von mentalen Trainingsformen an das Schießtraining. Aber auch die Betreuung im Wettkampf möchten die meisten optimieren; das bedeutet, dass Sportpsychologinnen bzw. -psychologen ebenfalls an Wettkämpfen (national und international) vor Ort sein sollten. Vor allem Sportpsychologinnen und -psychologen sowie Trainerinnen und Trainer wünschen sich zukünftig mehr Coach-the-Coach-Angebote; Athletinnen bzw. Athleten äußern sich zu diesem Thema verständlicherweise nicht, sprechen sich aber – genau wie die beiden anderen Gruppen – für eine Optimierung der Trainerausbildung und Ergänzung von Inhalten zur Kommunikation zwischen allen beteiligten Gruppen aus.

Schaut man sich einmal Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen verschiedenen Subgruppen an, so fällt auf, dass die unterschiedliche Nutzung sportpsychologischer Angebote weniger von Alter, Kader oder Disziplin der Athletinnen bzw. Athleten abhängig zu sein scheint, sondern vielmehr vom Standort und der Zufriedenheit mit den dortigen Angeboten. Die Nichtnutzung der Sportpsychologie beruht somit eher nicht auf einer grundsätzlichen Ablehnung dieses Ausbildungsblocks, sondern eher auf unzureichender Aufklärung, Unzufriedenheit und/oder schlechter Erfahrungen, was die Dringlichkeit einer Rahmenkonzeption unterstützt. Eine Einigung über Ziele, Inhalte, Umfang und Durchführung sportpsychologischer Maßnahmen über alle Stützpunkte hinweg und die damit einhergehende Überprüfbarkeit und Transparenz gegenüber allen Beteiligten kann hier deutliche Abhilfe leisten. Dennoch muss eine Rahmenkonzeption die unterschiedlichen Voraussetzungen an den Stützpunkten beachten und Möglichkeiten anbieten, wie die Umsetzung der Struktur lokal funktionieren kann. Hierzu sollten genauere Untersuchungen zu Rahmenbedingungen an den verschiedenen Standorten erfolgen (z. B. Räumlichkeiten, Entfernung zum

OSP, Einzugsgebiet, Anzahl der Sportpsychologinnen bzw. -psychologen, Erreichbarkeit für die Athletinnen und Athleten, Disziplinen).

Als weiterer Punkt ist zu beachten, dass die Kaderstruktur im DSB im Gegensatz zu den meisten anderen Verbänden nicht von Alter oder Trainingsalter abhängig ist, sodass eine sehr heterogene Zusammensetzung von Athletinnen und Athleten im gleichen Kader vorzufinden ist. Eine Rahmenkonzeption sollte hierauf gesondert Rücksicht nehmen. Zuletzt weist die Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen den Verantwortlichen der einzelnen Disziplinen und der unterschiedlichen Standorte sowie innerhalb der Trainingsgruppen und Auswahlteams zum Teil deutliches Verbesserungspotential auf. Eine wirklich stimmige Teamkultur zwischen Athletinnen und Athleten, Trainerinnen und Trainern sowie Psychologinnen und Psychologen wurde nur für eine Disziplin beschrieben. Selbstverständlich handelte es sich bei den Fokusgruppen nicht um eine streng repräsentative Stichprobe, weshalb die Zuordnung und Generalisierbarkeit solcher Aussagen mit Vorsicht zu betrachten ist.

4 Diskussion

Zusammenfassend können für die sportpsychologische Rahmenkonzeption im DSB folgende Empfehlungen abgeleitet werden:

- Ausweitung und Regelmäßigkeit der sportpsychologischen Angebote für Athletinnen und Athleten sowie Trainerinnen und Trainer,
- frühere Vermittlung sportpsychologischer Basiskompetenzen, um Grundlagen frühzeitig zu sichern; verfügbares Budget für die D-Kader erhöhen,
- mehr Möglichkeiten zur Einzelbetreuung,
- praxisorientiertere, sportpsychologische Arbeit (d. h. direkt am Schießstand),
- einen ständig verfügbaren sportpsychologischen männlichen oder weiblichen Ansprechpartner (im Training und Wettkampf),
- Erhöhung sportpsychologischer Anteile in der Trainerausbildung,
- mehr Fortbildungen in Bereich der Sportpsychologie für Trainerinnen und Trainer,
- mehr Coach-the-Coach-Angebote,
- Überarbeitung des Diagnostik- und Trainingstools STEPS.

Mit Abschluss des Projekts stehen dem DSB somit konkrete Handlungsempfehlungen zur Verfügung, wie die aktuell noch vorhandenen Defizite in der sportpsychologischen Betreuung beim DSB behoben werden könnten, welche Kernpunkte eine sportpsychologische Rahmenkonzeption aus Sicht der relevanten Akteuren enthalten sollte und inwiefern sich dies mit den bereits vorhandenen Konzeptionen aus anderen Verbänden deckt. Diese Empfehlungen können als Grundlage für die nachfolgende Erstellung einer einheitlichen sportpsychologischen Rahmenkonzeption im DSB dienen und wertvolle Hinweise für eine optimale sportpsychologische Betreuungssituation im DSB liefern.

5 Literatur

Haywood, K. M. (2006). Psychological aspects of archery. In J. Dosil (Hrsg.), *The sport psychologist's handbook* (S. 549-566). West Sussex: Wiley & Sons.

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.

Kratzer, H. (2013). *Psychologie für Sportschützen: Ein Handbuch für Trainer und Sportler im Sportschießen*. Berlin: epubli GmbH.

Linz, L. & Ohlert, J. (2016). *Sportpsychologische Verbandskonzeption des Deutschen Handballbundes 2016-2020*. Köln: Sportverlag Strauß.

Biomechanische Technikanalyse zum Skiaufkantwinkel im Skisprung

(AZ 072036/16)

Johannes Petrat, Veronica Bessone & Ansgar Schwirtz (Projektleitung)

Technische Universität München, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaften, Professur für Biomechanik im Sport

1 Problem

Ein neues Bindungssystem (gekrümmte Stab-Verbindung von Sprungschuh und Skibindung im Fersenbereich, siehe Abb. 1) verschaffte Simon Amann bei den Olympischen Winterspielen 2010 aerodynamische Vorteile im Flugverhalten und verhalf ihm so zu größeren Sprungweiten. Dies bestätigten nachfolgende erfolgreiche Wettkampfresultate und veranlasste die Konkurrenz zur Anpassung im Materialsektor. Folglich begann im Bereich der Skiwinkeloptimierung ein bis heute andauernder Forschungs- und Entwicklungsprozess, dessen Transfer von der Weltspitze in den Nachwuchsbereich umzusetzen versucht wird. Seither ist eine individuelle Optimierung des Ski-Bindung-Systems unabdingbar, um international konkurrenzfähig zu sein. Das Augenmerk liegt dabei auf einem effektiven Skiaufkantwinkel (Drehung des Skis um seine Längsachse) im Flug unter aerodynamischen Gesichtspunkten. Hierbei ist das Ziel, unmittelbar nach der Absprungphase eine optimale Flugposition zu erlangen und möglichst viel Auftrieb zu erzeugen (Jung, Staat und Müller, 2014). Dies gelingt über eine nahezu plane Anstellung der Ski (geringer Skiaufkantwinkel) im Luftraum und erfordert das Zusammenspiel von muskulärer Steuerung sowie eines technisch-mechanischen Systems bei der Verbindung des Schuhs mit der Skibindung. Da aus anatomischen Gründen der Beweglichkeit im Sprunggelenk Grenzen gesetzt sind, erfolgt die Steuerung des Skiaufkantwinkels primär über technologische Ansätze. Dabei haben sich unterschiedliche Bindungssysteme gleichermaßen profiliert, welche individuell auf den einzelnen Athleten abgestimmt werden müssen. Neben einer effektiven sportartspezifischen Bewegungstechnik des Athleten stellt die Abstimmung und Steuerung seines Materials mit die größte Herausforderung dar. Nur so können ideale Flugeigenschaften gewährleistet werden, aus denen optimale Voraussetzungen für große Sprungweiten resultieren.

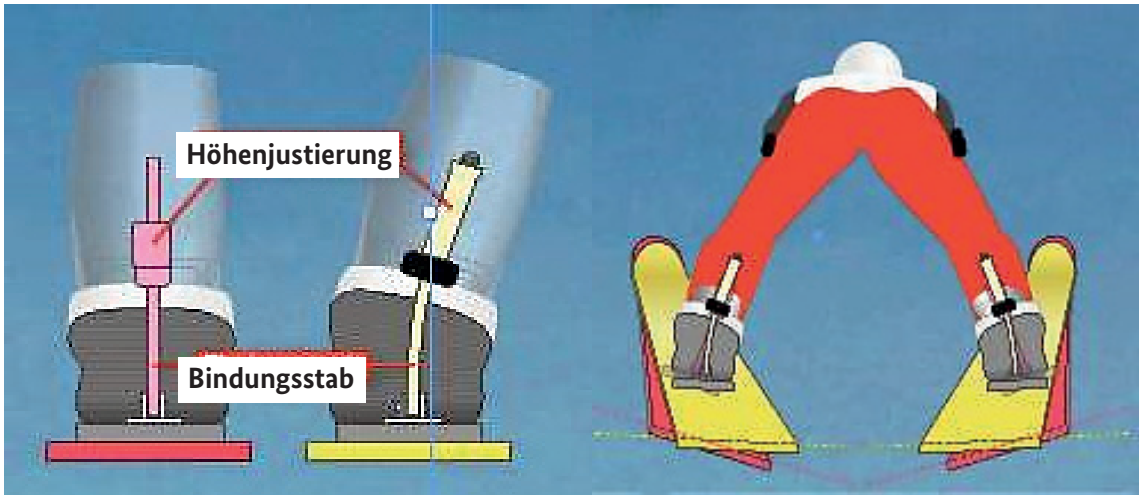


Abb. 1: Vergleich gerade mit gebogener Stabverbindung von Schuh und Ski (li) sowie daraus unterschiedlich resultierende Skiaufkantwinkel (re).

Die Wissenschaft im Skisprung beschäftigt sich neben kinematischen Fragestellungen im Bereich des Absprunges primär mit aerodynamischen Eigenschaften des Fluges. In dem Zusammenhang sind Untersuchungen zum Verhältnis von Luftwiderstand und -auftrieb im Windkanal seit Jahren Standard. So konnte Straumann bereits 1927 anhand aerodynamischer Analysen im künstlich erzeugten Windstrom einen Einfluss von Körper- und Skihaltung auf Flug-eigenschaften nachweisen. Ein zeitlich koordiniertes Körper-Ski-System im Flug stellt für den Athleten mit die größte Herausforderung dar (Kreibich 2003; Seo, Murakami und Yoshida, 2004; Schmölzer und Müller, 2005; Jung, Staat und Müller, 2014). Insbesondere die Stellung der Ski während der Luftfahrt weist ein leistungsentscheidendes Kriterium auf (Virmavirta, 2016). Eine möglichst plane Skiführung mit maximalen Auftriebseigenschaften ist dabei zielführend und muss primär über technologische Lösungsansätze im Bereich des Schuh- und Bindungssystems umgesetzt werden. Je flacher die Ski in der Transversalebene ohne Kontrollverlust geführt werden, desto mehr Auftrieb kann erzeugt werden.

Ziel des Projektes war eine umfassende Analyse des Skiaufkantwinkels während der Luftfahrt im Nachwuchsbereich (D/C, C-Kader). Die daraus gewonnenen methodischen und inhaltlichen Erkenntnisse sollen im Rahmen dieses Projektes eine sportartspezifische Technikdiagnostik ermöglichen und Optimierungsbereiche aufzeigen. Nur so kann eine frühzeitige und zielgerichtete Technikschulung im Nachwuchsbereich erfolgen und dadurch die Aneignung einer stabilen und effektiven Flugtechnik gewährleistet werden.

2 Methode

Die Skiwinkelmessung in der Flugphase des Skispringers wurde mittels inertialer Messeinheiten (IMU= Inertial Measurement Unit) vorgenommen. Die Messtechnik sowie eine dafür konzipierte Bedienersoftware wurden im Auftrag des Deutschen Skiverbandes (DSV) von der TUM entwickelt und bereits im Zeitraum 2012-2014 beim Skispringen erfolgreich eingesetzt. Die Datenlogger (siehe Abb. 2) sind wasserdicht und verfügen über einen Datenspeicher, eine Bluetooth-Schnittstelle, Beschleunigungssensoren sowie ein dreidimensionales Gyroskop. Die Aufnahmefrequenz beträgt 100 Hz, die Messgenauigkeit liegt bei < 0,5°. Auf den Skiern montiert kann deren Stellung im Luftraum als Winkel quantifiziert und im zeitlichen Verlauf abgebildet werden. Als Parameter wird der Skiaufkantwinkel [Grad] über die Flugzeit ermittelt und für die Analyse der Flugqualität unter aerodynamischen Gesichtspunkten herangezogen. Ergänzend wurden anhand einer 2D-Videoanalyse in Dorsalansicht Symmetrieeigenschaften der Körper-Ski-Haltung analysiert (siehe Abb. 3). Dadurch konnte dem Trainer und den Athleten Rückmeldung zum Flugverhalten gegeben und im Trainingsprozess Maßnahmen zu dessen Optimierung ergriffen werden.

Abb. 2: IMU (Maße: 35 x 35 x 20 mm, Gewicht: 25 g) beinhaltend Datenspeicher, Bluetooth-Schnittstelle, 3D-Gyroskop sowie Beschleunigungssensoren. Via USB-Verbindung erfolgen die Stromversorgung sowie der Datentransfer für die Auswertung (li). Skispringer auf dem Startbalken sitzend, IMU auf beiden Skiern montiert (re).

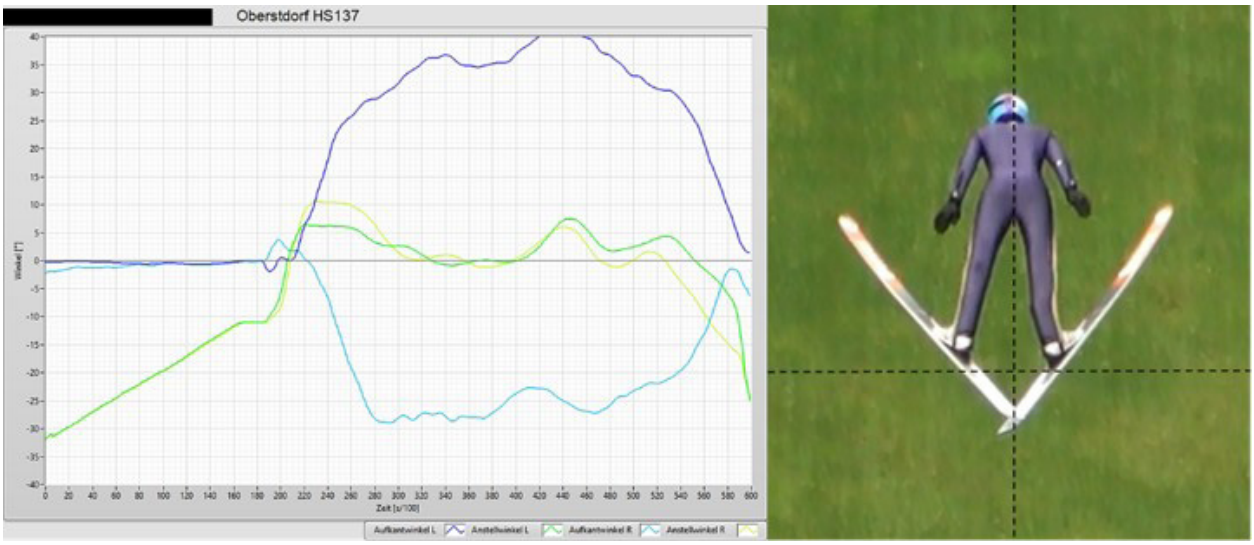


Abb. 3: Darstellung Skianstell- (grün) sowie Skiaufkantwinkel (blau) für linken und rechten Ski im zeitlichen Verlauf des gesamten Sprunges (li). 2D Videoanalyse in Dorsalansicht für die (re).

Die Logger wurden mittels Klebeband jeweils am hinteren Ende der Skibindung mittig befestigt (siehe Abb. 2). An dieser Stelle weist der Ski nahezu keine Schwingungs- und Torsionseigenschaften auf, wodurch die Messung nicht von Artefakten beeinflusst wird. Der Messablauf wurde manuell über eine Bluetooth-Verbindung im Anlaufbereich der Schanze gestartet, sobald der Sportler auf dem Startbalken saß. Mit dem Starten der Messung erfolgte mittels eines programmierten Messauftrages über 90 Sekunden die Datenaufzeichnung, welche anschließend automatisch gestoppt und gespeichert wurde. Die Rohdaten wurden im Anschluss der Trainingseinheit von den Datenloggern heruntergeladen und mittels der Software Matlab weiterverarbeitet. Eine detaillierte Auswertung der erhobenen Messdaten erfolgte zuletzt als grafische Darstellung (Report) für Trainer und Athleten (siehe Abb. 3).

Insgesamt standen acht inertiale Messeinheiten (IMU) zur Verfügung, so dass pro Trainingseinheit für vier Athleten eine Skiwinkelanalyse vorgenommen werden konnte. Über den Messzeitraum von Juli bis November 2016 wurden im Rahmen zentraler Trainingslehrgänge der Nachwuchs-Nationalmannschaften Skisprung (Ssp) und Nordische Kombination (NK) insgesamt 26 Athleten auf fünf unterschiedlichen Schanzen in 16 Trainingseinheiten gemessen, die folgenden Tabellen zeigen einen Überblick.

Tab. 1: Verteilung der betreuten Sportler auf beide Disziplinen mit Angaben zu Alter, Körpergröße und Körpergewicht.

	N	Alter	Größe [cm]	Gewicht [kg]
Ssp	10	17,3± 1,2	174,8± 8,6	58,9± 5,2
NK	16	17,6± 1,3	178,1± 5,6	63,9± 5,0
Gesamt	**26**	17,5± 1,3	176,5± 1,3	61,4± 5,1

Tab. 2: Gesamtumfang der Skiwinkelmessung mit Verteilung der Messeinheiten auf unterschiedliche Schanzen(größen).

Ort	Schanze	TE [N]	Sprünge [N]
Oberstdorf	HS 60	2	16
	HS 106	2	22
	HS 137	6	81
Hinterzarten	HS 108	3	26
Oberhof	HS 100	3	67
	Gesamt	**16**	**212**

3 Ergebnisse

Mittels Drehratensensoren (Gyroskop) und einer 2D-Videoanalyse in Dorsalansicht konnte die Kinematik des Körper-Ski-Systems qualitativ genauer analysiert sowie Skiwinkel während der Flugphase quantifiziert werden. Hierbei standen insbesondere Symmetrieeigenschaften der Skistellung im Luftraum sowie deren Bezug zum Körper unter aerodynamischen Aspekten im Vordergrund (Abb. 3).

Bei Betrachtung des Skiaufkantwinkels über die gesamte Flugdauer ist eine hohe inter- sowie intraindividuelle Variabilität festzustellen. Die Absolutwerte unterscheiden sich über alle Athleten (N = 26; Skisprung und Nordische Kombination) punktuell um bis zu 40 Grad (Min = 14°, Max = 54°), im Längsschnittvergleich bis zu 21 Grad. Intraindividuell betrachtet streut der mittlere Aufkantwinkel durchschnittlich um ± 8°. Die mittlere laterale Abweichung (linker zu rechter Ski) liegt bei 16 % (Skiaufkantwinkel) bzw. 7 % (Skianstellwinkel) (siehe Abb. 4). Aus aerodynamischen Gesichtspunkten ist eine symmetrische Skihaltung zielführend, was über möglichst gleiche Winkelwerte für beide Ski umzusetzen ist. Im zeitlichen Verlauf zeigen sich Defizite hinsichtlich einer gleichmäßigen Positionierung bzw. einer stabilen Haltung der Ski im Luftraum.

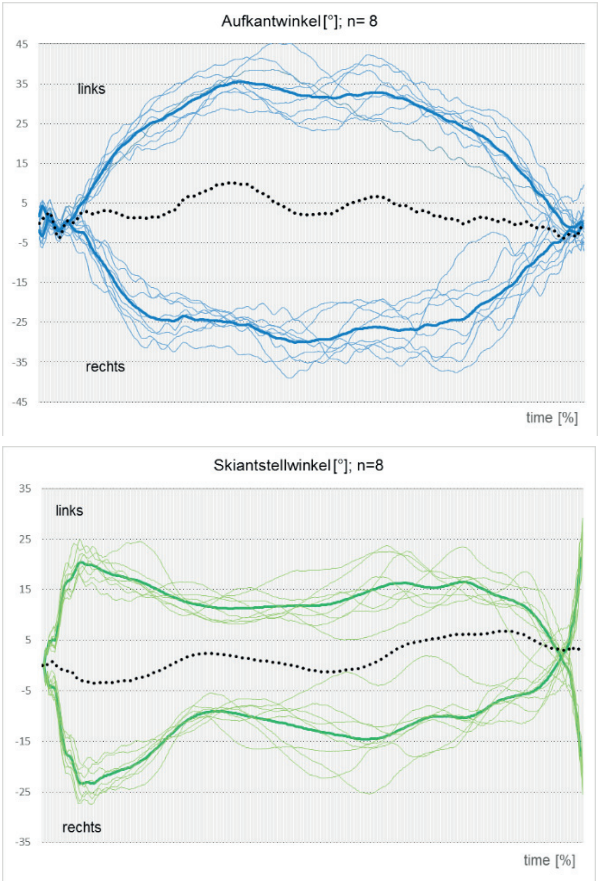


Abb. 4: Skiaufkant- (oben) sowie Skianstellwinkel (unten) eines Athleten im intraindividuellen Vergleich relativ zur Flugzeit. Einzelsprünge (dünne Linie) mit Mittelwertskurve (dicke Linie) sowie lateraler Abweichung (schwarz gestrichelt).

Unter Einfluss verschiedener Bindungssysteme ändert sich die Skiführung sowohl qualitativ als auch quantitativ (siehe Abb. 5). Bei Vernachlässigung anderer relevanten Einflussfaktoren zeigt sich ein Effekt bei systematischer Anwendung bestimmter Bindungsmodelle, der individuell verschieden ausfällt und nicht pauschal beschrieben werden kann.

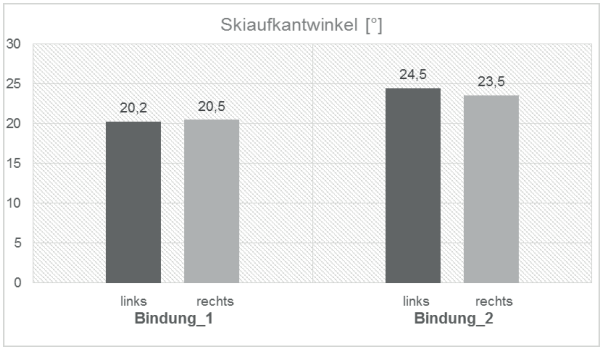


Abb. 5: Zwei unterschiedliche Skibindungen mit resultierenden Skiaufkantwinkel im Vergleich.

Wird der Skiaufkantwinkel als Parameter in Bezug zur Leistung (Flugzeit, -weite) gesetzt, zeigt sich ein hoher positiver Zusammenhang. Kleinere Aufkantwinkel gehen mit längeren Flugzeiten einher (siehe Abb. 6).

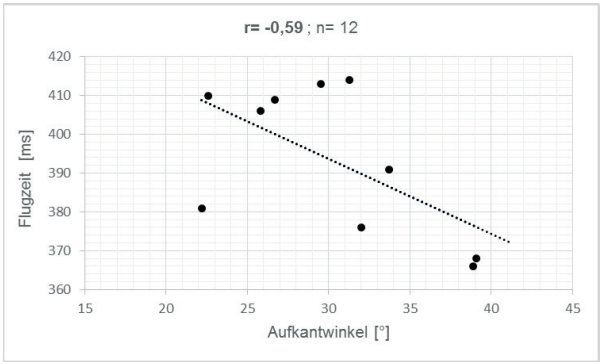


Abb. 6: Zusammenhang von Skiaufkantwinkel und entsprechender Flugzeit bei konstanten äußeren Bedingungen.

Eine statistische Analyse der erhobenen Daten ist derzeit in Arbeit und soll nachträglich dargestellt werden.

4 Diskussion

Mittels IMU sowie einer 2D-Videoanalyse in Dorsalansicht können Flugeigenschaften des Skispringers effektiv analysiert werden. Der Messaufwand ist als gering einzuordnen, die insbesondere für den bewegungstechnischen sowie technologischen Entwicklungsprozess gewonnenen Erkenntnisse sind notwendig und zielführend.

In Rahmen des Serviceprojektes wurden die resultierenden Skiwinkel primär über die gesamte Flugzeit betrachtet. Unter Beachtung der unterschiedlichen Flugphasen eines Skisprunges (Übergangsphase, stabile Flugphase, Landevorbereitung und Landung) ist die Skikinematik für eine noch detailliertere Technikanalyse phasenabhängig zu analysieren. Aufgrund verschiedener Flugtechniken basierend auf u. a. differierenden anthropometrischen Eigenschaften der Athleten sowie in Abhängigkeit von unterschiedlichen Schanzengrößen/-profilen und äußeren Bedingungen (Wind, Luftdruck, Luftfeuchte) muss die Interpretation der resultierenden Skiwinkel individuell und in Bezug auf den Körper unter biomechanischen Gesichtspunkten (Körper-Ski-System) erfolgen. Zudem ist entscheidend, spezifische Parameter in Abhängigkeit der Flugzeit und Sprungweite zu betrachten. Daher gilt es, Einzelsprünge zeitlich zu normalisieren, um Parameter direkt vergleichbar zu machen. Bei der Interpretation von Absolutwerten der Skiwinkel ist ein Vergleich mit Spitzensportlern erforderlich, um etwaige Unterschiede auszumachen. Aufgrund der dreidimensionalen Stellung der Ski im Luftraum ist für deren komplette Lagebeschreibung neben dem Skiaufkantwinkel (Longitudinalachse) ebenso der Skianstellwinkel (Horizontalachse) sowie der Ski- bzw. V-Öffnungswinkel (Sagittalachse) zu berücksichtigen. Da sich in Abhängigkeit der Skiführung während des Fluges alle drei Winkel gegenseitig beeinflussen, ist das Flugsystem stets als komplexes Gesamtabbild zu betrachten, welches im Detail nur schwer zu analysieren ist.

Für einen validen Längsschnitt- wie Querschnittsvergleich ist eine minimale Anzahl von Sprüngen notwendig, um die z. T. geringe Reliabilität der Sprungtechnik/-leistung junger Athleten bestmöglich kontrollieren zu können. Erst über eine Vielzahl (n > 10) an Sprüngen unter vergleichbaren Umständen (äußere Bedingungen, Bewegungstechnik etc.) ist eine valide Abbildung der Skikinematik bzw. der Bewegungstechnik im Sinne eines „Fingerabdruckes“ möglich. Zudem sollten bereits im Jugendalter beide Disziplinen – Skisprung und Nordische Kombination – differenziert betrachtet und sportartspezifische Anforderungen berücksichtigt sowie daraus unterschiedlich resultierende Maßnahmen ergriffen werden.

Die Quantifizierung der Skiwinkel ist letztendlich nur dann sinnvoll, wenn ein Bezug zur Leistung (Sprungweite) hergestellt wird und diese kausal interpretiert werden kann (z. B. verschiedene Skibindungssysteme). Im Rahmen des Serviceprojektes stand zunächst die Erfassung des Ist-Zustandes in Bezug auf bewegungstechnische Fertigkeiten sowie individuelle Materialabstimmung von Nachwuchsathleten im Vordergrund, um danach über bestimmte Maßnahmen insbesondere im Bereich technologischer Ansätze eine Optimierung der Skiwinkel vorzunehmen.

5 Praxistransfer und Fazit

Basierend auf der Trainings- und Wettkampfplanung für die Saison 2016/17 wurden im Sommer Trainingslehrgänge gezielt für die Umsetzung des Service-Projektes herangezogen. Dabei wurden die innerhalb jeder einzelnen Trainingseinheit messmethodisch erfassten Erkenntnisse direkt mit Trainern und Athleten kommuniziert und diskutiert. So bestand die Möglichkeit, kurzfristig zwischen einzelnen Trainingseinheiten bzw. -tagen trainingsmethodisch zu reagieren und Korrekturen über spezifische Maßnahmen (unterschiedliche Bindungssysteme, Bewegungstechnik) umzusetzen. Dadurch konnte eine kontinuierliche Analyse der Flugphase über folgende Trainingseinheiten und -zyklen erfolgen und die Technikentwicklung insbesondere im Längsschnitt beobachtet werden. Im Vordergrund standen die individuelle Materialabstimmung sowie eine Optimierung der Flugtechnik bis zum Auftakt der Wettkampfsaison im November 2016.

Rückblickend kann die Umsetzung des Projektes als erfolgreich und für die Zukunft als zielführend eingeordnet werden. Da die Nutzung eines Windkanals als prozessbegleitende Maßnahme für eine Technikdiagnostik des Flugverhaltens unter ökonomischen Gesichtspunkten keine Lösung darstellt, können mit der Anwendung von IMU (Inertial Measurement Units) leistungsrelevante Parameter im Sinne einer Feld-Diagnostik abgebildet werden. Diese Methodik ist bereits in anderen Wintersportarten erprobt (Aminian, 2015) und bedarf keiner aufwendigen Rahmenbedingungen im Messablauf. Die Resonanz von Trainern und Athleten ist überaus positiv und zieht eine konsequente Weiterführung der trainingswissenschaftlichen Betreuung nach sich. So kann der Anforderung nach einer frühen Spezialisierung der Bewegungstechnik im Nachwuchsbereich gerecht werden und eine gezielte Trainingssteuerung dahingehend erfolgen.

6 Literatur

Chardonnens, J., Favre, J., Cuendet, F., Gremion, G., & Aminian, K. (2013). A system to measure the kinematics during the entire ski jump sequence using inertial sensors. *Journal of biomechanics, 46* (1), 56-62.

Jung, A., Staat, M. & Müller, W. (2014). Flight style optimization in ski jumping on normal, large and ski flying hills. *Journal of biomechanics, 47* (3), 716-722.

Kreibich, S. (2003). Untersuchungen zur Optimierung der Bindungseinstellung und Materialanpassung im Skispringen. *Leipziger sportwissenschaftliche Beiträge, 44* (2), 111-126.

Schmölzer, B. & Müller, W. (2005). Individual flight styles in ski jumping: results obtained during Olympic Games competitions. *Journal of biomechanics, 38* (5), 1055-1065.

Seo, K., Murakami, M. & Yoshida, K. (2004). Optimal flight technique for V-style ski jumping. *Sports engineer, 7* (1), 97-104.

Straumann, R. (1927). *Vom Skiweitsprung und seiner Mechanik. Jahrbuch des Schweizerischen Skiverbandes*, Selbstverlag des SSV.

Virmavirta, M. (2016). *Aerodynamics of ski jumping. The engineering approach to winter sports*. SpringerLink, 153-181.

Einsatz des psychophysiologischen Parameters Cortisol zur Erfassung der Wettkampf- und Trainingsbelastung im Taekwondo

(AZ 072045/16)

Babett Lobinger, Franziska Lautenbach (Projektleitung) & Werner Mickler

Deutsche Sporthochschule Köln, Psychologisches Institut, Abt. Leistungspsychologie

1 Problem

In der Sportart Taekwondo spielen neben den physischen Parametern vor allem psychische Aspekte im Wettkampf eine enorme Rolle, da ein Kämpfer sich mit einem Gegner mittels Fuß- und Fausttechniken auseinandersetzen muss. Um die Athleten optimal auf den Wettkampf vorbereiten zu können, werden in den vorbereitenden Trainingseinheiten auch „Simulationswettkämpfe“ durchgeführt, bei denen die Athleten die Aufgabe haben, gegen einen Sparringspartner mit bestimmten technisch-taktischen Verhaltensweisen zu kämpfen. In diesen „Simulationswettkämpfen“ stehen die Trainer allerdings vor dem Problem, genau die Intensität und Belastungsstruktur wie im Wettkampf zu erreichen. Ziel der Pilotstudie war es, dass Stresshormon Cortisol zur Erfassung von Trainingssituationen, wettkampfähnlichen Trainingssituationen und tatsächlichen Wettkämpfen einzusetzen, um die verschiedenen Sportsituationen im Anschluss auf ihre psychischen und physiologischen Beanspruchungen zu vergleichen. Die Studie ist als Pilotstudie zu verstehen, die zunächst im Juniorenbereich erprobt werden soll, um sportartspezifische Trainingskonsequenzen abzuleiten, die möglicherweise später auch im Seniorenbereich eingesetzt werden könnten.

2 Methode

Die geplanten Maßnahmen sahen vor, dass zwanzig Nachwuchsathleten (10 Frauen, 10 Männer) vor, während und nach einer Trainingseinheit (T), einem simulierten Wettkampf (sW) und einem tatsächlichen Wettkampf (W) hinsichtlich ihres subjektiven und objektiven Stresslevels untersucht werden sollten. Zur Messung des subjektiven Stresslevels wurde in Anlehnung an Lazarus (2000) vor dem T, sW und W die primäre und sekundäre kognitive Bewertung mit Hilfe des PASAs–Primary Appraisal Secondary Appraisal (Gaab, 2009) erhoben und ein Stressindex berechnet. Je geringer der Stressindex, desto weniger gestresst sind die Athleten. Zur Messung des objektiven Stresslevels wurden vor, während und nach dem T, sW und W Speichelcortisol erhoben. Siehe Tab. 1 für die umgesetzten Maßnahmen.

Tab.1. Umsetze Maßnahmen inklusive Ort, Datum und Stichprobengröße.

Art der Daten	Ort	Datum	Stichprobe
Wettkampfdaten	Innsbruck Austrian Open	04. - 05.06.2016	24
Trainingsdaten	Hennef	28.08.2016	20
Simulierte Wettkampfdaten	Hennef	01.10.2016	12

3 Ergebnisse

Im Folgenden werden ausschließlich für das Projekt relevante Ergebnisse dargestellt.

3.1 Deskriptive Statistik

In Tab. 2 sind die Ergebnisse der Cortisolwerte (in nmol/l) zu jedem Messzeitpunkt und die Stressindexwerte, erhoben mit dem PASA, angegeben. Abb. 1 und 2 zeigen die grafische Darstellung der Daten von den Athleten, von denen alle Cortisol- und Stressindexwerte vorhanden sind.

Tab. 2. Cortisol- und Stressindexwerte von allen erhobenen Daten.

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
T Cortisol 1 in nmol/l	24	10,10	5,19	2,48	23,74
T Cortisol 2 in nmol/l	24	14,10	14,04	0,83	54,92
T Cortisol 3 in nmol/l	24	14,30	12,03	2,76	49,40
T Cortisol 4 in nmol/l	23	12,65	12,13	1,38	40,85
T Stressindex	24	-1,08	0,54	-2,00	0,25
sW Cortisol 1 in nmol/l	12	12,00	7,40	2,20	27,60
sW Cortisol 2 in nmol/l	12	14,60	10,98	1,70	35,10
sW Cortisol 3 in nmol/l	12	15,33	11,37	3,00	46,90
sW Cortisol 4 in nmol/l	12	18,52	14,07	1,40	50,00
sW Stressindex	12	-0,96	0,38	-1,50	-0,38
W Cortisol 1 in nmol/l	20	44,30	20,03	15,18	83,35
W Cortisol 2 in nmol/l	16	35,86	24,43	9,66	86,94
W Cortisol 3 in nmol/l	20	60,15	27,49	8,83	86,94
W Cortisol 4 in nmol/l	19	64,80	20,49	26,50	86,94
W Stressindex	20	-0,74	0,58	-2,00	0,25

Note: T = Training; sW = simulierter Wettkampf; W = Wettkampf; 1 = 30 min vorher; 2 = während; 3 = direkt danach; 4 = 30 min danach.

3.2 Cortisol

Auf Grund dessen, dass die Stichprobe gering ist und die Daten nicht normalverteilt sind, wurden ausschließlich nichtparametrische Testverfahren verwendet. Dafür wurde zunächst ein Gesamtcortisolwert durch die Summierung der einzelnen Cortisolwerte innerhalb jeder Bedingung (T, sW, W) berechnet für jeweils vollständige Datensätze ($N = 8$).

Um zu überprüfen, wie sich die verschiedenen Bedingungen auf die objektiven Stresswerte auswirken, wurde Friedmans zweifaktorielle Varianzanalyse nach Rang bei verbundenen Stichproben gerechnet. Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Unterschied zwischen den Bedingungen, χ^2 (2, $N = 8$) = 14.250, $p = .001$. Da drei post-hoc Analysen mit Hilfe des Wilcoxon Vorzeichenrangtest nötig sind, wurde die Fehlerwahrscheinlichkeit auf $p \leq .017$ gesetzt. Die Analysen zeigen, dass Cortisol signifikant höher in der echten Wettkampfbedingung ist als in der simulierten Wettkampfbedingung ($T = 0.00$, $p = .005$, $r = -.14$) und in der Trainingsbedingung ($T = 2.00$, $p < .001$, $r = -.01$). Es besteht kein signifikanter Unterschiede zwischen der Trainings- und der simulierten Wettkampfbedingung ($p = .214$).

Um die einzelnen Testzeitpunkte innerhalb der Bedingungen (W, sW, T) miteinander zu vergleichen, wurden jeweils zwei Wilcoxon Vorzeichenrangtests durchgeführt. Da kein signifikanter Unterschied zwischen Trainings- und simulierter Wettkampfbedingung im gesamten vorhanden war, wird in Folge ausschließlich die tatsächliche Wettkampfbedingung mit Trainings- und simulierter Wettkampfbedingung verglichen. Hierzu wurde die Fehlerwahrscheinlichkeit auf $p \leq .025$ gesetzt.

Dreißig Minuten vor (C1) echtem Wettkampfbeginn ist Cortisol signifikant höher als im simulierten Wettkampf ($T = 0.00, p = .005, r = -.14$) oder im Training ($T = 0.00, p < .001, r = -.11$).

Während der Bedingungen (C2) gibt es keine signifikanten Unterschiede im Cortisollevel sowohl zwischen dem echten und dem simulierten Wettkampf ($p = .051$), als auch zwischen dem echten Wettkampf und dem Training ($p = .03$).

Direkt nach dem echten Wettkampf (C3) ist Cortisol signifikant höher als direkt nach dem simulierten Wettkampf ($T = 2.00, p = .009, r = -.13$) oder im Training ($T = 5.00, p = .001, r = -.10$).

Dreißig Minuten nach dem Wettkampf (C4) ist Cortisol signifikant höher als 30 Minuten nach dem simulierten Wettkampf ($T = 0.00, p = .005, r = -.14$) oder im Training ($T = 0.00, p < .001, r = -.11$).

3.3 Interferenzstatistik: Subjektiver Stress (Stressindex)

Friedmans zweifaktorielle Varianzanalyse nach Rang bei verbunden Stichproben zeigt einen signifikanten Unterschied zwischen den Bedingungen χ^2 (2, N =10) = 16.800, $p < .001$. Post-hoc Analysen mit angepasster Fehlerwahrscheinlichkeit auf $p \leq .017$ zeigen, dass der echte Wettkampf subjektive stressiger für die Athleten ist als der simulierte Wettkampf ($T = 78.00, p = .002, r = .13$) als auch die Trainingsbedingung ($T = 15.50, p = .011, r = -.07$). Es besteht kein signifikanter Unterschied zwischen Trainingsbedingung und simulierter Wettkampfbedingung ($p = .061$). Siehe Abb. 2.

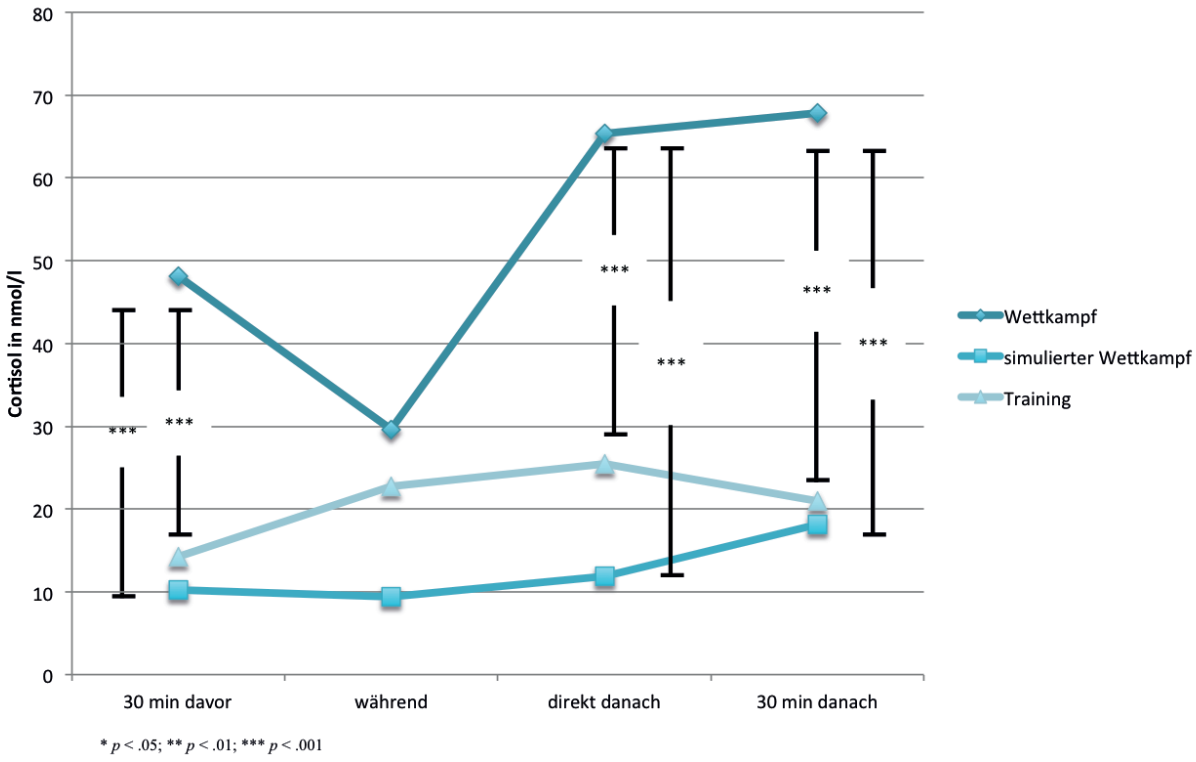


Abb. 1: Cortisolwerte der Athleten (Stichprobengröße zwischen 8 und 16) während des Wettkampfs, des Trainings und des simulierten Wettkampfes.

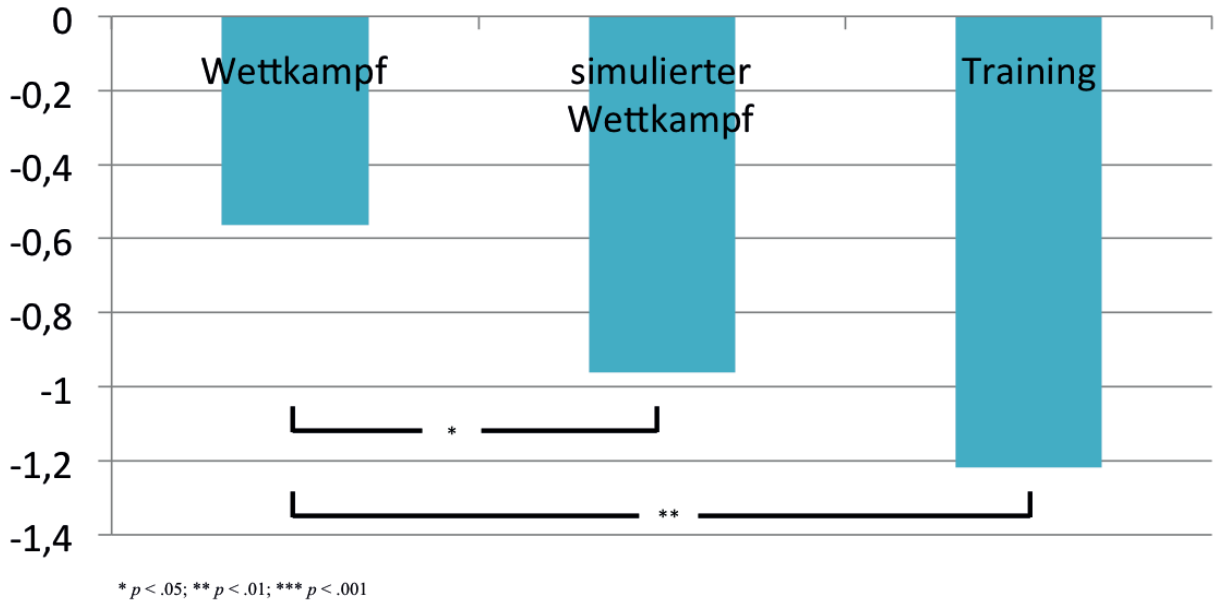


Abb. 2: Stressindex der Athleten (N = 8) erhoben mit dem PASA vor dem Wettkampf, Training und simulierten Wettkampf.

3.4 Ausnahme durch Einzelfallbetrachtung

Für die praktisch angewandte Sportpsychologie ist es relevant, sich den einzelnen Athleten genau anzusehen, um individuelle Interventionen zu gestalten. Aus diesem Grund werden in Abb. 3 die Cortisolwerte von Training und Wettkampf eines 17-jährigen Athleten veranschaulicht, bei dem ein entgegengesetztes Belastungsmuster zur Gesamtstichprobe deutlich wird. In Abb. 4 sind die Stresswerte eines 14-jährigen Athleten grafisch dargestellt, der ebenfalls ein von der Gesamtstichprobe abweichendes Stressempfinden aufweist.

4 Diskussion

Ziel der Pilotstudie war es, dass Stresshormon Cortisol zur Erfassung von Trainingssituationen, wettkampfähnlichen Trainingssituationen und tatsächlichen Wettkämpfen einzusetzen, um die verschiedenen Sportsituationen im Anschluss auf ihre psychischen und physiologischen Beanspruchungen zu vergleichen. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl subjektiver als auch objektiver Stress über die tatsächlichen Wettkampfbedingung am höchsten ist.

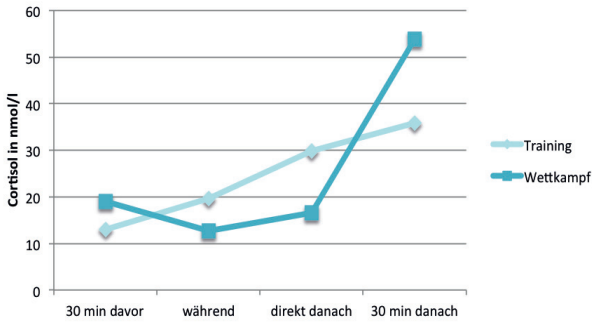


Abb. 3: Cortisolwerte eines männlichen Athleten (17 Jahre) während des Wettkampfs und des Trainings.

Abb. 4: Stressindex eines männlichen Athleten (14 Jahre) erhoben mit dem PASA vor dem Wettkampfs und dem Training.

4.1 Cortisol vor, während und nach Bedingungen

Das Cortisol u. a. vor einem Wettkampf höher ist, als bei einem simulierten Wettkampf konnte bereits mehrfach in anderen Sportarten wie zum Beispiel Judo (Filaire et al., 2001) oder Wrestling (Passelergue & Lac, 1999) gezeigt werden. Aus praktischer Sicht stellt sich hier zum einen die Frage, welche Möglichkeiten ergriffen werden können, um Trainings- und simulierte Wettkampfsituationen so anzupassen, dass Athleten überhaupt die Möglichkeiten haben, gelernte Aktivationsregulationstechniken zu üben. Zum anderen darf die Frage nach der Relevanz einer erhöhten psychophysiologischen Belastung vor dem Wettkampf zur Mobilisierung von notwendiger Energie nicht außer Acht gelassen werden.

Während des tatsächlichen Wettkampfes und der Trainings- und simulierten Wettkampfsituationen ist die psychophysiologische Belastung statistisch zwar nicht signifikant unterschiedlich (p = .051), aber mit Blick auf die deskriptiven Daten wird deutlich, dass Cortisol fast drei mal so hoch während des tatsächlichen Wettkampfes im Vergleich zur Trainings- und simulierten Wettkampfsituation ist. Somit ist die Praxis auch hier gefragt, geeignete Strategien im Wettkampf mit Athleten zu erarbeiten.

Die signifikant höhere psychophysiologische Belastung nach der Wettkampfbedingung kann als Folge der stärkeren psychophysiologischen vor und während der Wettkampfsituation verstanden werden und ist bereits mehrfach in der Fachliteratur gezeigt worden (siehe Überblicksartikel von Salvador & Costa, 2009). Da viele Athleten nach einem ersten Kampf zeitnah einen weiteren absolvieren müssen, ist die Praxis hier gefordert, Nachwettkampfinterventionen zur schnellen und effektiven Regeneration zu entwickeln.

4.2 Limitationen

Da es sich um eine Feldstudie handelt, sollten die Ergebnisse, trotz großer Effektstärken bei einer doch geringen Stichprobengröße, unter Berücksichtigung folgender Limitationen betrachtet werden. Zum einen waren einige Athleten häufiger verletzt. Bei Verletzungen und Entzündungen bildet sich körpereigenes Cortisol und kann somit Werte verfälschen. Zum anderen konnten die Uhrzeiten zwischen den verschiedenen Bedingungen nicht wie unter Laborbedingungen kontrolliert werden. Aus diesem Grund waren die Cortisolerhebungen des tatsächlichen Wettkampfes i. d. R. früher am Tag, wenn Cortisol auf Grund des zirkadianen Rhythmuses höher ist, als die Erhebungen vom simulierten Wettkampf und vom Training. Mit Bezug auf die subjektiven Stressdaten, erhoben mit dem PASA (Gaab, 2009) ist zu sagen, dass während der Testungen besonders die jüngeren Athleten Herausforderungen mit den Fragen per se hatten. Es sollten zukünftig andere Fragebögen vor allem für jüngere Athleten verwendet oder entwickelt werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend bleibt trotz aller Limitation festzuhalten, dass die psychophysiologische Belastung von simulierten Trainingswettkämpfen und der Trainingsbelastung nicht an tatsächliche Wettkampfbelastung herankommt. Aus diesem Grund sollten individuelle (siehe Einzelfallbetrachtung) und gesamtheitliche Trainingsinterventionen abgeleitet werden, die in der Regel zu einer Erhöhung der psychophysiologischen Belastung während des Trainings führen sollten, um Athleten besser auf den tatsächlichen Wettkampf vorzubereiten. Darüberhinaus bleibt offen, wie hoch die individuelle psychophysiologische Belastung für die optimale Leistung sein sollte. Die Ergebnisse der Pilotstudie geben somit Anlass zu einer weiteren Untersuchung mit einer größeren Stichprobenanzahl und mehrfachen Erhebungen der Athleten und ihrer Leistung (z. B. Sieg, Niederlage, Punkte) um die jetzigen Ergebnisse zu untermauern, weiterzuführen und z. B. auf Senioren auszuweiten.

6 Literatur

Bradley, M. M. & Lang, P. J. (1994). Measuring emotions: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry, 25*, 49-59.

Crewther, B. T., Heke, T. & Keogh, J. W. (2011). The effects of training volume and competition on the salivary cortisol concentrations of Olympic weightlifters. *The Journal of strength & conditioning research, 25* (1), 10-15.

Crewther, B. T., Lowe, T., Weatherby, R. P., Gill, N. D & Keogh, J. (2009). Neuromuscular performance of elite rugby union players and relationships with salivary hormones. *Journal of strength and conditioning research, 23*, 2046-2053.

Ehrlenspiel F. & Strahler K., 2012. *Psychoneuroendocrinology of Sport and Exercise: Foundations, markers, trends*. Oxford, UK: Routledge.

Filaire, E., Maso, F., Sagnol, M., Ferrand, C. & Lac, G. (2001). Anxiety, hormonal responses, and coping during a judo competition. *Aggressive behavior, 27* (1), 55-63.

Gaab, J., Rohleder, N., Nater, U. M. & Ehlert, U. (2005). Psychological determinants of the cortisol stress response: The role of anticipatory cognitive appraisal. *Psychoneuroendocrinology, 30* (6), 599-610.

Hayes, M. H. S. & Paterson, D. G. (1921). Experimental development of the graphic rating method. *Psychological bulletin, 18*, 98-99.

Kirschbaum, C. & Hellhammer, D. H. (2000). Salivary cortisol. In G. Fink (Hrg.), *Encyclopedia of Stress* (Vol. 3, S. 379-383). San Diego, CA: Academic Press.

Lautenbach, F., Laborde, S., Klämpfl, M. & Achtzehn, S. (2015). A link between cortisol and performance: An exploratory case study of a tennis match. *International journal of psychophysiology, 98*, 167-173.

Lazarus, R. S. (2000). How emotions influence performance in competitive sports. *The sport psychologist, 14*, 229-252.

Papacosta, E. & Nassis, G. P. (2011). Saliva as a tool for monitoring steriod, peptide and immune markers in sport and exercise science. *Journal of science and medicine in sport, 14*, 424-434.

Passelergue, P. & Lac, G. (1999). Saliva cortisol, testosterone and T/C ratio variations during a wrestling competition and during the post-competitive recovery period. *International Journal of sports medicine, 20* (2), 109-113.

Salvador, A. & Costa, R. (2009). Coping with competition: neuroendocrine responses and cognitive variables. *Neuroscience & biobehavioral reviews – Journal, 33*, 160-170.

PedalMedal – Optimierung des Pedal-Schuh-Systems für das Bahnradfahren

(AZ 072061/16)

Eckehard F. Moritz (Projektleitung) & Ingo P. Valtingoier
Innovationsmanufaktur GmbH

1 Zusammenfassung

Im Rahmen des hier beschriebenen Serviceprojekts wurde ein neues Pedal-Schuh-System für den Bahnradsport konzipiert und als Prototyp umgesetzt. Im Vergleich zu herkömmlichen Systemen, die aus dem Straßenrennsport adaptiert sind, konnten neben der wirksamen Vermeidung von Fehlauslösungen auch die Kraftübertragung verbessert und die Aerodynamik optimiert werden. Das erste spezifisch für den Bahnradsport entwickelte Pedalsystem soll zunächst ausgewählten Athletinnen und Athleten im Bund Deutscher Radfahrer zur Verfügung gestellt werden, nach Optimierung und Vereinfachung des Fertigungsprozesses und der dadurch zu erwartenden Senkung der Herstellkosten ist auch eine Anwendung in der Breite denkbar; darüber hinaus kann das System auch in einzelnen Disziplinen des Straßenrennsports – wie beispielsweise dem Einzelzeitfahren – sinnvoll eingesetzt werden.

2 Hintergrund und Zielsetzung

Die im Straßenradrennsport weit verbreitete Lösung der Klickpedale stößt insbesondere in den Kurzzeitdisziplinen des Bahnradsports an ihre Grenzen. Hierfür sind in erster Linie die folgenden Gründe verantwortlich:

- **Die enorme Kraftentfaltung:** „Steher“ wie Chris Hoy schaffen es, 2.280 Watt in die Pedale zu drücken und ziehen. Zum Vergleich: Andre Greipel fuhr bei einem Etappensieg bei der Tour de France mit ca. 1.800 Watt vor Mark Cavendish im Sprint ins Ziel.
- **Die Konsequenzen eines „Rausrutschens“:** Bei den Speeddisziplinen des Bahnradsports führt ein Herausrutschen aus den Pedalen fast unweigerlich zum Sturz. Dadurch ist nicht nur der Wettkampf beendet, sondern es besteht auch ein hohes Verletzungsrisiko.
- **Die zu hohe Verlustleistung:** Klickpedale sind kaum komplett spielfrei zu konstruieren, die Fixierung des Fußes wird darüber hinaus nur durch den Schuh sichergestellt. Durch eine bessere Ein- und Anbindung des Fußes kann die Verlustleistung für Stabilisierungsanforderungen gesenkt und dadurch mehr Kraft in den Vortrieb eingebracht werden.

Aus diesen Gründen sind heute Zusatzriemen verbreitet, mit denen der Fuß weiter gesichert wird. Diese Lösung mutet bei näherer Überlegung nicht nur archaisch an, sie hat auch eine ganze Reihe von Nachteilen. Ein Problem ist sicherlich der relativ hohe Luftwiderstandsbeiwert. Dieser scheint bei der geringen Querschnittsfläche eines Schuhs zwar vordergründig vernachlässigbar; in Anbetracht der oft sehr engen Entscheidungen, bei denen es im Zeitfahren um Hundertstel, im Sprint um eine Mantelbreite gehen kann, sollte jedoch auch hier eine optimale Lösung angestrebt werden. Weiteres Optimierungspotenzial besteht bei der gesamtheitlichen Fixierung des Fußes, um die muskulär eingebrachten Kräfte ohne Stabilisierungs-Verlustleistung ausschließlich in den Vortrieb investieren zu können.

Ziel des hier beschriebenen Projektes war daher, das System Fuß-Pedal für das Bahnradfahren so zu optimieren, dass bei Erhalt der Nutzerfreundlichkeit der Luftwiderstand minimiert und die Fixierung soweit sinnvoll optimiert wird. Hierzu sollten die Gesamtheit der Anforderungen quantitativ und qualitativ erfasst und systematisch prinzipielle Lösungspotenziale erarbeitet und bewertet werden. Die nach einer Gesamtbewertung beste Lösung sollte dann im Zusammenwirken mit den Akteuren prototypisch aufgebaut und im Vergleich zur vorhandenen Lösung getestet werden. Schließlich sollte ein Realisierungsszenario entwickelt werden, durch das diese Lösung für die deutschen Spitzenbahnradfahrer nutzbar gemacht werden kann. Weiterhin sollte ausgelotet werden, inwieweit in anderen Disziplinen des Radsports ähnliche Anforderungen auftreten und Gesamt- oder Teillösungen übertragen werden können.

3 Vorgehen

Der Entwicklungsprozess für dieses Projekt war angelehnt an die Innovatorik für den Spitzensport (BISp 2006):

- Ausgangspunkt bildete eine **Beschreibung der ZielVision und des InnovationsKontextSystems**. Hierzu gehören insbesondere die zu realisierenden Kernfunktionen, die Gesamtheit der Anforderungen (inkl. Reglement) und die Erfolgskriterien. Ergänzend wurde die Suche nach vorhandenen Bauformen und (teil)funktionsäquivalenten Lösungen noch einmal ausgeweitet.
- Auf dieser Basis wurden systematisch mögliche **Konzeptvarianten** entwickelt und optimiert und in Hinblick auf die Kriterien Auslösesicherheit, Kraftübertragung, Gewicht und Aerodynamik bewertet.
- Schließlich wurde die beste Variante unter Nutzung der Expertise zur Minimierung der Verlustleistung und in enger Abstimmung mit Experten des Verbandes als **Prototyp** aufgebaut und im Hinblick auf die Leistungserbringung im Vergleich zu herkömmlichen Systemen getestet und optimiert.
- Parallel erfolgte eine **aerodynamische Simulation** und der **Vergleichstest** auf Hochleistungsergometer.
- Abschließend wurde die **optimierte Lösung** an die Athleten angepasst und diesen zur Verfügung gestellt, darauf aufbauend wurden Vorschläge zur Skalierung und zum Transfer in andere Radsportdisziplinen entwickelt und präsentiert.

Der im Antrag zum Serviceprojekt skizzierte Vorgehensplan konnte ohne große Abweichungen eingehalten werden

4 Projektteam

Im Folgenden werden das Projektteam und die jeweiligen Rollen im Überblick dargestellt:

- **Innovationsmanufaktur GmbH:** Systematische Lösungsentwicklung, Projekt- und Innovationsmanagement, Kommunikation mit Sportlern, Verbänden und weiteren Akteuren des Leistungssports
- **Technische Universität München**, Betriebseinheit Angewandte Sportwissenschaft: Evaluation der optimierten Leistungserbringung
- **FluiDyna GmbH:** Beratung und Plausibilitätsüberprüfung der optimierten Aerodynamik
- **5th Dimension Industrial Design:** Lösungskonzeption; Einbringen von Erfahrungen und Kontakten in der Fahrrad- und Zubehörentwicklung
- **Alpha Modellbau GmbH:** Konstruktion und Fertigung von Funktionsprototypen

- **Phoenix GmbH und Co. KG:** Modellierung und Optimierung der Lösung Schuh-Pedal, Beratung zu Materialien und Fertigungsverfahren.

Als Experten haben die folgenden Personen einen wichtigen Beitrag geleistet:

- **Ronny Hartnick**, Forschungs- und Entwicklungszentrum für Sportgeräte (FES): Beratung, Absicherung der Konformität der Lösung mit UCI/IOC Regelwerk
- **Thomas Kaufmann**, Wissenschaftskoordinator im Bund Deutscher Radfahrer (BDR): Schnittstelle zur Sportpraxis
- **Detlef Uibel**, Bundestrainer im Bund Deutscher Radfahrer (BDR): Beratung, Unterstützung der Kommunikation mit den Athleten
- **Kristina Vogel**, Spitzenathletin im Bund Deutscher Radfahrer (BDR): Beratung, Test von Prototypen, Verbindung zu anderen Radsportlern.

5 Ergebnisse

Aus technisch/inhaltlicher Sicht konnten im Rahmen des hier vorgestellten Serviceprojektes die folgenden Ergebnisse erzielt werden:

- Konzeption, Entwicklung und Aufbau eines Prototypen für das erste bahnradspezifische Pedalsystem (siehe Abb. 1). Das System umfasst eine Pedalachse, die an herkömmliche Tretkurbeln montiert werden kann, und einen Pedalkörper, der über drei Schrauben an herkömmliche Radschuhe montiert werden kann. Die Verkleidung des Systems entspricht möglicherweise nicht dem UCI-Reglement und soll zunächst nicht weiter verfolgt werden.
- Das System liegt beim Gewicht gleichauf wie das herkömmliche System, durch den Einsatz von Titan-Achsen kann eine Gewichtsersparnis von rund 10 % erreicht werden.
- Der optimierte Prototyp wurde auf der Bahn von Kristina Vogel und Eric Engler im Training getestet und für gut befunden, eine erste Version wurde auch von Pauline Grabosch, Joachim Eilers und Stefan Böttcher getestet.
- Nach den Tests auf dem Hochleistungsergometer an der Technischen Universität München ergibt sich eine Verbesserung des maximalen und durchschnittlichen Drehmoments um rund 5 %, die Befragung zum subjektiven Empfinden hat ergeben, dass das neue System spielfrei ist und eine sehr direkte Kraftübertragung vermittelt.
- Die Strömungssimulation durch die FluiDyna GmbH ergibt eine Widerstandsreduktion von 29 % für das neue System und von 53 % für das neue System mit Verkleidung, jeweils im Vergleich zum herkömmlichen System mit Riemen.

Abb. 1: Prototyp PedalMedal

6 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des hier vorgestellten Serviceprojektes konnte das erste bahnradspezifische Pedalsystem entwickelt und prototypisch umgesetzt werden. Auf Basis der Bahntests, der Untersuchungen auf Hochleistungsergometer und der Ergebnisse der aerodynamischen Simulation ist davon auszugehen, dass das neue System einen deutlichen Wettbewerbsvorteil bietet. Für eine erfolgreiche Umsetzung sind die folgenden Schritte notwendig:

- Ausführliche Praxiserprobung, weitere Optimierung des Systems in Hinblick auf Fertigung mit dem Ziel, die derzeit noch sehr hohen Herstellkosten zu minimieren
- Klärung der Reglementkonformität, insbesondere was die Verkleidung betrifft.

Mittel- und langfristig wäre die Neuentwicklung eines Schuhs, in dem das System bereits integriert ist, um zusätzliches Gewicht zu sparen und die Kraftübertragung noch weiter zu optimieren empfehlenswert.

Das sind zweifelsohne anspruchsvolle Aufgaben für die weitere Entwicklung, aber aus unserer Sicht auch machbare Aufgaben, denen wir uns gerne weiterhin stellen werden.

Optimierung und Validierung eines Messplatzes zur anschließenden Evaluation der Testgütekriterien von Concept 2-Ruderergometern und des FES-Ruderergometer Messsystems (TRuE).

(AZ 072011/16-17)

Gunnar Treff[1] (Projektleitung), *Jürgen Bopp*[2], *Philipp Weng*[2], *Lennart Mentz*[1], *J. M. Steinacker*[1], *Georg Schulz*[2] *& Thomas Engleder*[2]

[1] Universitätsklinikum Ulm, Sektion Sport und Rehabilitationsmedizin
[2] Hochschule Ulm, Fakultät Mechatronik und Systemtechnik

1 Fragestellung

Der Deutsche Ruderverband (DRV) stützt sich in seinen Selektionsalgorithmen und der Trainingssteuerung auf Ruderergometertests. Das weltweit übliche und auch im DRV eingesetzte Ruderergometer ist ein Windradergometer der Firma Concept 2 (Concept2 Ing., Morrisville, USA). Die Leistungsberechnung dieses Ergometers beruht, Sekundärquellen zufolge, auf der Kenntnis der Schwungmasse des Windrades, einer Konstante und der Messung der Winkelgeschwindigkeit des Windrades (van Holst, n.d.) durch einen Induktionsabnehmer. Die Testgütekriterien dieses Ergometers wurden bislang nicht untersucht.

Aus testtheoretischen und –praktischen Gründen hat das FES (Institut zur Forschung und Entwicklung von Sportgeräten e. V.) eine Modifikation zur Leistungsberechnung der CONCEPT 2- Ergometer entwickelt, die seit vielen Jahren im DRV eingesetzt wird. Die Modifikation „RuderErgoDyno“ besteht aus einer Hard- und einer Softwarekomponente und zur direkten Messung von Kraft, Weg und Zeit zur Leistungsberechnung und -visualisierung. Vergleiche zwischen CONCEPT 2-Berechnung und externen Systemen (z. B. FES-System) zeigen eine Abweichung von ca. 14-26 W (Boyas et al., 2006; Lormes et al., 1993). Aus sportpraktischer Sicht wäre ein systematischer Fehler dieser Größenordnung akzeptabel, allerdings zeigte sich in zwei älteren Studien, dass die Abweichung bei unerfahren Ruderern höher ist als bei erfahrenen, da die Gleichmäßigkeit der Schläge offensichtlich einen Einfluss auf die Abweichung hat (Boyas et al., 2006; Smith & Spinks, 1995) . Eigenen Untersuchungen zufolge liegt die Abweichung innerhalb eines Ergometers bei verschiedenen Ruderern aus dem A/B- Kaderkreis zwischen -8 und 38 W, was eine sportpraktisch relevante Differenz bedeutet.

Zur Bearbeitung der Fragen nach den Testgütekriterien von CONCEPT 2-Ergometern, der FES-Modifikation sowie nach den Einflussvariablen auf die offensichtlich verschieden hohen Leistungsdifferenzen bei verschiedenen Ruderern hatte unsere Arbeitsgruppe bereits in zwei selbst finanzierten Projekten und einem vom BISp unterstützen Werksprojekt einen Messplatz für Ruderergometer konstruiert. Es war vor Projektbeginn möglich, auf diesem Messplatz mit Hilfe eines Linearantriebs den Handgriff eines Ruderergometers zu einer gegebenen Zeit an genau die Vertikalposition zu ziehen, die den Originaldaten eines A-Kaderruderers entspricht (Tews, 2015; Treff et al., 2016). Inhalt dieses Projektes war die Optimierung und Validierung des Messplatzes sowie Bearbeitung der oben genannten Forschungsfragen.

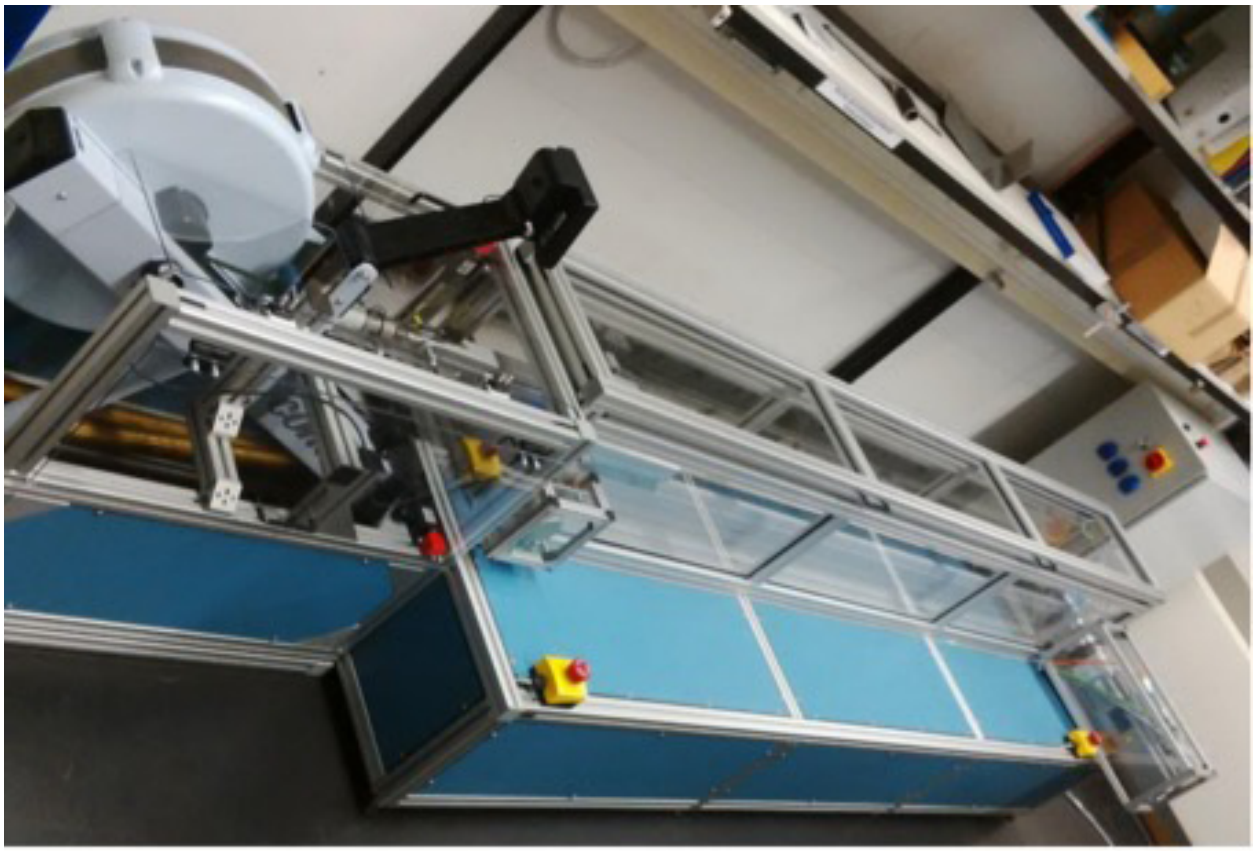


Abb. 1: Ruderergometer Messplatz. Zu sehen sind links das eingespannte Ruderergometer, im Sicherheitsgehäuse die Lineareinheit und der Motor. Dahinter der externe Schaltschrank.

2 Methodik

2.1 Messplatz und Ergometer

Für eine detaillierte Beschreibung des Messplatzes siehe (Treff et al., 2016) und (Tews, 2015). Der Messplatz besteht im Kern aus einer motorisierten Lineareinheit, die den Handgriff eines im Messplatz eingespannten Ruderergometers über eine Weg-Zeit Steuerung bewegt. Das System erfasst und bearbeitet Daten zum Weg des Schlittens (der den Handgriff zieht) und die Kraft am Handgriff mit hoher Präzision. Gleichzeitig werden die Daten des FES-Systems und die Rohdaten des CONCEPT 2-Ergometers erfasst. Das Kalkül des Messplatzes besteht darin, dass eine gegebene Weg-Zeit Kurve zu derselben resultierenden Kraft-Weg Kurve führt wie bei einem menschlichen Ruderer. In dem Messplatz befindet sich ein CONCEPT 2 Ergometer Typ D (Concept 2/Type D, Morrisville, USA) mit PM3-Monitor. Das Ergometer ist mit dem FES Ruderergo-System (Institut für Forschung und Entwicklung von Sportgeräten (FES), Berlin, Deutschland) ausgestattet. Die Hardwarekomponenten (Kraftaufnehmer und Wegmesser (Inkrementalsensor)) sind mit der Software FES-Ruderergo-Dyno v. 2013.9.1 (FES, Berlin, Deutschland) verbunden, die eine Berechnung von Kraft, Weg, Zeit und somit Leistung ermöglicht. Der Kraftsensor wurde vor Beginn der Messungen in der FES kalibriert, die Nullkalibration und die Wegkalibration wurden nach Herstellervorgaben durchgeführt.

2.2 Optimierung des Messplatzes

Die Optimierungen führten zunächst zu der Möglichkeit, die Winkelgeschwindigkeit des Windrades, also der einzigen CONCEPT 2-Messgröße, direkt und online zu erfassen. Weiterhin wurde am Messplatz ein zweites, redundantes Wegmesssystem installiert, das die direkte Wegmessung am Schlitten der Lineareinheit erlaubt. Durch eine Softwareerweiterung ist es

nun möglich, auch diese Daten in Echtzeit zu erfassen. Eine wesentliche Optimierung war der Einbau eines zweistufigen Federsystems in die Zugeinheit, die ohne relevanten Energieverlust das Auftreten einer 3 Hz-Oszillation in der Kraftkurve verhindert. Ohne diese Modifikation war eine sinnvolle Bearbeitung der Fragestellung im vorhergehenden Projektschritt unmöglich. Schließlich sorgten mechanische Optimierungen für ein störungsfreies Funktionieren des Messplatzes auch in Extrembereichen.

2.3 Testgütekriterien des Messplatzes

Die technische Validierung umfasste die Prüfung der Kraftmessdose, die Validierung der Kraftmessung und eine Prüfung von Software und Elektronik zur Kraftermittlung. Abschließend führten wir Reliabilitätstests durch.

Die Prüfung des Kraftsensors im Messplatz erfolgte mit Hilfe einer Materialprüfmaschine. Der Spannungsverlauf verlief linear zur applizierten Kraft. Anschließend verglichen wir die Spannungsverläufe des Messplatzkraftsensors mit dem des FES Systems und maßen quasi identische Spannungen während eines auf dem Messplatze gefahrenen Ruderzuges.

Abschließend prüften wir die Signalaufbereitung und -verarbeitung der Kraftsensorik durch Überlagerung eines per Frequenzgenerator erzeugten Signals mit einem mathematischen Signal und stellten keine Unterschiede fest.

Um die Reliabilität des Systems zu quantifizieren, wurde ein Schlagprofil mit starken zeitlichen Änderungen im Kraftverlauf gewählt, damit die Ergebnisse der Reliabilitätstests auch unter extremen Bedingungen gelten. Pro Versuch wurde eine Folge aus sieben Ruderschlägen gefahren. Nach jeder Folge wurde das gesamte System ausgeschaltet und neu gestartet. Dieser Vorgang wurde je fünfmal bei 80 %, 90 % und 100 % der Geschwindigkeit wiederholt, sodass 15 Messreihen à 7 Ruderschläge entstanden. Die Ergebnisse der jeweiligen Geschwindigkeitsstufe wurden übereinandergelegt und die Fehlerquadrate sowie der normierte Fehler der absoluten Fehlerquadrate aus allen Durchläufen ermittelt. Für die zur Leistungsberechnung relevanten Messgrößen Kraft und Weg berechneten wir Fehler deutlich unter 1%. Die Messgrößen korrelierten mit $r \geq .99$.

3 Bearbeitung der Forschungsfragen

3.1 Validität der FES-Leistungsmessung:

Um die Validität der FES-Modifikation im praktischen Versuch zu untersuchen, haben wir die mittleren Weg-Zeit-Kurven (*typical stroke*) von zwei Hochleistungsruderern auf dem Messplatz nachgefahren. Parallel wurden die Daten des Messplatzes mit denen des FES-Systems verglichen.

3.2 Beeinflussung der CONCEPT 2-Leistungsberechnung durch das Schlagprofil

Um zu evaluieren, ob das Profil der Kraftkurve und Zyklusrhythmik eines Ruderzyklus die Abweichung der Leistungswerte zwischen CONCEPT 2 und Referenzsystem beeinflussen, wurden drei verschiedene Kraft-Zeit-Kurven auf Basis von Zeit-Weg-Kurven generiert. Die Zeit-Weg-Kurven stammen von realen Leistungs-Ruderern. Die die Profile A, B, und C unterscheiden sich deutlich hinsichtlich Frequenz und Kraftamplitude und Kraftverlauf. Diese drei Kurven wurden über die Weg-Zeit Steuerungsdomäne des Messstandes als 11-er Serie auf dem Prüfstand gefahren und aufgezeichnet. Bei der späteren Auswertung wurde der erste Zug nicht berücksichtigt und die Zyklusberechnung an die des CONCEPT 2 angepasst. Die Lüfterklappe am CONCEPT 2-Ergometer wurde vor Beginn jedes Experiments so justiert, dass der Dragfactor 145 a. U. betrug.

4 Ergebnisse

4.1 Validität der FES-Leistungsmessung

Der Vergleich von FES-Leistungsmessung mit dem Referenzsystem des Messplatzes ergab eine Abweichung von -1.3 ± 1.6 % mit dem *typical stroke* des ersten Hochleistungsruderers, bzw. -1.1 ± 2.1 % mit der Kurve des zweiten Ruderers. Im Vergleich dazu lagen die Abweichungen gegenüber der CONCEPT 2-Anzeige bei -15.0

± 27.5 % und -13.9 ± 26.5 %. Erwähnenswert ist, dass sich die Abweichungen des CONCEPT 2-Systems deutlich reduzierten, wenn die ersten 4 Schläge unberücksichtigt blieben, allerdings war die Streuung (Standardabweichung) sehr hoch (-1.4 ± 5.5 % und -0.9 ± 5.4 %) und damit deutlich höher als bei der FES-Messung.

4.2 Beeinflussung der CONCEPT 2-Leistungsberechnung durch den Schlagtyp

Aufgrund der extremen Unterscheide während der Startschläge flossen ausschließlich die Schläge 3-10 in die Berechnung ein.

Abb. 2: Prozentualer Leistungsunterschied zwischen Messplatz und CONCEPT 2-Berechnung bei drei verschiedenen Schlagstrukturen.

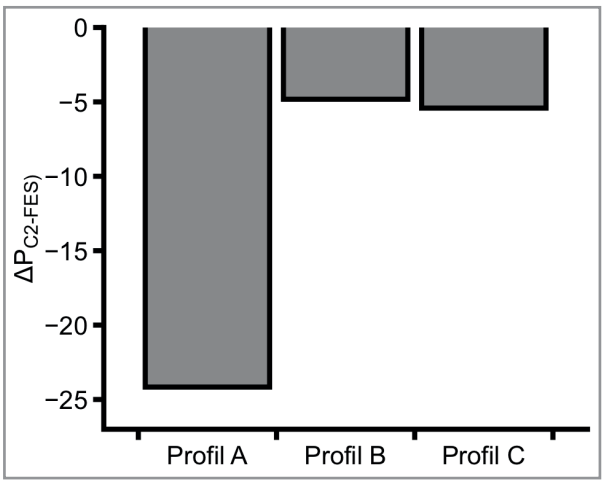


Abb. 2 visualisiert die prozentualen Leistungsunterschiede zwischen Messplatz und den Ergebnissen der CONCEPT 2-Berechnung bei den drei Schlagtypen. Offensichtlich unterscheiden sich die Ergebnisse abhängig vom jeweiligen Profil deutlich. Die Unterschiede sind nicht von der absoluten Leistung abhängig.

5 Diskussion

Im Rahmen des Projektes wurde der in vorhergehenden Projektabschnitten konstruierte Messplatz zur Evaluation von Ruderergometern nachhaltig und wesentlich verbessert. Der Messplatz funktioniert mechanisch einwandfrei und kann quasi schwingungsfreie Kraftkurven auf Basis der eigelesenen Weg-Zeit-Kurven generieren. Die Evaluierung der Testgüte zeigte eine sehr hohe Reproduzierbarkeit der Ruderprofile und eine sehr hohe Validität des Kraftsignals und seiner Aufbereitung.

Die anschließenden Versuche zeigten, dass die Höhe der Leistungsdifferenz zwischen Messplatz und CONCEPT 2-Leistung prinzipiell mit dem Schlagprofil zusammenhängt und belegten eine grundsätzlich hohe Übereinstimmung zwischen FES-System und Referenzsystem. Die CONCEPT 2-Berechnung zeigt nach mehreren konstanten Schlägen ebenfalls eine geringe mittlere Abweichung, allerdings mit wesentlich höherer Standardabweichung.

Trotz der vielfältigen Optimierungen des Messplatzes gelang es bislang nicht, die originalen Kraft-Weg-Kuren von Ruderern zu erzeugen. Aufgrund dessen konnten wir im abgeschlossenen Projekt zwar die beschriebenen Mechanismen nachweisen, aber noch nicht die sportfachliche Bedeutung quantifizieren. Es wäre deshalb wünschenswert, dieses erfolgreiche Projekt fortzuführen, um mit wirklichkeitsnahen Kraftkurven die aktuell nur prinzipiell beantworten Fragestellungen abschließend zu beantworten, um sportfachliche Schlüsse für die Ergometrie im Hochleistungsrudern ziehen zu können.

6 Literatur

Boyas, S., Nordez, A., Cornu, C., & Guével, A. (2006). Power responses of a rowing ergometer: Mechanical sensors vs. Concept2 measurement system. *International journal of sports medicine, 27* (10), 830-833.

Lormes, W., Buckwitz, R., Rehbein, H., & Steinacker, J. M. (1993). Performance and blood lactate on gjessing and concept II rowing ergometers. *International journal of sports medicine, 14* (1), S29-31.

Smith, R. M. & Spinks, W. L. (1995). Discriminant analysis of biomechanical differences between novice, good and elite rowers. *Journal of sports sciences, 13* (5), 377-385.

Tews, T. (2015). *Validierung eines prüfstandes für leistungsdiagnostik mit einem Ruderergometer*. Thesis.

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.

van Holst, M. (n. d.). *Behind the ergometer display. On rowing*. Retrieved January 15, 2014, from the 2008 database, http://home.hccnet.nl/m.holst/ErgoDisp.pdf

Blickstrategien von Badmintonspielerinnen und -spielern der nationalen Spitze unter Belastung

(AZ 072027/16-17)

Wolf Gawin[1] (Projektleitung), Udo Fries[1], Katharina Zwingmann[1], Jasmin Gaudel[1], Jan-Philipp Stein[2], Kevin Koban[2] & Karsta Kühnlein[2]

[1]Technische Universität Chemnitz, Fakultät für Human- und Sozialwissenschaften, Institut für Angewandte Bewegungswissenschaften

[2]Technische Universität Chemnitz, Philosophische Fakultät, Institut für Medienforschung

1 Problem

Viele Befunde der Wahrnehmungsforschung im Sport weisen darauf hin, dass sich hochqualifizierte Sportlerinnen und Sportler in ihrem Blickverhalten von weniger qualifizierten Sportlern bezüglich der Länge der visuellen Fixationen vor dem Ausführen einer motorischen Aktion unterscheiden. Generell scheinen Experten, bevor sie beispielsweise die Abwehr eines Angriffsschlags im Volleyball oder einen Freiwurf im Basketball ausführen, länger die Spielsituation oder das Ziel zu fixieren als Nicht-Experten (u. a. Hossner et al., 2014; Vickers, 1996). Offensichtlich versetzt die länger andauernde abschließende Fixation (Quiet Eye) hochqualifizierte Sportler in die Lage, effizienter Informationen aufzunehmen als weniger qualifizierte Sportler. Dies wird mit einer verstärkten Fokussierung der Aufmerksamkeit auf die entscheidungsrelevanten Regionen begründet (Gonzalez et al., 2015). In weiteren Studien zur Problematik des Quiet Eye wurde gezeigt, dass psychischer und physiologischer Stress einen Einfluss auf diese Fixationsdauer haben. So verkürzten Versuchspersonen bei einem virtuellen Bogenschuss-Experiment die Dauer der letzten Fixation vor dem Auslösen des Schusses während sie unter psychologischem Druck handelten (Behan und Wilson, 2008). In einem ähnlichen Experiment wurden Biathleten von hohem Leistungsniveau sowohl psychischem als auch physiologischem Stress ausgesetzt. Bei den darauf folgenden Leistungstests am Schießstand konnte ebenfalls eine Verkürzung der Quiet-Eye-Dauer nachgewiesen werden, insbesondere bei Personen, deren Leistung sich auch nachweislich unter Druck verschlechterte. Bemerkenswert war, dass einige Versuchspersonen offensichtlich bewusst die Dauer ihrer letzten Fixation verlängerten, um auf den negativen Einfluss der Druckbedingungen zu reagieren (Behan und Wilson, 2008). Bei diesen Athleten handelte es sich um die Versuchspersonen, die auch unter Stress keine Leistungseinbußen zeigten. Die Autoren schlossen daraus, dass eine willkürlich verlängerte externe Fokussierung unter Druckbedingungen das Abfallen der Leistung kompensieren kann.

Für viele der leistungsrelevanten Spielsituationen im Badminton wie beispielsweise dem Aufschlagreturn im Doppel und der Abwehr eines Schmetterschlags (Gawin et al., 2012) gelten ähnliche Rahmenbedingungen wie bei dem oben geschilderten Experiment von Behan und Wilson (2008). Gerade in bedeutenden Wettkämpfen sind die Athleten den oben genannten Druckbedingungen aus psychischem und physiologischem Stress ausgesetzt.

Deshalb besteht – auch von Seiten der Trainer des Deutschen Badminton-Verbandes (DBV) – ein naheliegendes Interesse an Erkenntnissen über die Auswirkungen von physiologischem Stress auch auf die Wahrnehmung der Athleten. Aufgrund der Ergebnisse der oben geschilderten Untersuchungen wurde für das vorliegende Projekt die Vermutung getroffen, dass eine starke physiologische Beanspruchung auch bei Badmintonspielern Auswirkungen auf die Wahrnehmung hat, insbesondere auf die Dauer der letzten Fixation vor der motorischen Aktion (Quiet Eye). Dafür sollen einerseits die Fixationen der Spieler in dem entscheidenden Moment vor der motorischen Reaktion untersucht werden.

Andererseits soll mit einem Aufmerksamkeitstest überprüft werden, ob zwischen den Veränderungen der Fixationsdauer unter Beanspruchung und der Konzentrationsfähigkeit der Spieler ein Zusammenhang vorliegt. Für die vorliegende Untersuchung bestehen die Annahmen, dass

- sich generell die Dauer der letzten Fixation von Kaderspielern im Badminton vor dem Auslösen der motorischen Aktion beim Rückschlag im Doppel und bei der Abwehr im Einzel unter physiologischer Beanspruchung verringert
- und dass die Veränderung der Dauer des Quiet Eye durch physiologische Beanspruchung mit der Leistung bei einem Konzentrationsleistungstest im Zusammenhang steht.

2 Methode

Untersucht wurden 17 Nationalspieler im Badminton aus dem nationalen Nachwuchskader und Nationalkader des Bundesstützpunktes Mülheim an der Ruhr (3 männlich, 14 weiblich, Alter 22,6; +/- 5,3). Mit einer Blickbewegungsbrille wurden die Bewegung der Augen bzw. die finalen visuellen Fixationen (QE) in den Spielsituationen Rückschlag im Doppel und Smashabwehr im Einzel bei verschiedenen Beanspruchungsstufen erfasst. Es handelte sich dabei um die Stufen „ohne Beanspruchung", „mittlere Beanspruchung" (70-89 % HFmax) und „hohe Beanspruchung" (> 90 % HFmax), die jeder Spieler durchlief. Die Beanspruchung wurde während der Messungen über Pulsgurte kontrolliert und durch Sternlauf auf dem Feld mit vorgegebener Intensität vor den jeweiligen Messungen induziert. Vor der Messung unter Ruhebedingungen und nach jeder Beanspruchungsstufe wurde zusätzlich die Konzentrationsleistung über den Aufmerksamkeitstest d2-R erfasst. Zur Kontrolle wurde die Konzentrationsleistung bei einer Gruppe von 43 Studierenden ebenfalls durch den d2-R getestet. Der Abstand der Messzeitpunkte entsprach dabei exakt den Abständen bei der Gruppe der Athleten. Die Kontrollgruppe der Studierenden führte alle drei Testungen ohne physiologische Beanspruchung aus.

3 Ergebnisse

Sowohl bei den Doppel- als auch bei den Einzelspielerinnen und -spielern veränderte sich die mittlere Dauer des Quiet Eye bei den verschiedenen Beanspruchungsstufen nur gering und weder praktisch noch statistisch relevant (Doppelspieler: $F[2,18] = 1{,}400$; $p = 0{,}272$; Einzelspieler: $F[2,12] = 0{,}393$; $p = 0{,}683$; siehe Abb. 1 und 2).

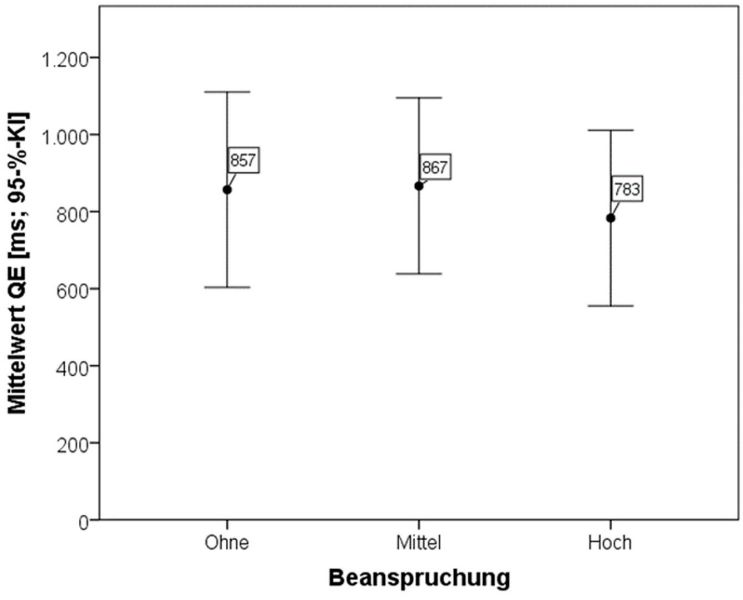


Abb. 1. Mittelwerte der Dauer der finalen Fixation vor der Aufschlagannahme im Doppel ohne, bei mittlerer und bei hoher Beanspruchung.

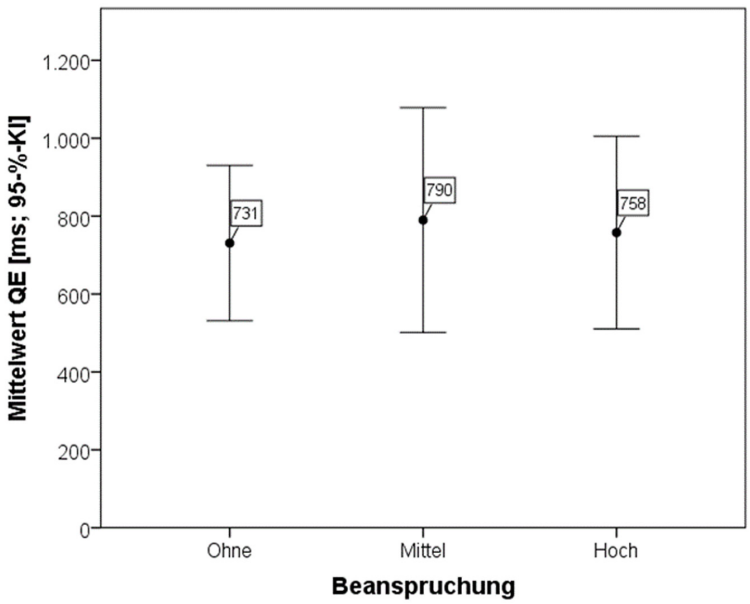


Abb. 2. Mittelwerte der Dauer der finalen Fixation vor der Smashabwehr im Einzel ohne, bei mittlerer und bei hoher Beanspruchung.

Eine Ursache für die geringen Mittelwertsunterschiede sind unter anderem die starken individuellen Streuungen, sowohl beim Ausgangsniveau des Quiet Eye als auch bei den durch die verschiedenen Beanspruchungsstufen hervorgerufenen Veränderungen. Bei einigen Athleten rief die hohe Beanspruchung eine überdurchschnittliche Zunahme der Quiet-Eye-Dauer hervor, andere fielen bei der Dauer ihrer finalen Fixation stark ab.

Die Gruppe der Athleten und der Studierenden unterschieden sich zu keinem Messzeitpunkt in ihren Konzentrationsleistungen signifikant oder praktisch bedeutsam voneinander. Es lag bei beiden Gruppen ein signifikanter Zuwachs für die Leistung beim d2-R mit einem sehr großen Effekt für den Faktor Messwiederholung vor (F[2,116] = 241,62; p < 0,001, η^2_p = 0,81). Sowohl die Athleten als auch die Studierenden der Kontrollgruppe steigerten ihre Leistung von Test 1 zu Test 3 durchschnittlich um etwa 4 Punkte (siehe Abb. 3).

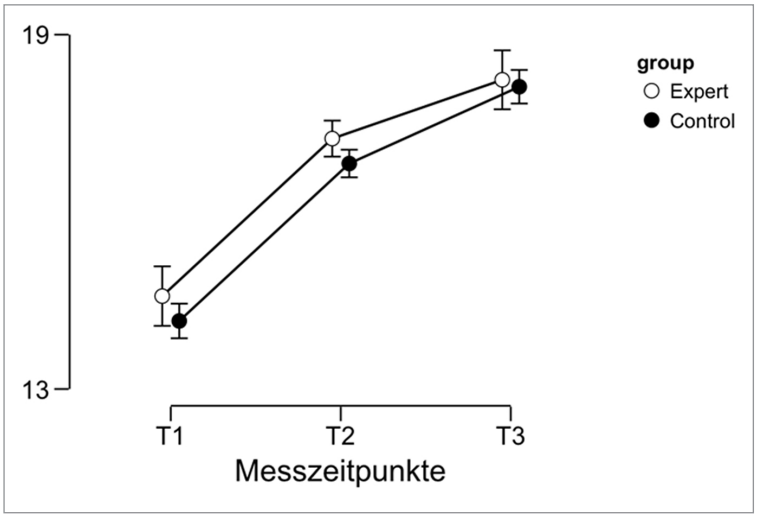


Abb. 3. Mittelwerte des korrigierten Konzentrationsleistungswerts der Gruppe der Athleten (Expert) und der Kontrollgruppe (Control) über die drei Messzeitpunkte.

4 Diskussion und trainingspraktische Ableitungen

Der Ausgangspunkt der Untersuchung war die Vermutung, dass sich auch bei Badmintonspielern die finale Fixation vor dem Auslösen einer motorischen Aktion unter Beanspruchung verkürzt. Dies kann bei der vorliegenden Studie weder bei der mittleren noch bei der hohen Beanspruchungsstufe bestätigt werden. Die Mittelwerte der Dauer des Quiet Eye ändern sich sowohl bei den Doppel- als auch bei den Einzelspielern nur wenig. Die Zeitdauer des Quiet Eye ist bereits in Ruhe bei allen Spielern – unabhängig von der Leistungsfähigkeit – sehr unterschiedlich und die Veränderungen durch die verschiedenen Beanspruchungsstufen sind in der Experimentalgruppe nicht systematisch.

Individuell betrachtet sinkt die Dauer des Quiet Eye bei einigen der Spielerinnen und Spieler deutlich ab, bei anderen führt die hohe Beanspruchung zu einer überdurchschnittlichen Verlängerung. Das heißt, dass einige Athletinnen und Athleten auf Druckbedingungen mit einer längeren Quiet-Eye-Phase reagieren, während andere deutlich kürzer fixieren.

Der Durchführung des Konzentrationsleistungstests mit einer Kontrollgruppe ohne Beanspruchung aber denselben Messzeitpunkten hatte das Ziel, den beim d2-R zu erwartenden Lerneffekt durch das mehrfache Bearbeiten des Tests zu quantifizieren. Damit sollten mögliche Unterschiede in der Konzentrationsleistung zwischen der Ausführung unter Ruhebedingungen und unter Beanspruchung identifiziert werden. Allerdings unterscheiden sich die Lerneffekte zwischen der Experimentalgruppe und der Kontrollgruppe nicht, ein Einfluss der physiologischen Beanspruchung auf die Konzentrationsleistung kann mit der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden.

Wird nach dem aktuellen Forschungsstand davon ausgegangen, dass eine lange Quiet-Eye-Phase mit guter Leistung assoziiert ist (u. a.), dann gibt es Handlungsbedarf bei den Spielerinnen und Spielern, bei denen individuell ein praxisrelevanter Abfall des Quiet Eye registriert wird.

Die Druckbedingungen des vorliegenden Projekts bezogen sich ausschließlich auf die physiologische Beanspruchung, deshalb ist es nahe liegend, zunächst das Niveau der sportartspezifischen Ausdauer bei bestimmten Spielerinnen und Spielern zu überprüfen, die stark bei der Dauer der finalen Fixation „einbrechen". Unter Umständen liegen im Bereich der Ausdauer bereits Defizite vor, die die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung plausibel machen. Dies würde bedeuten, dass bei diesen Athletinnen und Athleten grundlegend eine Verstärkung der Anteile des sportartspezifischen Ausdauertrainings angezeigt wäre.

Darüber hinaus sollte der Fokus auf einem gezielten Training der Wahrnehmung liegen. Dies sollte in Form eines wettkampfspezifischen Trainings der hier untersuchten Spielsituationen unter hoher physiologischer Beanspruchung durchgeführt werden und sollte unter dem Schwerpunkt stehen, gerade bei großer Erschöpfung konzentriert die informationsrelevanten Regionen zu fokussieren.

Individuelle Auswertungen und Trainingsempfehlungen werden in dem detaillierten Ergebnisbericht zum Projekt (Gawin & Fries, 2016) beschrieben. Dieser Bericht liegt dem Deutschen Badminton-Verband und dem BISp vor und wurde mit den Trainern und dem Wissenschaftsrat des Verbandes beim Wissenschaftstag des Deutschen Badminton-Verbandes diskutiert.

5 Literatur

Behan, M. & Wilson, M. (2008). State anxiety and visual attention: The role of the quiet eye period in aiming to a far target. *Journal of sports sciences, 26* (2), 207-215.

Gawin, W., Beyer, C., Büsch, D. & Hasse, H. (2012). Analyse der Olympischen Spiele 2012 in der Sportart Badminton. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft, 19* (2), 16-34.

Gawin, W. & Fries, U. (2016). *Veränderung der Blickstrategien unter Belastung*. Ergebnisbericht. Technische Universität Chemnitz, Insitut für Angewandte Bewegungswissenschaften. Chemnitz.

Gonzalez, C., Causer, J., Miall, R., Grey, M., Humphreys, G. & Williams, A. (2015). Identifying the causal mechanisms of the quiet eye. *European journal of sport science*, DOI: 10.1080/17461391.2015.1075595

Hossner, E.-J., Klostermann, A., Koedijker, J. M., Kredel, R. & Lienhard, O. (2014). Lange Fixationen vor Bewegungsbeginn in der Beachvolleyball-Abwehr. In L. Maurer, F. Döhring, K. Ferger, H. Maurer, M. Reiser & H. Müller (Hrsg.), *Trainingsbedingte Veränderungen – Messung, Modellierung und Evidenzsicherung.* Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft (Band 237, S. 86). Hamburg: Feldhaus.

Vickers, J. N. (1996). Visual control when aiming at a far target. *Journal of experimental psychology: human perception and performance, 22* (2), 342-354.

Entwicklung und Evaluation eines Systems zur Bestimmung der Halteruhe von Pistolenschützen auf Basis des Scatt Shooter Training Systems

(AZ 072029/16-17)

Marian Hoffmann, Gunther Kurz & Thorsten Stein (Projektleitung)

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

1 Problem

Das olympische Pistolenschießen erfordert von den Schützen aufgrund der kleinen Zielscheibe eine enorme Präzisionsleistung. Um die maximale Punktzahl von 10 Punkten – bzw. 10,9 Punkten in Finalwettkämpfen – zu erreichen, muss der Schütze aus einer Entfernung von 10 m einen Bereich von 11.5 mm ± 0.1 mm treffen. Der Stabilisierung der Pistole wird daher nicht nur von sportpraktischer, sondern auch von sportwissenschaftlicher Seite hohe Relevanz eingeräumt (Pellegrini & Schena, 2005; Reinkemeier et al., 2006). Wie gut dem Schützen die Minimierung der Pistolenbewegung gelingt, hängt von verschiedenen Faktoren wie der statischen Balance (Mon et al., 2014), dem muskulären Tremor (Lakie, 2010), dem konditionellen Zustand (Krasilshchikov et al., 2007; Mon et al., 2015) sowie der Expertise des Schützen (Goonetilleke et al., 2009) ab. Weiterhin haben Ergebnisse von Mon et al. (2015) gezeigt, dass die Kraftfähigkeiten der Fingerflexoren einen Einfluss auf das Schussergebnis haben. Diesbezügliche Defizite in den schussspezifischen Kraftfähigkeiten sollten einen Einfluss auf die Schussauslösung (Abziehen) haben, aber nicht zwangsläufig auf die grundlegende Ausprägung der Fertigkeit des Schützen, die Pistole ruhig zu halten.

In der Praxis des leistungsorientierten Schützensports besteht die Annahme, dass eben jene Fertigkeit des Schützen, die Pistole ruhig zu halten, die auch als Halteruhe bezeichnet wird, einen sehr großen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit und die Leistungsentwicklung eines Pistolenschützen hat. Dementsprechend benötigt der Deutsche Schützenbund (DSB) ein System, das die Halteruhe unabhängig vom Abzug (Schussauslösung) möglichst präzise erfasst. Auf der Grundlage der Erfassung und Analyse dieses Leistungsparameters können dann in einem zweiten Schritt weiterführende Analysen erfolgen, die nach den jeweiligen Gründen für übermäßige Pistolenbewegungen suchen, und entsprechende Interventionsprogramme entwickelt und evaluiert werden, um die Halteruhe des Schützen zu verbessern.

Momentan setzt der DSB, wie die Mehrzahl der internationalen Schützenverbände, zur Leistungsdiagnostik flächendeckend das russische Scatt Shooter Training System ein (http://www.scatt.com). Dieses System zeichnet den Zielverlauf der Pistole vor dem Auslösen und das Auslösen des Schusses auf. Eine isolierte Bestimmung der Halteruhe ohne Berücksichtigung der Schussauslösung sieht das System allerdings nicht vor. Demzufolge war in enger Absprache mit dem Praxispartner DSB mit dem vorliegenden Service-Forschungsprojekt das Ziel verbunden, eine Softwareapplikation zu entwickeln, die die Erfassung und anschließende Darstellung der Halteruhe bei Pistolenschützen auf Basis des im Schützensport verbreiteten Scatt Shooter Training Systems ermöglicht.

2 Methode

Zur Lösung der eingangs definierten Problemstellung wurde in der ersten Projektphase in enger Abstimmung mit dem DSB ein Konzept für die Softwareapplikation entwickelt. In diesem Zusammenhang wurde ein Lastenheft erstellt, in dem der gewünschte Leistungsumfang, wie bspw. die Programmstruktur und die

Benutzeroberfläche sowie die Sportlerverwaltung oder der Ablauf einer Testreihe spezifiziert ist. Nachfolgende allgemeine Vorgaben waren u. a. für die Softwareentwicklung handlungsleitend:

- Entwicklung einer Softwareapplikation, die die isolierte Erfassung und Analyse der Halteruhe bei Pistolenschützen im Feld auf der Basis von Messungen bzw. eines Datenexports des im nationalen und internationalen Schützensport verbreiteten Scatt Systems ermöglicht.
- Zeitnahe und automatisierte Analyse zur Halteruhe der Schützen über die Softwareapplikation, so dass diese unmittelbar von Trainer, Leistungsdiagnostiker und Athlet im Trainingsprozess genutzt werden kann.
- Anbindung der Softwareapplikation an eine Datenbank, so dass die Analysen der individuellen Messung effizient gespeichert und zu späteren Zeitpunkten wieder aufgerufen werden können.
- Modularer Aufbau der Software, um einzelne Module zukünftig in anderen Softwareapplikationen des DSB verwenden zu können, wie z. B. der sich aktuell in Entwicklung befindlichen umfassenden Zielwegsoftware.
- Im Kontext der Nutzung und Verbreitung der zu entwickelnden Softwareapplikationen sollen keine Lizenzgebühren anfallen.

In der zweiten Projektphase wurde mit der Entwicklung der Software begonnen, hierzu wurde seitens des DSBs ein Scatt System (WS-03) zur Verfügung gestellt. Als Programmiersprache wurde C++ verwendet sowie das relationale Datenbanksystem MySQL. In der dritten Projektphase wurde die Software in Kooperation mit dem DSB getestet und Verbesserungspotentiale identifiziert, die in der letzten Projektphase bearbeitet wurden.

3 Ergebnisse

Da das Ergebnis des vorliegenden Service-Forschungsprojekts eine Softwareapplikation ist, wird sich die Darstellung im Folgenden auf ausgewählte Ausschnitte der Programmoberfläche sowie die Auflistung und Beschreibung der wichtigsten implementierten Funktionalitäten beschränken.

3.1 Grundlegender Aufbau der entwickelten Softwareapplikation

Das Hauptfenster (Abb. 1, links) als Ausgangspunkt einer jeden Testung liefert eine Zielscheibe, die sich wahlweise in Abhängigkeit der jeweiligen Disziplin vollständig anpassen lässt bzw. dies auf Basis vordefinierter Disziplinen automatisch vornimmt. Weiterhin werden der jeweils ausgewählte Testablauf, die aufgenommenen Schüsse und die Auswertung der wichtigsten Parameter sowie ein Kommentarfeld angezeigt. Grundlegend ist die von Seiten des DSB gewünschte vollständige Flexibilität in der Anordnung der Fenster, so dass jede Trainerin und jeder Trainer sowie jede Athletin und jeder Athlet eine individuelle Auswahl vornehmen kann.

3.2 Wichtige Funktionalitäten der Softwareapplikation

Die wichtigsten Funktionen bzw. Einstellungsmöglichkeiten der Softwareapplikation zur Erfassung der Halteruhe sind:

- Der **Zielscheibeneditor** erlaubt die vollständige Anpassung der Zielscheibe hinsichtlich Größe, Durchmesser und Distanz der Ringe sowie der Einstellung der Spiegelgröße. Hierdurch wird der Einsatz für die Disziplinen Pistole und Gewehr sowie für unterschiedlichen Distanzen ermöglicht.
- Der **Testeditor** ermöglicht dem DSB die flexible Erzeugung und Anpassung von Test-Protokollen, die bei leistungsdiagnostischen Tests zum Einsatz kommen können (Abb. 1, Mitte). Hierbei

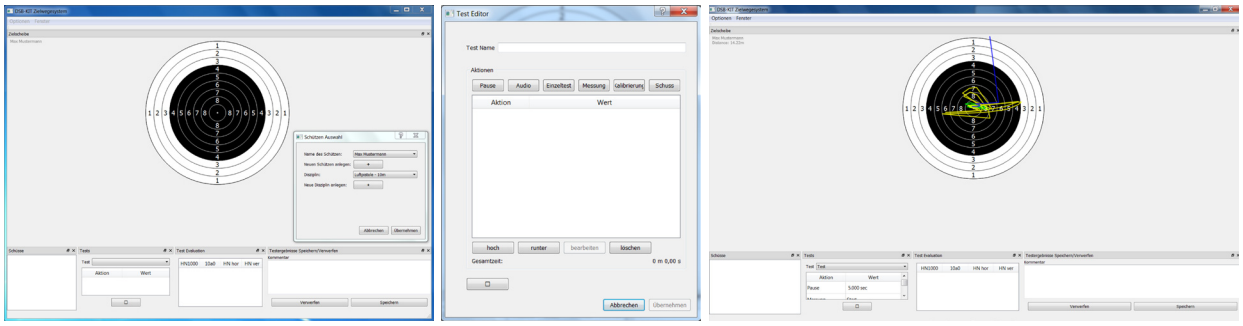


Abb. 1: Hauptfenster der DSB-KIT Softwareapplikation zur Erfassung der Halteruhe mittels Scatt System bei Pistolen- und Gewehrschützen (links); Testeditor zur Erzeugung und Anpassung von Test-Protokollen für leistungsdiagnostische Tests (Mitte); Graphische Darstellung einer Aufnahme auf der Zielschreibe (rechts).

ist verbandsseitig vorgesehen, standardisierte Protokolle zu entwickeln und vorzugeben, die eine einheitliche Durchführung in den einzelnen Stützpunkten gewährleisten. Beispielhaft sind die Aufnahme und Auswahl von Audio-Anweisungen (wie eine entsprechende Test-Instruktion oder ein Countdown vor Testbeginn), die Festlegung von Pausenzeiten zwischen den einzelnen Schüssen sowie die Terminierung der zeitlichen Abfolge im Testverlauf möglich. Insbesondere können die Aufnahmezeiten für die Bestimmung der Halteruhe festgelegt werden, womit eine Messung automatisch begonnen/beendet wird, ohne dass ein tatsächlicher Schuss, der das Testergebnis verfälschen würde, ausgelöst werden muss.

- Um zu Beginn jeder Testung oder bei Bedarf jeder Testreihe eine **Kalibrierung** auf die Entfernung und die individuelle Montage des Scatt Systems an Pistole oder Gewehr zu gewährleisten, kann die Kalibrierung wahlweise manuell gestartet oder im Test-Editor als fester Bestandteil einer Testreihe implementiert werden.
- Die Möglichkeit zum **Datenimport** bereits akquirierter Messdaten aus dem Scatt System (csv Format; Zeitreihen für Zeit, x- und y-Koordinaten) wurde ebenfalls implementiert.

3.3 Möglichkeiten der Datenanalyse und -visualierung der Softwareapplikation

Die Datenvorverarbeitung, -analyse und -visualisierung umfasst Punkte wie bspw. die Segmentierung der Daten als notwendige Voraussetzung zur Berechnung einzelner Parameter der Halteruhe sowie die generelle Auswertung und Darstellung der aufgenommenen 2-dimensionalen Weg-Zeit-Informationen. Die Segmentierung des Schusses wird in Abb. 1 (rechts) graphisch verdeutlicht: Die letzten drei Sekunden vor Auslösen des virtuellen Schusses als relevanter Messbereich werden farblich abgesetzt dargestellt, ebenso die Bewegung innerhalb der letzten Sekunde (grün). Eine unmittelbare Auswertung und Darstellung des Weg-Zeit-Verlaufs erfolgt somit einmal graphisch auf der Zielscheibe direkt sowie in tabellarischer Form, sodass sowohl der einzelne Schuss (ohne Abzug) betrachtet werden kann als auch der abschließende Vergleich einer Schussserie zeitnah möglich ist. Damit wird gewährleistet, dass sowohl im Trainingsprozess selbst, als auch in der Nachbetrachtung detaillierte Informationen gewonnen werden können und der Transfer eben dieser leistungsdiagnostischen Ergebnisse in die Praxis sichergestellt ist.

3.4 Datenmanagement

Die Rohdaten einer jeden Messung werden als einzelne Dateien in einer vorgegebenen Ordnerstruktur abgelegt. Die Speicherung der personenspezifischen Daten, der Rahmenbedingungen der jeweiligen Testung (Sportgerät, Distanz, etc.) und die berechneten Leistungsparameter erfolgt hingegen gesammelt in einer MySQL-Datenbank. Dies hat den Vorteil, dass zu jedem Zeitpunkt eine übersichtliche Darstellung, Auswahl und Zusammenstellung der Daten sowie der Austausch oder die zentrale Zusammenführung unterschiedlicher Datensätze aus verschiedenen Leistungszentren der Bundesrepublik möglich ist. Damit einhergehend ergibt sich aus sportwissenschaftlicher Sicht ein großes Potential: Der Datenpool ermöglicht die Generierung von Normwerten, bspw. für verschiedene Disziplinen und Altersklassen, die im Rahmen eines Soll-Ist-Vergleichs zur trainingswissenschaftlichen Leistungsdiagnostik oder der Talentauswahl verwendet werden können.

4 Diskussion

Mit dem Abschluss dieses Service-Forschungsprojekts steht dem DSB erstmals eine Softwareapplikation zur Analyse der Halteruhe bei Pistolen- und Gewehrschützen auf der Basis der kommerziell verfügbaren und im Schützensport verbreiteten Scatt Shooter Training Hardware zur Verfügung. Die Software funktioniert aktuell mit dem Scatt System (WS-03) unter Windows 7 und 10 (32 und 64 Bit). Zudem wurde bei der Softwareentwicklung auf einen modularen Aufbau geachtet, um sicherzustellen, dass zum einen Teile der Software wie bspw. die Datenbank oder die graphische Darstellung von Messungen zukünftig auch in anderen Kontexten verwendet werden können, und zum anderen dass die entstandene Softwareapplikation als Teilmodul in eine umfassendere DSB Zielwegsoftware integriert werden kann.

Darüber hinaus ist es durch das Service-Forschungsprojekt gelungen, eine stabile Kooperation zwischen dem Wissenschaftspartner IfSS (KIT) und dem Kooperationspartner Praxis DSB zu installieren. In diesem Zusammenhang wird aktuell über das Service-Forschungsprojekt hinaus gemeinsam an der Optimierung der Softwareapplikation gearbeitet. Um eine flächendeckende Nutzung an verschiedenen Stützpunkten zu vereinfachen, ist mit dem DSB noch abzusprechen, welche älteren Versionen des Scatt Shooter Training Systems und welche weiteren Betriebssysteme an den verschiedenen Standorten eingesetzt werden. Darauf aufbauend ist zu prüfen, inwiefern sich über die verschiedenen Scatt Systemversionen hinweg die Hardwareschnittstelle geändert hat und welche Anpassungen sich daraus ergeben. Weiterhin sind noch Treiberpakete zusammenzustellen, die eine Nutzung der Software mit weiteren Betriebssystemen ermöglichen. Es ist zudem zu erwarten, dass durch den Praxiseinsatz weitere Entwicklungspotentiale identifiziert werden. Es ist geplant, dass diese Anpassungen nach und nach über das Serviceprojekt hinaus vom Wissenschaftspartner am IfSS (KIT) vorgenommen werden, da diese wichtige Voraussetzungen für den flächendeckenden Einsatz des Systems in der Praxis darstellen bzw. diesen erleichtern.

Der flächendeckende Einsatz der Software ist wiederum eine wichtige Grundlage für die zukünftige Bearbeitung trainings- bzw. bewegungswissenschaftlicher Fragestellungen. Hierbei wäre es beispielsweise denkbar, in einem ersten Schritt zu untersuchen, wie der Parameter Halteruhe auf verschiedenen Alters- und Leistungsstufen ausgeprägt ist. Darauf aufbauend könnten in einem zweiten Schritt die die Halteruhe beeinflussenden Parameter genauer untersucht und entsprechende alters- sowie leistungsspezifische Trainingsprotokolle entwickelt und evaluiert werden.

5 Literatur

Goonetilleke, R.S., Hoffmann, E.R. & Lau, W.C. (2009). Pistol shooting accuracy as dependent on experience, eyes being opened and available viewing time. *Applied ergonomics, 40* (3), 500-508.

Lakie, M. (2010). The influence of muscle tremor on shooting performance. *Experimental physiology, 95* (3), 441-450.

Mon, D., Zakynthinaki, M., Cordente, C., Barriopedro, M. & Sampedro, J. (2014). Body sway and performance at competition in male pistol and rifle Olympic shooters. *Biomedical human kinetics, 6*, 56-62.

Mon, D., Zakynthinaki, M., Cordente, C., Antón, a., Rodríguez, B. & López Jiménez, D. (2015). Finger Flexor Force Influences Performance in Senior Male Air Pistol Olympic Shooting. *PLoS ONE, 10* (6): e0129862. 5

Krasilshchikov, O., Zuraidee, E. & Singh, R. (2007). Effect of general and auxiliary conditioning on specific fitness of young pistol and rifle shooters. *Asian journal of exercise and sport science, 4*, 01-06.

Pellegrini, B. & Schena, F. (2005). Characterization of arm-gun movement during air pistol aiming phase. *Journal of sports medicine and physical fitness, 45* (4), 467-475.

Reinkemeier, H., Bühlmann, G. & Konietzny, A. (2006). *Olympisches Pistolen-Schießen: Technik, Training, Taktik, Psyche, Waffen; ein Lehr- und Übungsbuch zum sportlichen Schieben mit der Luftpistole, der Sportpistole und der freien Pistole*. MEC High Tech Shooting Equipment.

Evaluation eines innovativen Monitoringsystems zur uniaxialen Stockkraftmessung mittels applizierter Dehnmessstreifen – EviS

(AZ 072035/16-17)

Robin Höhne[1], Angelos Filippatos[1], Roman Pärschke[1], Niels Modler[1] (Projektleitung), Axel Schürer[2] & André Wilhelm[2]

[1]Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, Dresden
[2]Institut für Angewandte Trainingswissenschaft, Leipzig

1 Motivation und Herausforderungen

Die Veränderungen der wettkampf- und leistungsstrukturellen Anforderungen im Skilanglauf sind evident. Der Doppelstockschub (DSS) als grundlegende Technikkomponente beider Stilarten – klassische Technik und Skating – nimmt eine immer bedeutendere Rolle ein. Aufgrund der im Sprint geforderten maximalen Geschwindigkeiten und der vermehrt knappen Zieleinläufe, mit dem damit verbundenen Kampf „Mann gegen Mann", hat sich die Technik des DSS deutlich weiterentwickelt. Das Aufdecken qualitativer und quantitativer Aspekte muss daher verstärkt in den Fokus der Lauftechnikanalyse gerückt werden. Grundanliegen ist es, den DSS von Beginn an richtig zu erlernen, Defizite frühzeitig auszumachen bzw. gut beherrschte Bewegungen weiter zu optimieren. Auf die elementare Bedeutung der DSS verweisen eine Vielzahl wissenschaftlicher Untersuchungen und unterstreichen die Aktualität dieser Thematik. Neben kinematischen Parametern interessieren hier vor allem biomechanische Analysen. Die Messung von Stockkräften spielt dabei eine übergeordnete Rolle. Zur Erschließung der erforderlichen Parameter bietet sich die Verwendung von Monitoringsystemen mit am Stock applizierten Messsystemen an. Die zentrale Herausforderung ist die nahezu rückwirkungsfreie Umsetzung derartiger Systeme, um das Laufverhalten und -gefühl des Aktiven nicht nachteilig zu beeinflussen.

Bekannte mobile Monitoringsysteme zur Stockkraftmessung nutzen uniaxiale Kraftaufnehmer am Stock sowie Datenlogger am Sportler (Holmberg, Lindinger, Stöggl, Eitzlmair und Muller, 2005) oder ebenfalls direkt am Stock (Wank, Heger und Rapp, 2014). Auf diese Weise sind die Messstöcke wie normale Skistöcke verwendbar, und die Messungen sind nicht an feste Messplätze gebunden.

Aufgrund der Verwendung miniaturisierter elektronischer Komponenten macht der Kraftaufnehmer inkl. der systembedingt notwendigen Querkraftentkopplung bei den genannten Lösungen den Großteil des Systemgewichts aus. Vor dem Hintergrund des zunehmenden Einsatzes von Wearables im Spitzensport mit dem Ziel einer umfassenden Leistungserfassung ist eine weitere Reduzierung des Systemgewichts für eine hohe Akzeptanz unter den Aktiven erforderlich. Eine weitere Gewichtsreduzierung ist bei den bekannten Systemen jedoch kaum noch möglich, da die zur Querkraftentkopplung typischerweise verwendeten metallischen Hülsen bereits einen sehr hohen Leichtbaugrad aufweisen. Dies begründet den Entwicklungsbedarf hinsichtlich alternativer Lösungsansätze zur rückwirkungsfreien Messung von Stockkräften für Anwendungen im Spitzensportbereich.

2 Ansatz und Vorgehensweise

Eine vielversprechende Alternative zu der über die Jahre hinweg etablierten Verwendung von Kraftaufnehmer bietet die direkte Applikation von Dehnmessstreifen (DMS) auf den Skistock.

Der Kern des Lösungsansatzes besteht darin, den Stock selbst als Teil des Messelements zu begreifen und das mechanische Verhalten des Stocks zur Kraftmessung heranzuziehen. Dieser Ansatz setzt ein grundlegendes Verständnis der Mechanik des Stocks voraus. Im EvIS-Projekt wurde ein Funktionsdemonstrator eines derartigen Monitoringsystem zur uniaxialen Stockkraftmessung aufgebaut (Abb. 1).

einen Messrechner (am Laufband) ermöglicht eine „Online-Messung“ und erlaubt damit das Training mit Live-Feedback. Bei den bekannten Systemen ist eine Darstellung und Analyse der Messdaten bisher erst im Nachgang der Untersuchungen möglich.

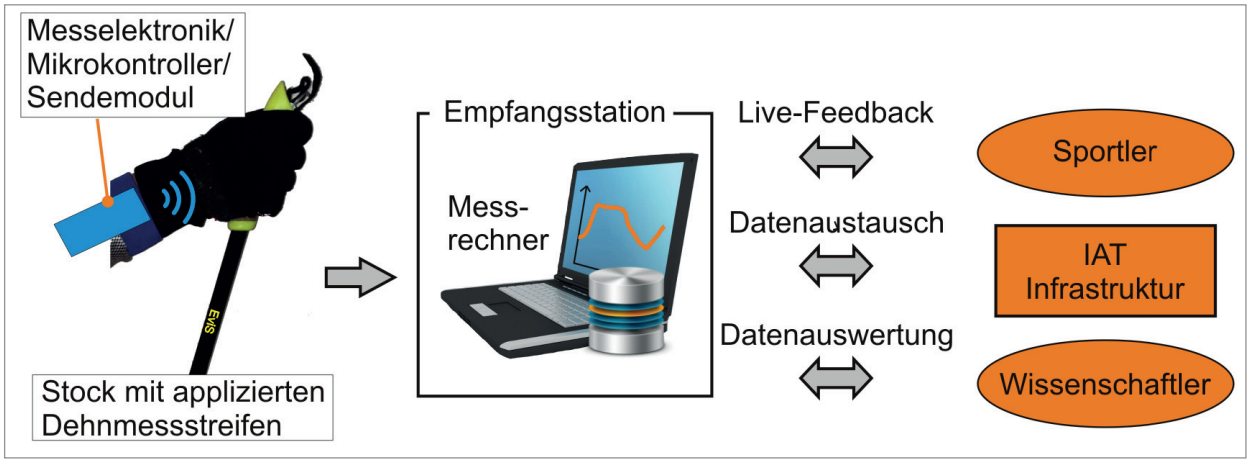


Abb. 1: Basiskomponenten und Nutzen des neuartigen Monitoringsystems zur Kraftmessung am Sportgerät Skistock.

Der Fokus im Projekt lag auf der erstmaligen Umsetzung einer dehnungsbasierten Messlösung. Daneben wurde eine drahtlose Signalübertragung mit Live-Visualisierung der Messdaten angestrebt. Gegenüber dem Stand der Technik ergeben sich die folgenden Vorteile:

- *Kein Einfluss der Sensoren auf Gewicht und Schwungverhalten des Stocks*: Infolge der direkten Applikation der DMS auf den Stock ergibt sich ein signifikanter Gewichtsvorteil aufgrund der geringen Masse der DMS (<< 1g). Zudem entfällt die Notwendigkeit einer Querkraftentkopplung. Dies erlaubt die Realisierung von Monitoringsystemen mit wenigen Gramm (< 50 g). Die Möglichkeit einer Verwendung selbst im Wettkampf wird dadurch realistisch.
- *Signaldarstellung in Echtzeit*: Die drahtlose Datenübertragung der Messdaten via Bluetooth an

Das neuartige Monitoringsystem wurde im Rahmen des Projekts für einen ausgewählten, im Spitzensportbereich gängigen Carbonstock entwickelt. Das System kann jedoch auf andere Stocktypen (unabhängig von Material und Geometrie) übertragen werden.

3 Konfiguration des Monitoringsystems

Die Eigenschaften des aufgebauten Monitoringsystems sind in Tab. 1 aufgeführt. Das Elektroniksystem besteht aus zwei Basismodulen: dem Messmodul und dem Verarbeitungsmodul. Die elektronischen Komponenten wurden dabei zunächst am Stock (Messmodul) bzw. am Aktiven (Verarbeitungsmodul) befestigt. Das Messmodul liefert kabelgebunden die Sensorsignale an das Verarbeitungsmodul. Die räumliche Trennung der Module hat den Vorteil, dass am Skistock lediglich eine Zusatzmasse von etwa 10 g angebracht wird. Das Kabel wurde über den Arm des Aktiven auf den Rücken geführt.

Die Sensorsignale umfassen je Stock zwei Dehnungssignale sowie ein 2D-Beschleunigungssig-

nal. Die Signale werden im Verarbeitungsmodul digitalisiert und drahtlos an einen Laptop gefunkt. Die erforderlichen Schritte wurden mittels Arduino Nano Microcontroller gesteuert. Die Funkübertragung wurde mit einem seriellen Bluetooth Link Bluefruit EZ-Link aufgebaut. Die Messfrequenz betrug 128 Hz. Die Umrechnung, Darstellung und Speicherung der Signale erfolgte in einem eigens entwickelten Softwarepaket auf Basis der Software MatLab auf dem Laptop.

Metallische DMS wurden am Skistock direkt unterhalb des Griffs aufgeklebt (siehe Abb. 2). Neben zwei aktiven DMS wurden zwei DMS zur Temperaturkompensation (T-DMS) verwendet. Die T-DMS wurden so auf den Stock geklebt, dass diese keine Dehnung infolge mechanischer Beanspruchung beim Stockeinsatz erfahren. Die DMS wurden in einer Wheatstone-Messbrücke verschaltet.

4 Durchführung von Laufbandtests

Ein Funktionsdemonstrator des Monitoringsystems wurde am Laufband des IAT auf seine grundsätzliche Funktionsweise getestet (siehe Abb. 3 auf der nächsten Seite). Dabei wurde eine drahtlose Datenübertragung vom Aktiven zum Trainerteam umgesetzt. Weder ein erhöhter Rauschanteil noch ein Datenverlust konnten bei eingeschaltetem Laufband festgestellt werden. Die Stockkräfte sowie die Beschleunigungsdaten konnten in einer Live-Visualisierung dargestellt werden.

Basierend auf den aufgezeichneten Daten konnten verschiedene, bewusst herbeigeführte Technikszenarien, bspw. unterschiedliche Laufstile und Lateralitäten, identifiziert werden (siehe

Tab. 1: Eigenschaften und Module des entwickelten Monitoringsystem im EviS-Vorhaben

Eigenschaft	Messmodul	Verarbeitungsmodul
Grundlegende Komponenten	2 Wheatstone Messbrücken; Bi-Level Signalverstärker (10- oder 100-fach); 2D-Beschleunigungssensor;	Microcontroller Arduino Nano; Serieller Bluetooth Link Bluefruit EZ-Link ; Li-Ion Batterie, 3,7 V, 1950 mAh; Mini USB Verbinder zum Laden und Datentransfer; Anzeige für Ladestand;
Gewicht	10 g	100 g
Dimension	34 mm x 25 mm x 15 mm	80 mm x 45mm x 28 mm (mit Gehäuse)
Position	Am Stock	Im Trinkgurt

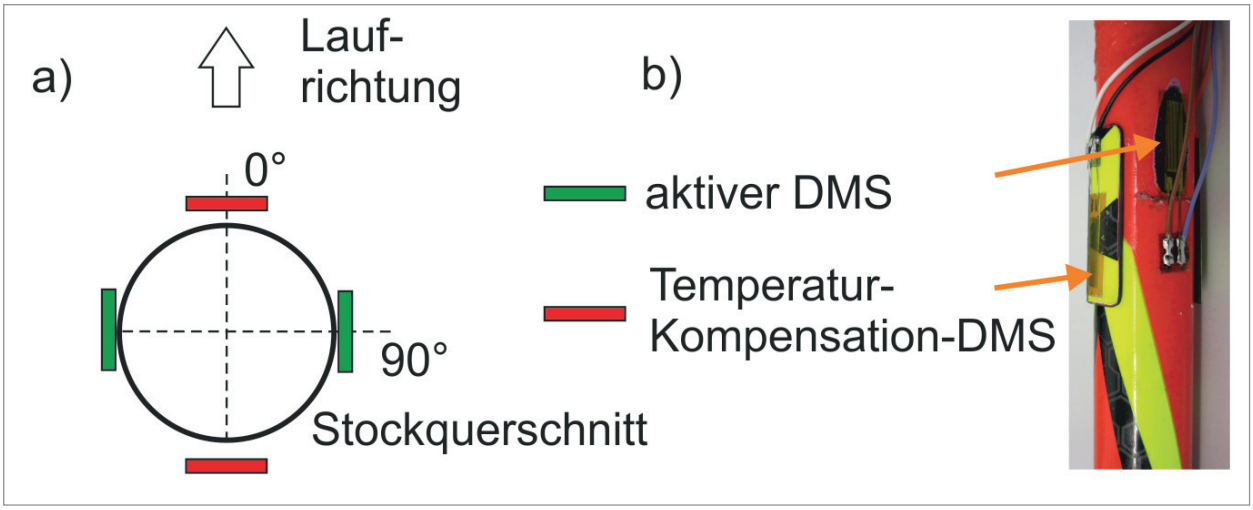


Abb. 2: Schematische Positionierung der DMS (a) und aufgeklebte DMS am Skistock (b).

Abb. 4a und b). Außerdem erlaubt eine Fast Fourier Transformation (FFT) die Auswertung der Sensorsignale im Frequenzbereich (siehe Abb. 4c). Die bereitgestellten Signale bilden die Grundlage für eine Vielzahl weiterer sportwissenschaftlicher Analysen unter Anwendung gängiger oder neuartiger Auswertemethoden.

Der entwickelte Funktionsdemonstrator erschließt jedoch noch nicht das volle Potenzial, welches die konsequente Umsetzung des funktionsintegrativen Leichtbaus unter Verwendung der neuesten Elektronikmodule eröffnet (siehe Tab. 2 auf der nächsten Seite).

Abb. 3: Einsatzbereites Monitoringsystem (a), Rückansicht des Aktiven mit Elektronikmodul im Trinkgurt (b) und Aktiver auf dem Laufband des IAT (c).

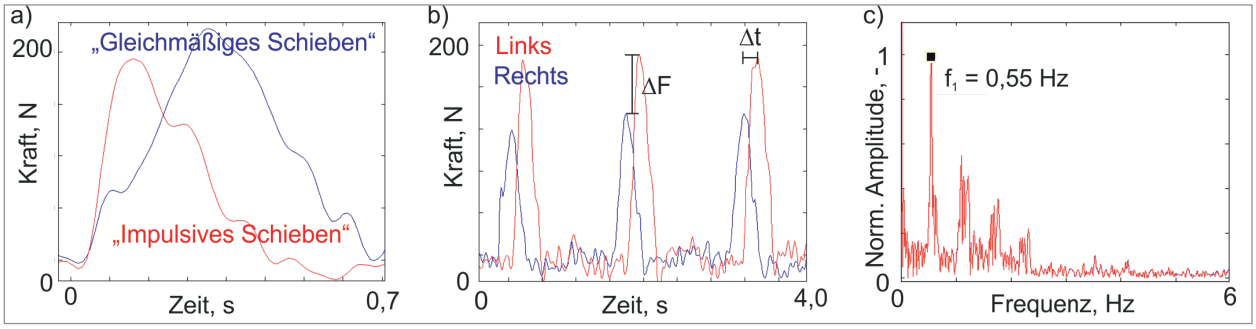


Abb. 4: Datenanalyse aufgezeichneter Messwerte: Vergleich von Laufstilen (a), Analyse von Lateralitäten (b) und Frequenzanalyse (c).

5 Diskussion und Ausblick

Die direkte Applikation von DMS am Stock stellt das Alleinstellungsmerkmal des vorgestellten Ansatzes dar. In den experimentellen Ergebnissen konnte die Machbarkeit einer solchen DMS-basierten Stockkraftmessung bestätigt werden. Ebenso konnte der erhebliche Gewichtsvorteil gegenüber dem Stand der Technik aufgezeigt werden. Das neuartige Monitoring-System wurde am Laufband des IAT bei einem Sport-Praxis-Test erfolgreich eingesetzt. Daneben konnte erstmals ein Live-Feedback durch das Trainerteam an den Aktiven erfolgen und die Vorteile einer derartig interaktiven Trainingsgestaltung genutzt werden.

Die Übertragung des Konzepts auf andere Sportgeräte, bspw. Stabhochsprung-Stab, Speer und Ski, ist möglich. So können die Vorteile des Monitoringsystems – extrem geringe Masse und drahtlose Datenübertragung – für die rückwirkungsfreie Erfassung von Leistungsparametern auch anderen Sportarten zugänglich gemacht werden. Somit legt der im Vorhaben fokussierte Anwendungsfall – Sportgerät Skistock – einen sportartübergreifenden Grundstein für die Erschließung von neuen sporttechnischen Leistungsreserven.

Tab. 2: Vergleich der Eigenschaften des Monitoringsystems im Service-Forschungsprojekt EviS und in der nächsten Entwicklungsstufe.

Eigenschaft	EviS Projekt	Nächste Entwicklungsstufe
Systemgewicht	~ 110 g	< 50 g
Positionierung der Elektronik	Teils am Stock/ teils am Aktiven	Im Stockgriff
Messauflösung	~ 10 N	< 1 N
Stocklagemessung	nein	ja
Smartphone-Anbindung	nein	ja
Aufwand für Systemeinrichtung	zu hoch für alltägliche Anwendung	„Plug & Measure“
Belastungsmessung	Uniaxiale Kraftmessung	Alle Kräfte und Momente

6 Literatur

Holmberg, H. C., Lindinger, S., Stöggl, T., Eitzlmair, E. & Muller, E. (2005). Biomechanical analysis of double poling in elite cross-country skiers. *Medicine and science in sports and exercise, 37* (5), 807-818.

Wank, V., Heger, H. & Rapp, W. (2014). Optimierung der Lauftechnik entsprechend den individuellen Voraussetzungen der Athleten im Sitzschlitten-Skilanglauf. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2012/13* (S.141-146). Köln: Sportverlag Strauß.

Prävention von Schulterbeschwerden im Speerwurf – 6 Jahres Follow Up-Untersuchung

(AZ 072039/16-17)

Christoph Köble[1], Florian Kreuzpointner[1], Klaus Wörtler[2], Peter U. Brucker[1,3] & Ansgar Schwirtz[1] (Projektleitung)

[1]Technische Universität München, Fakultät für Sport- und Gesundheitswissenschaften, Professur für Biomechanik im Sport
[2]Technische Universität München, Klinikum rechts der Isar, Institut für Radiologie
[3]OrthoPlus München

1 Problem

Überkopf-Wurf- und Schlagsportarten führen aufgrund des spezifischen Bewegungsmusters zu hohen Belastungen innerhalb des dominanten Schultergelenks. Durch die regelmäßige Ausübung dieser Sportarten kommt es bekanntermaßen zu funktionellen und strukturellen Anpassungserscheinungen der oberen Extremität. Im fortschreitenden Verlauf dieser Adaptationen steigt die Wahrscheinlichkeit, dass Schulterüberlastungen und -verletzungen aufgrund der spezifischen einseitigen Belastung auftreten. Diese Beschwerden können auf wiederholte maximale Krafteinwirkungen in endgradigen Gelenkstellungen während der Wurf- oder Schlagbewegung zurückgeführt werden, die vor allem während der Ausholphase sowie in der Abbremsphase nach dem Abwurf auftreten (Burkhart et al., 2003).

In einem vorangegangenen, vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) geförderten Forschungsprojekt (AZ IIA1-070103/10-11) konnte unsere Forschungsgruppe erstmalig die zum damaligen Zeitpunkt besten deutschen Nachwuchskader-Speerwerfer untersuchen. Im Alter von 16-19 Jahren (N = 16, Durchschnittsalter 17,7 ± 0,7 Jahre) wurde diese Gruppe im Hinblick auf bereits bestehende, klinisch jedoch a-/oligosymptomatische Schäden untersucht (Beitzel et al., 2013; Beitzel et al., 2014; Zandt et al., 2011). Dabei konnte insbesondere durch eine native MRT-Untersuchung gezeigt werden, dass über 73 % der Speerwerfer bereits intraossäre Zysten mit einem Durchmesser von über 3 mm im Humeruskopf superolateral im Bereich der Infraspinatus-Insertionszone auf ihrer dominanten (dom) Seite aufwiesen – gegenüber nur 13 % auf der nicht-dominanten (ndom) Seite.

Neben strukturellen Veränderungen konnten ebenfalls funktionelle Veränderungen festgestellt werden, wobei eine Ursache-Wirkungs-Beziehung aufgrund des Querschnittsdesigns nicht hergestellt werden konnte. Diese funktionellen Adaptationen umfassten vor allem die passive Beweglichkeit in der hohen (bei 90° Schulter-Abduktion) Innenrotation des Schultergelenks. Hier war auf der dominanten Seite die hohe Innenrotation um 11° signifikant im Vergleich zur Gegenseite eingeschränkt (dominant 44°, nicht-dominant 55°). In der Fachliteratur wird das als zumindest grenzwertiges glenohumerales Innenrotations-Defizit (GIRD) beschrieben und gilt hierbei als Risikofaktor für Schulterbeschwerden (Tyler et al., 2000). Es gab in der Eingangsuntersuchung (EU) keine signifikanten Unterschiede in der Maximalkraft zwischen dominanter und nicht-dominanter Seite. Das funktionelle Kräfteverhältnis zwischen exzentrischer Außenrotation und konzentrischer Innenrotation (ARO exz/IRO konz) – ein weiterer Risikofaktor – zeigte ebenfalls keine Seitenunterschiede (dominant 0,78:1, nicht-dominant 0,78:1). Jedoch bedeuteten diese Werte eine Abweichung von empfohlenen Kräfteverhältnissen von 1:1 (Scoville et al., 1997). Hinter dieser Empfehlung steht die Annahme, dass die abbremsende Kraft nach dem Abwurf (exzentrische Außenrotation) mindestens so stark sein sollte wie die beschleunigende Kraft bis zum Abwurf (konzentrische Innenrotation). Diese Anpassungen des Bewegungsumfan-

ges auf der dominanten Seite im Vergleich zu nicht-dominanten Seite sind charakteristisch für viele Überkopfsportarten und konnten in der vorangegangenen Untersuchung erstmals bei Speerwerfern gezeigt werden. Als biomechanischer Erklärungsansatz wurde dabei eine frühzeitig gestörte Arthrokinematik im Zusammenspiel mit einer beginnenden Skapuladyskinesie angeführt. Diese könnte sich sekundär aus dem Missverhältnis zwischen konzentrischer Innenrotation, exzentrischer Außenrotation bei verkürztem Abbremsweg aufgrund eines GIRD entwickelt haben, wobei diese Kombination aufgrund des verkürzten Abbremsweges und zu geringer exzentrischer Außenrotationskraft in der Endphase der Abbremsbewegung zur mechanischen Überlastung der superolateralen Insertionszone des Infraspinatus mit Zystenbildung führt.

Die erstmalig nachgewiesenen strukturellen Veränderungen im Humeruskopf der Werferschulter deuteten auf frühzeitig beginnende Anpassungserscheinungen bei jugendlichen Speerwerfern hin. Das Hauptziel dieser Follow Up-Untersuchung (FoU) war es zum einen, strukturelle und funktionelle Anpassungen im dominanten Schultergelenk der Speerwerfer prospektiv zu beurteilen. Zum anderen sollten die Anpassungen mit einer Kontrollgruppe verglichen werden, um deren klinische Relevanz beurteilen zu können. Schließlich sollte der Verlauf des Karriereweges und dessen Einfluss auf die Drop-Out-Rate sowie die allgemeine Verletzungsprävalenz qualitativ beurteilt werden. Aus Praxissicht war es das Ziel, nach dieser FoU konkrete Fragen im Hinblick auf Trainingsempfehlungen für Nachwuchs- und Spitzenathleten beantworten zu können. Daher wurden folgende Hypothesen aufgestellt:

- Die strukturellen Adaptationen im Humeruskopf hatten in der Längsschnittuntersuchung einen Einfluss auf den Karriereverlauf der Speerwerfer;
- Strukturelle Adaptationen stehen mit funktionellen Anpassungserscheinungen in direktem Zusammenhang;

Aus den Ergebnissen lassen sich Referenzwerte für Kraft und Beweglichkeit ableiten, die zu einer Reduzierung des Verletzungsrisikos führen können.

2 Methode

Für die Untersuchung konnten N = 12 männliche Speerwerfer (Alter 24,3 ± 1,3 Jahre, Range 2226) aus der EU rekrutiert werden. Dies sind 75 % der damaligen Untersuchungsgruppe. Die Kontrollgruppe bestand aus 30 männlichen Probanden, die weder aktuell noch in der Vergangenheit eine Überkopf-Wurf- oder Schlagsportart aktiv und systematisch ausgeübt hatten. Das Alter wurde bestmöglich mit dem Probandenkollektiv der Speerwerfer gematcht (N = 30; Alter 23,3 ± 1,6 Jahre, Range 2027). Weitere Ausschlusskriterien für die Kontrollgruppe waren Schulteroperationen in der Vergangenheit, das Auftreten von Schulterbeschwerden innerhalb der vergangenen sechs Monate sowie eine frühere Teilnahme an einem Schulter-Präventionsprogramm.

Die Untersuchung bestand aus vier Teilen: einer radiologischen (magnetresonanztomographischen) Diagnostik, einer klinisch-orthopädischen und einer biomechanischen Untersuchung sowie einem speziell entwickelten Fragebogen zum Karriereverlauf der Speerwerfer. Die radiologische Diagnostik erfolgte mittels einer nativen Magnetresonanztomographie (MRT, 3 Tesla, Philips, NL). Die Speerwerfer wurden an beiden Schulter- und Ellenbogengelenken magnetresonanztomographisch untersucht. Diese Untersuchung erfolgte jeweils in einer standardisierten Neutralposition (Schulter in 0° Abduktion, 0° Flexion und 0° Rotation bzw. Ellenbogen in 0° Beugung). Das Schultergelenk wurde zusätzlich in einer 90° abduzierten und 90° außenrotierten Position (ABER-Position) mit der Handfläche nach oben unter dem Kopf analysiert. Die Kontrollgruppe wurde ausschließlich an der dominanten Schulter in beiden Positionen (Neutralposition, ABER-Position) untersucht. Die klinische Untersuchung umfasste spezifische Provokationstests der Rotatorenmanschette, der Werferschulter und des Werferellenbogens, sowie Tests hinsichtlich Gelenk-Instabilität, -Funktion und makrosko-

pischer Skapulakinetik. Die Untersuchungen gingen in die Berechnung verschiedener anerkannter Schulter- und Ellenbogenscores ein, beispielsweise dem „Constant-Murley-Score“ (CMS). Weiterhin wurde die passive Beweglichkeit im Schulter- und Ellenbogengelenk erhoben. Die Messung der oberen Innen- und Außenrotation im Schultergelenk in 90° Abduktion erfolgte der klinischen Praxis entsprechend von zwei konstanten Untersuchern mithilfe eines Standardgoniometers.

Für die biomechanische Untersuchung wurde eine isokinetische Maximalkraftdiagnostik mit einem computergesteuerten Dynamometer (Isomed 2000, D&R Ferstl GmbH, GER) eingesetzt, mit dem die Schulterinnen- und außenrotation beidseitig erhoben wurde. Die Messung erfolgte wie in Abb. 1 dargestellt sitzend in 90° Abduktion und 90° Ellenbogenflexion (90/90-Position) sowohl konzentrisch als auch exzentrisch bei 60°/s. Die Range of Motion (ROM) umfasste 90° mit den Endpositionen der Bewegung bei 80° Außenrotation bzw. 10° Innenrotation (ausgehend von 0° bei einer horizontalen Ellenbogenstellung). Dieser Teil der Untersuchung wurde lediglich mit den derzeit noch aktiven Speerwerfern durchgeführt.

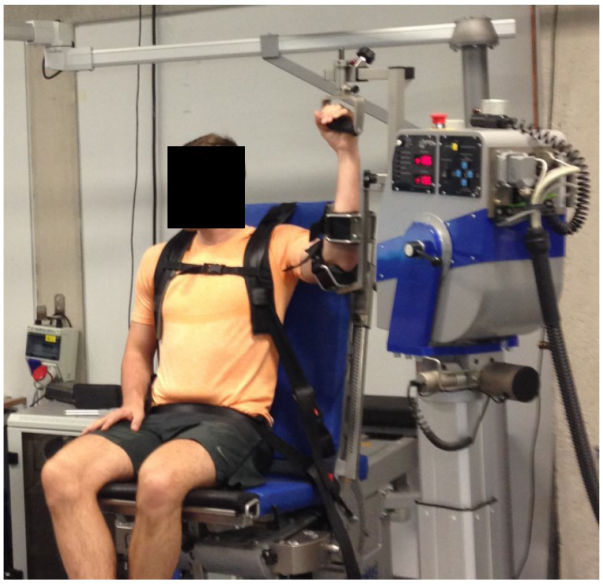


Abb. 1: Isokinetische Maximalkraftdiagnostik

3 Ergebnisse

Nach der Durchsicht aller Datensätze aus der EU und der FoU konnten N = 9 vollständige Datensätze mit Ergebnissen zu allen Teiluntersuchungen für die Auswertung herangezogen werden. Von diesen neun Speerwerfern hatten sechs ihre leistungssportliche Karriere aus verschiedenen Gründen (siehe Diskussion) beendet. Unter den drei Aktiven waren jeweils ein A- und B-Kader-Athlet sowie ein Athlet derzeit ohne Kaderstatus. Die Ergebnisse werden im Folgenden nach den aktiven Speerwerfern (Gruppe Aktive) sowie denjenigen Speerwerfern, die ihre Karriere beendet haben (Gruppe Karriereende), unterteilt.

Diese Trennung wurde vorgenommen, da der Zeitpunkt der letztmaligen sportartspezifischen Belastung unter Wettkampfbedingungen unterschiedlich lange zurück lag. Zum graduellen zeitlichen Einfluss der fehlenden Belastung auf die funktionellen und strukturellen Strukturen gibt es nach Wissen der Autoren zum aktuellen Zeitpunkt keine bekannten Untersuchungen, weshalb eine getrennte Beurteilung dieser beiden Gruppen sinnvoll erschien. Die Gruppe Aktive hatte eine durchschnittliche Bestweite von 65,17 ± 4,73 m im Jahr der EU sowie 76,04 ± 11,39 m im Jahr der FoU. Die Gruppe Karriereende hatte entsprechende Weiten von 64,04 ± 3,61 m bzw. 66,65 ± 4,44 m.

3.1 Magnetresonanztomographische Ergebnisse

Die magnetresonanztomographischen Untersuchungen der dominanten und nicht-dominanten Schulter bei der Speerwerfern (Aktive und Karriereende) sowie der dominanten Schulter der Kontrollgruppe ergab folgende Befunde mit Fokus auf die Zystenbildung im Bereich der superolateralen Infraspinatus-Insertionszone (Tab. 1).

Im Vergleich zur EU kam es zu einer bilateralen Zunahme der Zystenbildung auf der dominanten Seite von 73 auf 80 % bzw. von 13 auf 40 % auf der nicht-dominanten Seite. Insgesamt finden sich bildgebend sowohl in der Speerwerferwie auch in der Kontrollgruppe weitere pathologische, jedoch klinisch nicht relevante bzw. asymptomatische Befunde.

Tab. 1: Zystenbildung > 3 mm superolateraler Humeruskopf im Bereich der Insertionszone des Infraspinatus (Speerwerfer N = 9, Kontrollgruppe N = 30).

Zystengröße	Speerwerfer FoU dom Schulter [%]	Speerwerfer FoU ndom Schulter [%]	Kontrollgruppe dom Schulter [%]
≤ 3 mm	20	60	63
> 3 mm	80	40	37

3.1 Klinische Ergebnisse

Der CMS in der FoU betrug 94,8 ± 5,0 (Aktive) bzw. 95,2 ± 3,3 (Karriereende) Punkte für die dominante Schulter (von maximal 100 möglichen Punkten). Auf der nicht-dominanten Seite waren es entsprechend 97,6 ± 2,1 bzw. 93,9 ± 6,0 Punkte. Die Kontrollgruppe hatte auf der dominanten Seite einen CMS von 96,9 ± 2,1 Punkten. Es zeigte sich damit kein Unterschied zwischen der Gruppe Aktive und der Kontrollgruppe in Bezug auf den CMS. Hingegen war der Wert in der Gruppe Karriereende leicht reduziert. Alle weiteren klinischen Tests zeigten keine systematischen bzw. relevanten Auffälligkeiten.

Die Ergebnisse der passiven hohen Schulter-Innen- und Außenrotationsfähigkeit in 90° Abduktion werden in Tab. 2 zu den Messzeitpunkten EU und FoU dargestellt. Das GIRD war in der Gruppe Aktive kleiner als in der Gruppe Karriereende sowie in der Kontrollgruppe. Dagegen war der Seitenunterschied des totalen ROM in der Gruppe Aktive größer im Vergleich zu beiden anderen Gruppen. Keine Unterschiede zeigten sich im Hinblick auf die Außenrotationsfähigkeit.

3.2 Biomechanische Ergebnisse

Da in der FoU aus oben genannten Gründen lediglich mit der Gruppe Aktive eine Kraftdiagnostik durchgeführt wurde, erfolgt die Ergebnisdarstellung in Einzelfällen. Zwei Ergebnisse (VP1 und VP2) werden in Abb. 2a und 1b und zu den Zeitpunkten EU und FoU sowie im Vergleich mit der Kontrollgruppe und der Referenz aus der Literatur (Scoville et al., 1997) abgebildet. Die Darstellung erfolgt anhand des Parameters Peak Torque (PT), der in der Berechnung im Vergleich zur Arbeit (W) unabhängiger vom exakten Winkelbereich ist und daher von der Forschergruppe für einen Längsschnittvergleich valider eingeschätzt wurde. Die Ergebnisse des Parameters Arbeit stützten jedoch in der Regel die aus dem Parameter Peak Torque gewonnenen Beobachtungen. In Bezug auf VP1 wurde auf der dominanten Seite ein deutlich niedrigeres funktionelles Kräfteverhältnis festgestellt gegenüber der nicht-dominanten Seite. Beide Werte waren niedriger im Vergleich zur Kontrollgruppe und zur Referenz. Diese Beobachtung kann auf VP2 übertragen werden, wobei dessen Werte höher lagen als bei VP1. Die Kontrollgruppe zeigte die

Tab. 2: Mittelwerte (x ± SD) der passiven oberen Schulter-IRO, ARO und totalen ROM (TROM) und Seitenunterschiede in 90° Abduktion im Vergleich zwischen EU und FoU von N = 3 Speer Aktive, N = 6 Speer Karriereende und N = 30 Kontrollgruppe. Angaben in Grad [°].

		IRO			**ARO**			**TROM**		
		dom	ndom	*GIRD*	dom	ndom	*ERG*	dom	ndom	*ΔTROM*
EU	Aktive	52 ± 28	53 ± 20	*2* ± 13	118 ± 13	112 ± 8	*7* ± 6	170±26	165±18	*5*±13
	Karriere-ende	48 ± 21	59 ± 26	*11* ± 6	109 ± 7	104 ± 12	*5* ± 7	158±22	163±22	*-6*±6
FoU	Aktive	36 ± 12	37 ± 12	*1* ± 5	116 ± 9	107 ± 10	*9* ± 6	152±9	144±7	*9*±3
	Karriere-ende	39 ± 12	47 ± 15	*8* ± 9	121 ± 16	112 ± 10	*9* ± 8	160±14	159±8	*1*±13
	Kontroll-gruppe	46 ± 8	51 ± 9	*6* ± 8	117 ± 9	111 ± 8	*7* ± 7	163±10	162±9	*1*±7

höchsten funktionellen Verhältnisse, welche auf der dominanten (1,12) sowie auf der nicht-dominanten Seite (1,17) über der Referenz lagen.

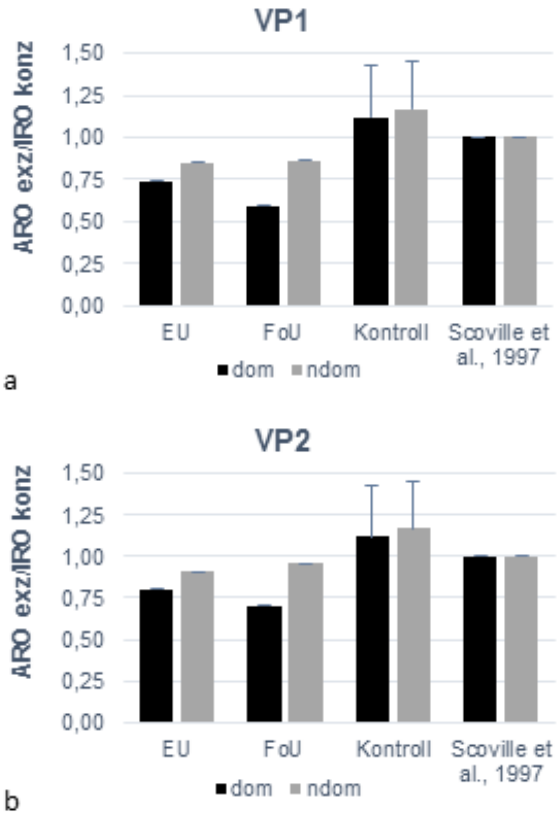


Abb. 2: Funktionelle isokinetische Kräfteverhältnisse der Schulterrotatoren (ARO exz/IRO konz) zu den Messzeitpunkten EU und FoU für VP1 (a) und VP2 (b) sowie für die Kontrollgruppe und die Referenz jeweils für die dominante und nicht-dominante Seite (Bestwerte bei VP1, VP2 zu beiden Zeitpunkten und die Referenz sowie x ± SD für die Kontrollgruppe).

Die Zusammensetzung der funktionellen Verhältnisse auf der dominanten Seite von VP1 zu beiden Zeitpunkten ergibt sich aus den Werten in Tab. 3.

4 Diskussion

Die Gruppe Aktive konnte die durchschnittliche Bestleistung zwischen beiden Messzeitpunkten um etwas über 10 m deutlich steigern. Hingegen fiel die Zunahme der Bestleistung in der Gruppe Karriereende mit ca. 2,5 m deutlich geringer aus. Damit zeigte sich in Bezug auf die Leistungsentwicklung seit der EU ein deutlicher Unterschied zwischen beiden Gruppen. Im Hinblick auf die klinischen Tests und die berechneten Scores zeigten sich keine Auffälligkeiten hinsichtlich einer Vorhersagbarkeit von zukünftigen Verletzungen aus den Ergebnissen der EU. Die Ergebnisse der passiven Beweglichkeit verdeutlichen die Bedeutung der Innenrotationsfähigkeit für die Verletzungsprophylaxe. Prospektiv betrachtet war das Defizit in der Innenrotationsfähigkeit auf der dominanten Seite im Vergleich zur nicht-dominanten Seite bei denjenigen Speerwerfern größer, die zwischen der EU und der FoU ihre leistungssportliche Karriere beenden mussten. Dieser Unterschied könnte einen Hinweis darauf geben, dass Speerwerfer, die dieses Defizit und damit den Risikofaktor GIRD möglichst gering halten, höhere Chancen auf eine langfristig verletzungsarme-/freie Karriere im Erwachsenenalter haben. In diesem Zusammenhang müssen ebenfalls die Gründe betrachtet

Tab. 3: Isokinetische Maximalkraft in der Schulterinnen- und -außenrotation (Bestwert) bei 60°/s zu den Messzeitpunkten EU und FoU für die dominante und nicht-dominante Seite (PT: Peak Torque [Nm], W: Work [Nm/rad]).

			VP1				**VP2**			
			EU		FoU		EU		FoU	
			dom	ndom	dom	ndom	dom	ndom	dom	ndom
IRO	PT	*konz*	130,9	97,5	125,5	99,3	85,5	62,7	100,2	81,6
		exz	135,3	105,5	156,1	113,5	110,5	77,0	127,0	109,3
	W	*konz*	175,2	138,8	141,9	126,2	109,1	80,4	106,3	80,7
		exz	178,8	141,7	155,6	118,5	138,7	101,7	132,8	123,8
ARO	PT	*konz*	67,9	67,7	66,9	60,7	48,3	41,8	47,7	59,6
		exz	97,0	82,6	74,2	81,8	68,3	57,0	70,3	78,1
	W	*konz*	67,7	56,6	65,8	63,5	56,1	51,4	52,3	50,8
		exz	112,2	101,2	86,1	92,8	81,8	75,7	79,9	89,2

werden, aus welchen die genannten Probanden ihre Karriere beendet haben. Diese wurden im Fragebogen zum einen durch eine geschlossene Fragestellung erhoben, wobei Mehrfachnennungen möglich waren. Als Hauptgründe für das Karriereende wurden in jeweils vier Fällen eine Verletzung des Ellenbogens und eine Kombination aus fehlender Perspektive, nicht mehr zu realisierendem Trainingsumfang und gesunkener Motivation genannt. In jeweils zwei Fällen wurde eine Verletzung der Wurfschulter oder an der unteren Extremität genannt.

Darüber hinaus wurden Gründe für das Karriereende ebenfalls durch eine offene Fragestellung erhoben. Diese wurde von allen sieben Probanden der Gruppe Karriereende mit der Verletzung angegeben, in drei Fällen finanzielle Gründe sowie in zwei Fällen Schwierigkeiten bei der Vereinbarkeit von Karriere und Beruf (duale Karriere). In der Summe zeigte sich, dass Verletzungen bei den Probanden der Gruppe Karriereende einen großen Anteil am Ausscheiden aus dem Leistungssport hatten.

Morphologische und pathomorphologische Anpassungen bzw. Veränderungen sind bei den Speerwerfern unabhängig ihres Aktivenstatus nachzuweisen. Insgesamt haben sich die Zystenbildungen sowohl prozentual als auch quantitativ hinsichtlich ihres Ausmaßes (in der Mehrzahl der Speerwerfer) vergrößert, und das deutet darauf hin, dass diese Region biomechanisch-biologischen Belastungen ausgesetzt ist. Inwieweit dies relevant für die vorzeitige Entstehung von (artikulärseitigen) Rotatorenmanschettenläsionen in diesem Areal ist, muss in einer Fortsetzung der Längsschnittuntersuchung in den nächsten Jahren geklärt werden. Nichts desto trotz stellt dies einen möglicherweise relevanten Risikofaktor dar.

Die Ergebnisse der isokinetischen Maximalkraftdiagnostik beschränkten sich auf zwei Einzelfälle. Dadurch können diese nur eingeschränkt verallgemeinert werden. Jedoch können sie Hinweise auf mögliche Zusammenhänge mit den radiologischen und klinischen Ergebnissen und damit auch dem Einfluss aus das Verletzungsrisiko geben, welche an dieser Stelle betrachtet werden sollen. In beiden Einzelfallbeispielen kam es zu einer Abnahme des funktionellen Kräfteverhältnisses (ARO exz/IRO konz) zwischen EU und FoU. Zurückzuführen sind diese Veränderungen auf eine Abnahme der Maximalkraft in der Außenrotation bei VP1, hingegen auf eine Zunahme der Maximalkraft in der Innenrotation bei VP2. VP1 (funktionelles Kräfteverhältnis 0,59) hatte im Jahr 2012 eine Operation am dominanten Ellenbogen (ligamentum collaterale radiale) und ist seitdem an den oberen Extremitäten verletzungsfrei. Aus der großen Abweichung der funktionellen Verhältnisse zum aktuellen Referenzwert von 1,00 in der Literatur (Scoville et al., 1997) scheint ein hohes Risiko für eine Schulterverletzung zu bestehen. Die Referenz ergab sich aus der zum Teil theoretischen Annahme, dass die abbremsende (exzentrische) Kraft der Schulteraußenrotatoren mindestens so hoch wie die beschleunigende (konzentrische) Kraft der Schulterinnenrotatoren sein müsste. Diese Annahme deckt sich mit der Kontrollgruppe aus gleichaltrigen, asymptomatischen Nicht-Überkopf-Sportlern in der vorliegenden Untersuchung (dom: 1,07; ndom: 1,12) sowie mit der Literatur (Scoville et al., 1997; Yildiz et al., 2006). Jedoch scheint es auf Grundlage der vorliegenden Ergebnisse durchaus möglich zu sein, mit einem Verhältnis von 0,59 über vier Jahre hinweg verletzungsfrei zu bleiben und das Leistungsniveau zu halten (vgl. Tab. 4), so dass spekuliert werden kann, dass die Referenzwerte nicht zwingend auf den Speerwurf-Hochleistungssport übertragbar sind. Sowohl in der EU als auch in der FoU bestand bei VP1 kein GIRD (0° bzw. -1°).

Bei VP2 (0,70) gab es ebenfalls eine deutliche, wenn auch im Vergleich zu VP1 etwas geringere Abweichung von der Literaturempfehlung.

Tab. 4: Leistungsentwicklung von VP1 und VP2 zwischen EU und FoU in [m] (Bestleistung unterstrichen).

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
VP1	66,75	73,98	80,81	75,56	86,13	<u>86,14</u>	85,42
VP2	59,85	78,55	75,45	<u>82,42</u>	78,02	50,57	79,34

Im Jahr 2013 wurde VP2 ebenfalls am dominanten Ellenbogen operiert, zudem traten im Jahr 2015 Schulterbeschwerden (Kapsel) auf der dominanten Seite auf. Im Anschluss an die Schulterbeschwerden wurden die Trainingsinhalte dahingehend umgestellt, dass mehr verletzungsprophylaktische Übungen im Bereich Kraft- und Beweglichkeitstraining sowie weniger Würfe in der Saisonvorbereitung eingesetzt wurden. Diese Umstellung wurde vom Probanden als erfolgreich beurteilt, wirkte sich jedoch negativ auf die Leistungsentwicklung aus (vgl. Tab. 4), sodass das vorhergehende Niveau nicht mehr erreicht werden konnte. Im Anschluss an die Saison 2016 wurde daher ein Mittelweg aus speerwurfspezifischem und athletischem Begleittraining geplant. Das GIRD von VP2 betrug in der EU 15° und in der FoU 8°.

Einen Hinweis auf die Bedeutung des funktionellen Verhältnisses gibt die Betrachtung der Ergebnisse beider Gruppen in der EU. Die Gruppe Speer hatte im Mittelwerte ein Verhältnis von 0,80 ± 0,07 ebenso wie die Gruppe Karriereende mit 0,80 ± 0,22. In der Gruppe Karriereende gab es einen Probanden, der seine Karriere nicht wegen Verletzungen an der oberen Extremität beendete. Dieser hatte ein funktionelles Verhältnis von 1,15 in der EU und blieb bis zu seinem Karriereende 2014 verletzungs- und beschwerdefrei an der dominanten Schulter und Ellenbogen, womit er der einzige Proband aus dem gesamten Kollektiv der Speerwerfer war. Schließt man diesen Probanden von der Gruppe Karriereende aus, so ergibt sich ein mittleres funktionelles Verhältnis von 0,73 ± 0,15. Zusammengenommen könnte aus dieser Vielzahl an Beobachtungen geschlossen werden, dass ein besseres funktionelles Verhältnis in der EU prospektiv zu besseren Prognosen für die Probanden im Hinblick auf die Vermeidung von Verletzungen sowie die Fortführung der leistungssportlichen Karriere führte. Welcher genaue Wert für das funktionelle Verhältnis als Referenzwert für die Trainingssteuerung herangezogen werden sollte, kann aus den vorliegenden Ergebnissen nicht entnommen werden.

5 Fazit und Praxistransfer

Die Steuerung von Umfang und Intensität des Wurftrainings kann einen großen Einfluss auf die Ausprägung eines GIRDs haben. Dies legen Untersuchungen nahe, die innerhalb einer Saison über Veränderungen von bis zu 7° berichten Shanley et al. (2012). Zum einen ist das GIRD als Risikofaktor anerkannt. Zum anderen konnte in dieser Untersuchung gezeigt werden, dass Speerwerfer mit einem geringeren GIRD im Jugendalter mit größerer Wahrscheinlichkeit verletzungsfrei bleiben und ihre leistungssportliche Karriere länger und erfolgreicher gestalten können. Nichts desto trotz zeigen sich an der dominanten Schulter aktuell im Vergleich zur EU der dominanten Schulter und zur nichtdominanten Schulter der Speerwerfer und zur Kontrollgruppe zunehmend strukturelle Veränderungen im Bereich der ossären Insertionszone des Infraspinatus. Dieses Areal ist – biomechanisch gesehen – Traktionsbelastungen bei der Abbremsung der Wurfbewegung ausgesetzt und kann als ein Risikofaktor für (vorzeitige) artikulärseitige, posterolaterale Rotatorenmanschettenläsionen angesehen werden. Zusammengenommen ergibt dies eine Forderung nach einem engmaschigen Monitoring der Beweglichkeit im Schultergelenk, insbesondere im Hinblick auf die hohe Innenrotationsfähigkeit und ein adäquates Balancing der exzentrischen Außenrotationskraft zur konzentrischen Innenrotationskraft.

6 Literatur

Beitzel, K., Beitzel, K. I., Zandt, J. F., Buchmann, S., Schwirtz, A., Imhoff, A. B., Reiser, M. & Brucker, P. U. (2013). Premature cystic lesions in shoulders of elite junior javelin and volleyball athletes: a comparative evaluation using 3.0 Tesla MRI. *Journal of shoulder and elbow surgery, 22* (6), 792-799. doi:10.1016/j.jse.2012.07.012

Beitzel, K., Zandt, J. F., Buchmann, S., Beitzel, K. I., Schwirtz, A., Imhoff, A. B. & Brucker, P. U. (2014). Structural and biomechanical changes in shoulders of junior javelin throwers: a comprehensive evaluation as a proof of concept for a preventive exercise protocol. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy, Aug 26*. [Epub ahead of print].

Burkhart, S. S., Morgan, C. D. & Kibler, W. B. (2003). The disabled throwing shoulder: spectrum of pathology Part I: pathoanatomy and biomechanics. *Arthroscopy, 19* (4), 404-420. doi:10.1053/jars.2003.50128

Scoville, C. R., Arciero, R. A., Taylor, D. C. & Stoneman, P. D. (1997). End range eccentric antagonist/concentric agonist strength ratios: a new perspective in shoulder strength assessment. *The journal of orthopaedic and sports physical therapy, 25* (3), 203-207. doi:10.2519/jospt.1997.25.3.203

Shanley, E., Thigpen, C. A., Clark, J. C., Wyland, D. J., Hawkins, R. J., Noonan, T. J. & Kissenberth, M. J. (2012). Changes in passive range of motion and development of glenohumeral internal rotation deficit (GIRD) in the professional pitching shoulder between spring training in two consecutive years. *Journal of shoulder and elbow surgery, 21* (11), 1605-1612. doi:10.1016/j.jse.2011.11.035

Tyler, T. F., Nicholas, S. J., Roy, T. & Gleim, G. W. (2000). Quantification of posterior capsule tightness and motion loss in patients with shoulder impingement. *American journal of sports medicine, 28* (5), 668-673.

Yildiz, Y., Aydin, T., Sekir, U., Kiralp, M. Z., Hazneci, B. & Kalyon, T. A. (2006). Shoulder terminal range eccentric antagonist/concentric agonist strength ratios in overhead athletes. *Scandinavian journal of medicine & science in sports, 16* (3), 174-180. doi:10.1111/j.1600-0838.2005.00471.x

Zandt, J. F., Schwirtz, A., Lämmle, L., Beitzel, K., Buchmann, S., Imhoff, A. B. & Brucker, P. U. (2011). *Detection of risk factors for throwing shoulders in elite junior javelin throwers and volleyball players using isokinetic strength testing*. Paper presented at the International Symposium on "Science based Prevention", Berlin, Germany. Poster presentation retrieved from http://www.biomechanik.sp.tum.de/fileadmin/tuspl01/www/Aktuelles/Poster_Science_based_Prevention_2011.pdf

Entwicklung, Erprobung und Implementierung eines videobasierten Feedbacktools zur Optimierung des Trainerverhaltens im leistungssportlichen Training

(AZ 072051/16-17)

Dennis Drieschner, Markus Finck, Lutz Nordmann & Harald Lange (Projektleitung)
Universität Würzburg, Institut für Sportwissenschaft,
Trainerakademie Köln des DOSB

1 Problem

Die Entwicklung sportlicher Leistungsfähigkeit ist ein komplexes Handlungsfeld, in dem Trainer zweifelsfrei eine Schlüsselposition einnehmen (de Bosscher et al., 2007, ICCE, 2013). Sie sind als der wichtigste Partner der Athleten mit der Zielsetzung, die sportliche Leistungsfähigkeit zu optimieren, betraut und unmittelbar verantwortlich für die zentralen Elemente in der Trainings- und Wettkampfsteuerung.

Innerhalb der vielfältigen Aufgaben der Trainertätigkeit ist das Planen, Organisieren und Durchführen von Trainingseinheiten eine Kerntätigkeit, denen laut einer Studie zum Berufsfeld ca. 97 % der Trainer höchste Bedeutung zuschreiben (Digel & Thiel, 2010). Die Bedeutung des Trainings für die Leistungsentwicklung der Athleten ist nicht nur durch die Quantität begründet, vielmehr sind qualitative Aspekte des Trainingsprozesses entscheidend. Der Trainer plant unter Berücksichtigung der langfristigen Leistungsentwicklung des Athleten die TE, indem er Ziele bestimmt, Übungen auswählt, den methodischen Aufbau festlegt und die Belastungsgestaltung steuert. Die Qualität von Training ist auf inhaltlicher Ebene durch Trainingsziele, Trainingsinhalte und Trainingsmethoden bestimmt. (Schnabel, Harre & Krug, 2014)

Das Modell des trainingsdidaktischen Dreiecks (Abb. 1, Lange, 2006) bietet hier die Möglichkeit im „inner circle“, also auf das Wesentliche reduziert, die Stellung des Trainers im komplexen Zusammenhangsgefüge des Leistungssports zwischen Trainer, Athlet und Trainingsgegenstand zu verdeutlichen. Die Wirksamkeit von Training hängt in hohem Maße von der Umsetzung und damit von der Interaktion des Athleten mit den sportartspezifischen Anforderungen ab. Der Trainer kann dabei indirekt einwirken.

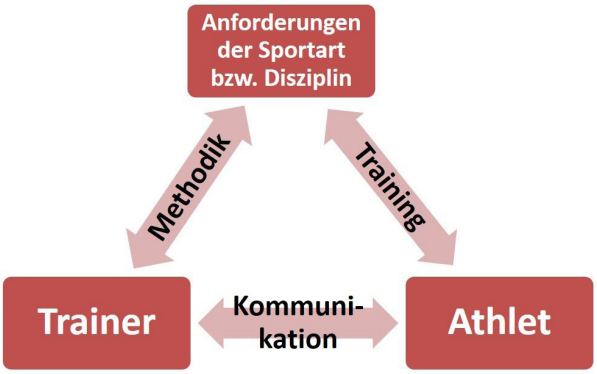


Abb. 1: Trainingsdidaktisches Dreieck nach Lange (2004); Benennungen der Interaktionen ergänzt.

Der Trainer kann demnach durch die methodische Gestaltung des Trainings und sein Kommunikationsverhalten dazu beitragen, dass die Athleten qualitativ hochwertig trainieren. Die „Kunst“ des Trainers bemisst sich daran, in wie weit er dazu beiträgt, das Handeln von Athleten (tatsächliche Umsetzung der geforderten Aufgaben) und deren Verhalten, d. h. psychischer Zustand (u. a. Motivation, Zufriedenheit, Engagement) positiv zu beeinflussen.

Die Bedeutung eben jener Trainer-Athlet-Beziehung zeigt sich auch in der QuaTrAS-Studie. 19 % aller Nennungen beziehen sich auf diese Referenzdimension. Über die Hälfte, das sind

10 % aller Nennungen zu kritischen Ereignissen, sind das Trainerverhalten betreffend, davon rund die Hälfte mit positivem und weniger als ein Drittel mit negativem Effekt (Rest neutral) (Hänsel et al., 2013a).

Die Implementierung einer Anwendungssoftware zur Unterstützung eines videobasierten Feedbackprozesses in die Trainerbildung soll nun zu einer Steigerung von reflexiven Trainingsbeobachtungen führen und damit langfristig die Kompetenzentwicklung der Trainer anregen. Gleichzeitig kann hierüber der individuelle Entwicklungsweg systematisch auf- und nachgezeichnet werden.

Allerdings lassen sich „Wegen der gegebenen Relationalität des trainingsdidaktischen Dreiecks zwischen Trainer, Athlet und Sache lassen sich trainingspädagogische und -didaktische Kompetenzen nicht mithilfe harter Daten und Fakten dokumentieren, sondern spiegeln sich vielmehr in den Konturen gelingender Praxis wider." (Lange, 2004, S. 42)

Daraus leiten sich folgende Fragen für die Entwicklung der Anwendungssoftware ab:

- Wie sind diese Konturen nun zu beschreiben?
- Wie lässt sich Trainingsqualität in der Trainingseinheit als Manifestation desbeobachten?

2 Methode

Um uns dieser Frage zu nähern, haben wir uns in einen dynamischen Prozess aus Literaturrecherche, Expertenbefragung und Evaluation während Trainingsbeobachtungen begeben. Nach ersten Arbeitsentwürfen wurden die ersten Evaluationen mit „analogen" Mitteln durchgeführt, um erste Anwendungserfahrungen vor dem Beginn der Programmierarbeiten zu ermitteln.

Im Folgenden werden die relevanten Ergebnisse dieser drei Teilmethoden dargestellt.

3 Ergebnisse

3.1 Literaturrecherche

Die Frage nach den Konturen gelingender Praxis soll für den Leistungssport in Näherung in zumindest zwei Betrachtungsweisen unterteilt werden. Zum einen kann und muss man gutes Training an seinen Wirkungen und/oder Effekten messen. Übliche Kriterien sind hierbei die Leistungen der Athleten und, davon zu unterscheiden, Wettkampfergebnisse. Ein erreichtes Leistungsniveau wollen wir als das Ergebnis eines langfristigen, mehrdimensionalen Entwicklungsprozesses des/der Athleten verstehen. Wettkampferfolge sind dagegen auch immer zu einem gewissen Grad von nicht beeinflussbaren, externen Faktoren abhängig. Eine dem Wettkampfniveau entsprechende Leistungsfähigkeit ist die notwendige, aber keine ausreichende Bedingung für Wettkampferfolge.

Zum andern wird Training häufig anhand normativer Vorstellungen bewertet. Das Erfüllen eines bestimmten Trainingsumfangs und/oder vorgegebener Trainingskennziffern wird z. B. häufig als Mindestvoraussetzung guter Trainingsarbeit betrachtet. Hieraus werden dann moralische Normative zu Einstellung und Haltung eines Athleten abgeleitet.

In einer Übersichtsarbeit zum „Qualitätsbegriff im leistungssportlichen Training" identifiziert Schwartz (2014) vier Perspektiven, Trainingsqualität betreffend. Unter der Oberkategorie der Theoretiker sind die naturwissenschaftliche und geisteswissenschaftliche Perspektive zu finden. Die geisteswissenschaftliche Perspektive nimmt meist für sich in Anspruch, den Athleten und damit indirekt seine Perspektive in den Mittelpunkt zu stellen. Dem steht die Oberkategorie der Praktiker gegenüber, unter welcher sich die Trainer- und die Funktionärsperspektive befinden.

Bezugnehmend auf Abb. 1 findet der Trainingsprozess in der Auseinandersetzung des Athleten mit den Anforderungen seiner Sportart statt. Die Bewusstheit der Athleten in ihrem Trainingsprozess stellt also eine zentrale Variable im komplexen Gefüge der Leistungsentwicklung dar. Zu Trainingsqualität aus Athletensicht sind u. a. Brand (2006), Wohlers (2013) und die QuaTrAS-

Studie (Hänsel et al., 2013b) als aktuelle Publikationen zu nennen. Alfermann & Würth (2002) stellen jedoch zwischen der Zufriedenheit der Athleten und der Leistungsentwicklung jedoch keinen direkten Zusammenhang fest.

Training kann also von verschiedenartigen Perspektiven aus betrachtet werden. Jede Perspektive hat jedoch immer einen eingeschränkten Erkenntnisgewinn. Am Ende kann nur eine Integration aller Perspektiven Trainingsqualität annähernd beschreiben. Während die Natur- und Geisteswissenschaften in der Trainingswissenschaft ihren Platz finden, kumuliert im „erfahrenen und hochqualifizierten Trainer" die Trainingswissenschaft und die Erfahrung in der Sportpraxis zu einem nicht zu ersetzenden Expertenwissen[1]. (Abb. 2)

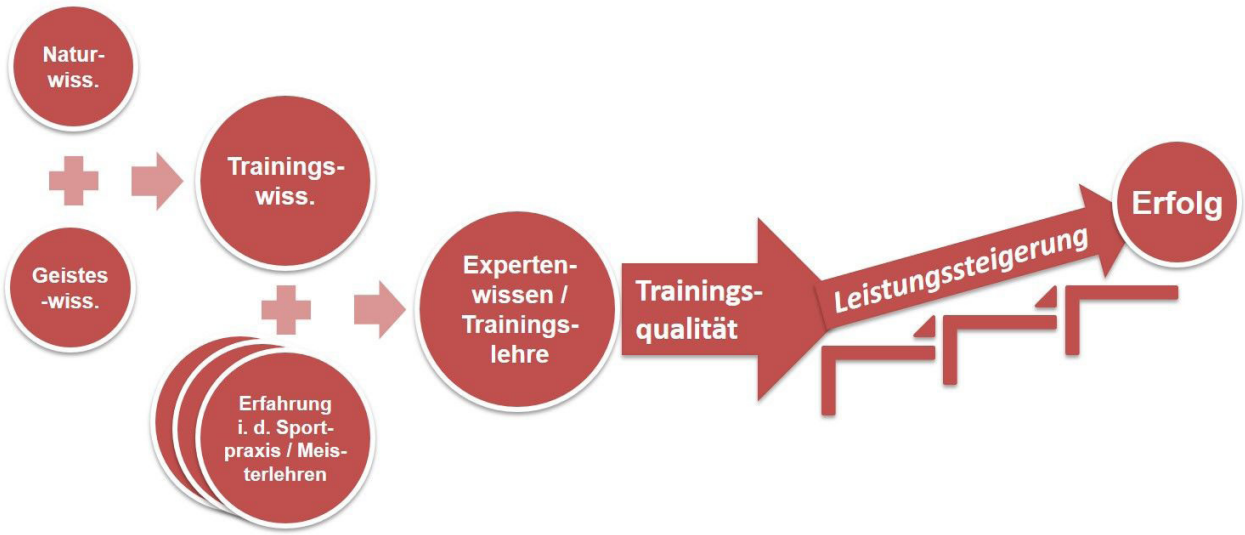


Abb. 2: Das Zustandekommen von Trainingsqualität als angewandtes Expertenwissen und Grundlage für Leistungssteigerung als Weg zum Erfolg

Sportlicher Erfolg ist das Resultat einer qualitätsbedingten Leistungssteigerung. Quantitative Aspekte des Trainings werden so zum Qualitätsmerkmal. Diese Idee von Trainingsqualität soll im Weiteren zugrunde liegen. Nicht die Anwendungssoftware, sondern der Nutzer bewertet.

Neben der methodischen Gestaltung interagiert der Trainer mit dem Athleten kommunikativ. Um sich der Kommunikation im Trainer-Athleten-Verhältnis anzunähern, betrachten Borggrefe & Cachay (2015) den Leistungssport als System im systemtheoretischen Sinne (Luhmann, 1927-1998[2]). Das Kommunikationsmedium ist der Wettkampferfolg mit dem binären Code „Sieg/Niederlage" im Programm des (sportlichen) Wettkampfes[3] (vgl. z. B. auch Bette & Schimank, 2006 [1995]; Brand, 2006). Auf der Organisationsebene findet Kommunikation formalisiert statt (Macht, Geld), mit der Einschränkung, dass „[...] nur Organisationen, die Mitgliedschaft unter vorteilhaften Bedingungen anbieten können [...], können sich eine Hierarchie leisten" (Luhmann, 1994a, S. 302 nach Cachay & Borggrefe, 2015). Auf der Gruppenebene bestimmen moralische Kommunikation (Achtung) sowie Beziehungskommunikation (Vertrauen, Sympathie) die Gruppenidentität. Die Aufgabe des Trainers besteht darin, diese erfolgsdienlich zu gestalten (Sportlerethos). Auf der Interaktionsebene schließlich stellt die Trainer-Athlet-Beziehung sich als Interaktionszusammenhang dar, in welchem stets die „ganze" Person eine Rolle spielt. Hier muss der Trainer über Fachkompetenz, Transparenz und Konsequenz Vertrauen erlangen. „Die Entstehung von Vertrauen bedarf hier allerdings konkreter Erfolgserfahrungen, worin die rigorose

1 Die originäre Aufgabe der Funktionäre ist, die Rahmenbedingungen zu schaffen, um diese zum Erfolg führenden Entwicklungen zu ermöglichen.

2 Niklas Luhmann (*1927 †1998) - von 1984 („Soziale Systeme") bis 1997 („Die Gesellschaft der Gesellschaft") entwickelte er die von Talcott Parsons (*1902 †1979) begründete soziologische Systemtheorie weiter.

3 Über die Codierung Borgrefe & Cachay (2015) mit Verweis auf weitere.

Tab. 1: Tagbare Trainerhandlungen im Vergleich Trainer-APP - CAIS

Trainer-APP				CAIS	
2. Ebene	*1. Ebene*			(Partington & Cushion, 2014)	
technisch taktisch organisatorisch	anweisen / erklären			3.643 7.550 1.174	pre intruction concurrent instruction post instruction
		42,6%	12.367		
loben schimpfen anfeuern	rückmelden / kommentieren			2.860 620 1.087 1.416 754	praise scold hustle feedback positiv feedback negativ
		23,2%	6.737		
verbal taktil apparativ	korrigieren / unterstützen			335 1.647 955	feedback related to results feedback related to performance reinforcement
		10,1%	2.937		
Frage Aufgabe Bestrafung	einbinden / fordern			1.531 723 18	convergent questioning divergent questioning punishment
		7,8%	2.272		
global lokal	beobachten			1.882	silence on task
		6,5%	1.882		
	Auf-, Ab-, Umbau			1.478	managment
		5,1%	1.478		
spezifisch unspezifisch	besprechen / diskutieren			598 421	response to question humor
		3,5%	1.019		
	vormachen	0,0%			
	nicht definierbar			291 21	silence off task other
		1,1%	312		
			29.004	29.004	

Erfolgsabhängigkeit von Trainern zum Ausdruck kommt“ (ebd.).

Daraus abgeleitete kommunikative Anforderungen an Trainer:

- „Sicherung“ von Verständigung
- Steuerung des Athletenverhaltens
- Regulierung von Widersprüchen und Konflikten
- Herstellung wechselseitiger Wahrnehmung (Grenzziehung)
- thematische Strukturierung der Kommunikation
- Ermöglichung von Partizipation der Athleten.

Wie aber soll nun Training durch die Beobachtung von Trainingseinheiten bewertet werden? Aus der Unterrichtsforschung sind die Vor- und Nachteile sowie die Korrelationen hoch und niedrig inferenter Verfahren zur Beobachtung und Bewertung (Lotz et al., 2013) von (hier: Unterrichts-)Qualität bekannt. Gerade der Einsatz hoch inferenter Beurteilung bedarf einer guten Abstimmung und eines forcierten Trainings in der Anwendung, um bestimmte Fehler[4] zu minimieren.

Cushion et al. (2012) haben bei der Entwicklung eines niedrig inferenten Instrumentariums, dem CAIS (Coaching Analysis Intervention System), beobachtbare Trainerhandlungen herausgearbeitet. (Tab. 1)

Die Einbindung von Experten in die Entwicklung und die Anwendung der der Trainer-App wird somit unumgänglich.

4 Zu nennen sind: Milde-Strenge-Fehler; Primacy-Effekt; Halo-Effekt.

3.2 Expertenbefragung

Um die Erfahrung aus der Sportpraxis bereits in den Entwicklungsprozess einfließen zu lassen, haben wir mit verschiedenen Trainingsexperten zusammengearbeitet. Eine Umfrage unter Landes- und Bundestrainern, sowie Sportdirektoren der Spitzenverbände zu Begriffen, welche Trainingsqualität ausmachen, ergab folgende Nennungen:

- Methodik
- Bewegungspräzision
- Trainer-Athlet-Kommunikation
- Rahmenbedingungen
- Zielorientierung
- Weltspitzenorientierung
- Individualisierung
- Sinnkongruenz
- Motivation
- Disziplin
- Beharrlichkeit
- Autonomieentwicklung[5].

5 Hierzu Wohlers (2013): Autonomieentwicklung und Emanzipation im Leistungssport.

Auch die Expertenbefragung deutet an, dass nicht-direkt-beobachtbare Aspekte die Qualität von Training bestimmen.

Das pädagogische Geschick des Trainers ist also von zentraler Bedeutung. Dieses lässt sich jedoch nicht direkt beobachten. Die Trainer-APP kann demnach einem erfahrenen Beobachter nur unterstützend bei der Trainingsbeobachtung dienen.

3.3 Evaluation durch Trainingsbesuche

Parallel wurden bei 16 Trainingsbesuchen von Trainerstudenten in verschiedenen Sportarten (Basketball, Bogenschießen, Eispaarlauf, Eisschnelllauf, Golf, Handball, Hockey, Karate, Ringen, Skisprung, Sportschießen, Tischtennis, Turnen, Wasserball) Beobachtungsvideos erstellt. Anhand dieser Videos wurden hoch und niedrig inferente Beobachtungs- und Bewertungskategorien immer wieder auf ihre Anwendbarkeit und Praxistauglichkeit getestet.

4 Umsetzung in Software

Dieser Prozess führte zu einer Trennung in eine „quantitative Erhebungsphase“ und eine „qualitative Rekapitulationsphase“.

Während der „quantitativen Erhebungsphase“ werden vom Beobachter Trainerhandlungen identifiziert und getaggt. Ausgehend vom CAIS (Cushion et al., 2012) wurde eine Vorlage mit

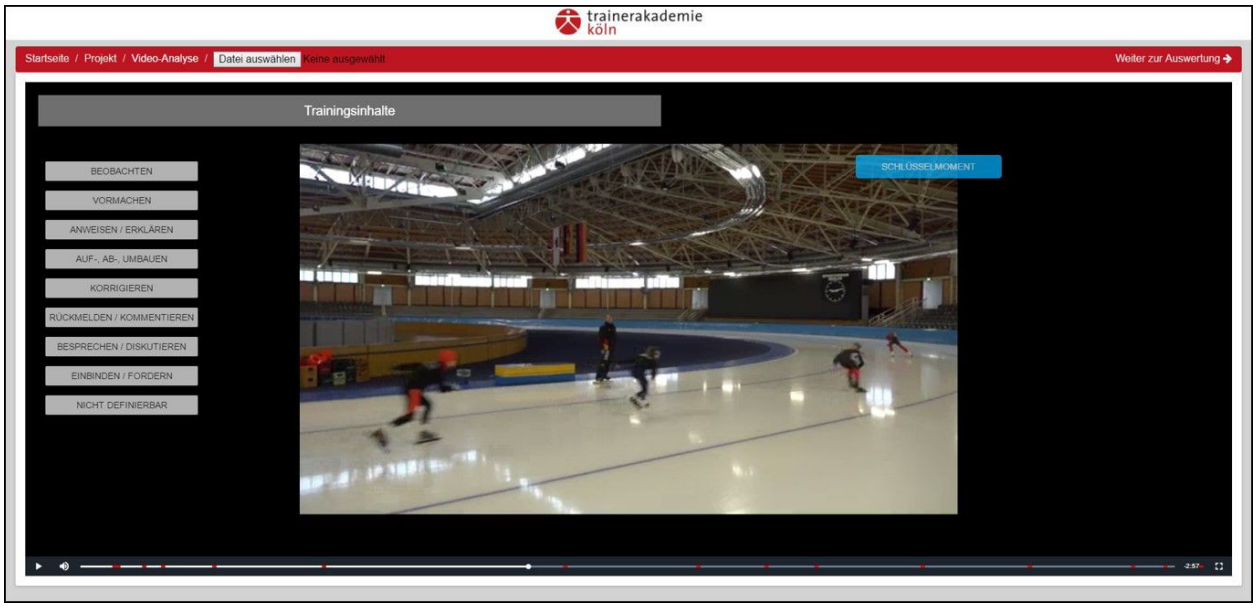


Abb. 3: Screenshot Tagging in der „quantitativen Erhebungsphase“

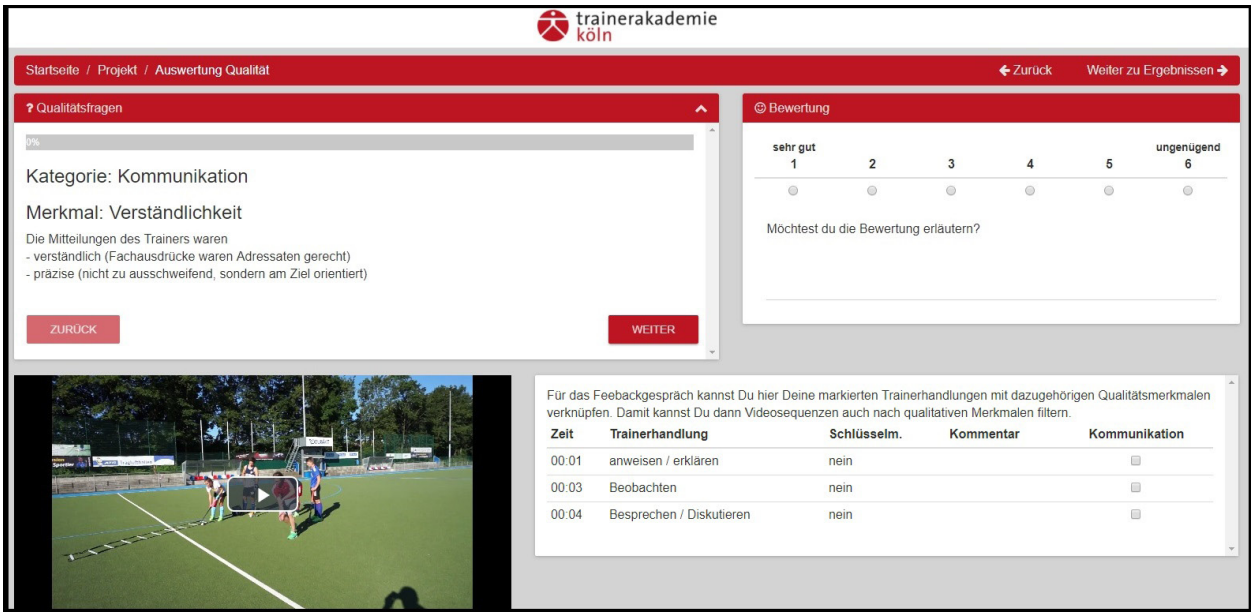


Abb. 4: Screenshot „qualitative Bewertungsphase". Oben links: Fragen zur Bewertung; oben rechts: Bewertungsskala & Kommentarfeld; untenrechts: Möglichkeit zur Verknüpfung von Bewertungskategorie und Schlüsselszenen.

neun Kategorien auf der ersten Taggingebene entwickelt (Tab. 1). Diese Kategorien differenzieren sich z. T. auf einer zweiten Taggingebene aus. Ebenfalls am CAIS angelehnt wird auf einer dritten Taggingebene der Adressat/die Adressatengruppe der jeweiligen Handlung bestimmt. Zusätzlich wurde die Möglichkeit eingeführt, Schlüsselmomente mit einem Direkttag zu markieren (vgl. Abb. 3).

Nach Abschluss der quantitativen Erhebungsphase folgt eine erste statistische Darstellung der erhobenen Daten.

Darauf folgt die „qualitative Rekapitulationsphase". Hier wird der User anhand ausgewählter Fragen durch sechs Qualitätskategorien

- Kommunikation
- Trainingsarbeit
- Methodik
- Organisation
- Trainer-)Habitus
- Trainer-Athlet-Beziehung

geführt.

Zu jeder Frage gehört eine Bewertungsskala und ein Textfeld für Freiantworten. Jeder Frage können ein oder mehrere Schlüsselmomente zugeordnet werden (vgl. Abb. 4).

Nach Beendigung der „qualitative Rekapitulationsphase" folgt die finale Ergebnisdarstellung. Diese bereitet auf das abschließende Feedbackgespräch vor.

Der Feedbackmodus beinhaltet einen Leitfaden für den Feedbackgeber. Ziel ist es hier, einen konstruktiven Feedbackprozess zu initiieren. Dem Trainer soll somit die Möglichkeit eröffnet werden, sich mit seinem Verhalten in der Trainingspraxis „reflektiv" auseinanderzusetzen (Ghaye, 2011). Bei positiver Gestaltung dieses Prozesses ist in Folge eine Verbesserung der Trainingsqualität kurz-, mittel- und langfristig zu erwarten.

5 Literatur

Alfermann, D. & Würth, S. (2002). Sozialkompetenz von Trainerinnen und Trainern im Nachwuchsleistungssport. Einfluss auf Zufriedenheit und Leistungsentwicklung. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch 2002* (S. 209-213). Köln: Sport & Buch Strauß.

Bette, K.-H. & Schimank, U. (2006 [1995]). *Doping im Hochleistungssport*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.

Borggrefe, C. & Cachay, K. (2015). *Kommunikation als Herausforderung. Eine theoretisch-empirische Studie zur Trainer-Athlet-Kommunikation im Spitzensport*. Schorndorf: Hofmann.

Cushion, Ch., Harvey, St. Muir, B. & Nelson, L. (2012). Developing the Coach Analysis and Intervention System (CAIS): Establishing validity and reliability of a computerised systematic observation instrument. *Journal of sport sciences, 30* (2), 201-216.

de Bosscher, V., Bingham, J., Shibili, S., van Bottenburg, M. & de Knop, P. (2007). *The global sporting arms race: An international comparative study on sports policy factors leading to international sporting success.* Aachen: Meyer & Meyer.

Brand, S. (2006). *Zur Rolle der subjektiven Trainingsqualität im Leistungssport – eine mehrdimensionale Untersuchung am Beispiel von Ausdauersportarten*. Diss. JWG-Universität Frankfurt a. M.

Digel, H., Thiel, A., Schreiner, R. & Waigel, S. (2010). *Berufsfeld Trainer*. Schorndorf: Hofmann.

Ghaye, T. (2011). *Teaching and learning through reflective practice*, 2nd Ed.. New York: Routledge.

Hänsel, F., Werkmann, S., Schulz, Ch. & Kappes, E. (2013a). Trainings- und Wettkampfqualität aus Athleten- und Trainersicht. *Leistungssport*, (2), 4-10.

Hänsel, F., Werkmann, S., Schulz, Ch. & Kappes, E. (2013b). Trainings- und Wettkampfqualität aus Athleten- und Trainersicht. *Leistungssport*, (6), 16-22.

Lange, H. (2006): Trainingspädagogik: Das Trainieren zu seinem eigenen Thema machen. In: Krüger, A. (Hrsg.). *Zur Neubegründung der olympischen Idee*. (S. 140 – 166) Berlin.

Lotz, M., Gabriel, K. & Lipowsky, F. (2013). Niedrig und hoch inferente Verfahren der Unterrichtsbeobachtung. Analysen zu deren gegenseitiger Validierung. *Zeitschrift für Pädagogik, 59* (3), 357-380.

Nordmann, L. (2006). Bildung im Sport - Bildung für Sport - Bildung durch Sport: Neue Wege einer modernen Traineraus-bildung. *Leistungssport*, (5), 19-14.

Partington, M. & Cushion, C. (2014). An investigation oft he practice activities and coaching behaviors of professional top-level youth soccer coaches. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* (23), 374-382.

Prohl, R. & Lange, H. [Hrsg.] (2004). *Pädagogik des Leistungssports. Grundlagen und Facetten*. Schorndorf: Hofmann.

Schnabel, G., Harre, H.-D. & Krug, J. (2014). *Trainingslehre, Trainingswissenschaft: Leistung – Training – Wettkampf*. Aachen: Meyer & Meyer.

Schwartz, H. (2014). *Trainingsqualität – Verwendung und Funktionalität des Qualitätsbegriffs im leistungssportlichen Training*. MA DSHS Köln.

Wohlers, J. (2013). *Autonomieentwicklung und Emanzipation im Leistungssport*. Cuvillier: Göttingen.

Evaluierung von Talenterfassungs- und Förderungsmaßnahmen des Deutschen Volleyball-Verbandes (DVV)

(AZ 072052/16-17)

Holger Preuß (Projektleitung), Mathias Schubert, Helmut Scholl, Gerald Fritz & Marcel Diekmann
Universität Mainz, Fachbereich 02 Sozialwissenschaften, Medien und Sport,Institut für Sportwissenschaft

1 Problem

Im Rahmen des vorliegenden Service-Forschungsprojekts wurden Talenterfassungs- und Förderungsmaßnahmen in der Sportart Volleyball in Kooperation mit dem Deutschen Volleyball Verband (DVV) evaluiert. Die einzelnen Projektziele sowie das Projektdesign wurden in enger Zusammenarbeit mit dem damaligen Sportdirektor des DVV erarbeitet. Als übergeordnetes und handlungsleitendes Forschungsziel sollten neue Erkenntnisse in Bezug auf die Maßnahmen im Bereich Talentidentifikation, -förderung und -betreuung erlangt werden. Diese Einsichten stellten die Grundlage dar für die Generierung von Handlungsempfehlungen und Perspektiven für eine Qualitätsverbesserung der Maßnahmen des Verbandes.

Das Projekt unterteilte sich dabei in zwei voneinander unabhängige Teilprojekte:

- **Teilprojekt A: Evaluierung von zentralen Sichtungsmaßnahmen des Verbandes**

  In Bezug auf aktuelle Talentsichtungsmaßnahmen des DVV liegt keine aktuelle, praxiswirksame und strukturierte wissenschaftliche Untersuchung vor, die sich konkret mit den derzeitigen Maßnahmen der Talentsuche und -identifikation beschäftigt. Die systematische Bestandsaufnahme und Evaluierung gegenwärtiger Sichtungsinhalte sowie deren Durchführung und Dokumentation sollen zu einer evidenzbasierten und zielführenden Reformierung des Systems beitragen. Auf Basis der Untersuchung und Auswertung des bisherigen Sichtungssystems im Bundesleistungszentrum Kienbaum wurden Handlungsempfehlungen für eine weitere Optimierung zukünftiger Talentsichtungsveranstaltungen formuliert.

- **Teilprojekt B: Online-Befragung von aktuellen und ehemaligen Teilnehmenden an den Bundesstützpunkten Nachwuchs (BSP-N) des Verbandes**

  In Bezug auf die aktuellen Betreuungsmaßnahmen an den BSP-N des DVV liegt keine aktuelle, praxiswirksame und strukturierte wissenschaftliche Untersuchung vor, die sich mit den Strukturen und Prozessen sowie dem Betreuungsverhältnis innerhalb dieses Systems auseinandersetzt. Mithilfe einer Online-Befragung von Teilnehmerinnen und Teilnehmernan den BSP-N wurde eine „Innenperspektive“ ermöglicht, die dazu beitragen soll, Verbesserungspotenziale zu identifizieren. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse wurden Handlungsempfehlungen formuliert, wie die Strukturen und Prozesse innerhalb des Systems BSP-N zielgerichtet angepasst werden können.

2 Teilprojekt A: Evaluierung von zentralen Sichtungsmaßnahmen des Verbandes

2.1 Methode

Im Rahmen der Datenerhebung wurde zunächst der IST-Zustand erfasst: In einem ersten Schritt wurde anhand der Sichtungen am Bundesleistungszentrum Kienbaum eine Leistungsübersicht der vergangenen Sichtungsjahrgänge erstellt. Die tatsächliche Personenstichprobe beinhaltete die Daten von 510 männlichen und 430 weiblichen Teilnehmern bzw. Teilnehmerinnen der zentralen Sichtungsmaßnahmen. Die Daten der männlichen Teilnehmer stammten aus den Sichtungen der Jahre 2000 bis 2016 mit durchschnittlich 57 Teilnehmern pro Sichtungsveranstaltung. Bei den Frauen konnten die Daten aus den Jahren 2002 bis 2016 verwendet werden, in denen durchschnittlich jeweils 54 Athletinnen an den Sichtungsmaßnahmen teilnahmen.

Anschließend erfolgte durch statistische Verfahren (u. a. Faktoren-, Korrelations-, Varianz-, Regressionsanalysen) eine Evaluation der durchgeführten Tests in Bezug auf deren Sinnhaftigkeit und Aussagekraft hinsichtlich des Erreichens eines hohen Leistungsniveaus (1. Bundesliga; 2. Bundesliga) im Erwachsenenalter.

2.2 Ergebnisse

Ein Großteil der im Rahmen der Sichtungsmaßnahmen durchgeführten Untersuchungen lässt sich durch theoretische Überlegungen als sinnvoll bezeichnen. So spielen sowohl die erhobenen Körperbaumerkmale (hier insbesondere die Längenmaße) als auch die motorischen Fähigkeiten im Bereich der Schnelligkeit und der Sprungkraft eine wichtige Rolle für die Volleyballleistung. Einigen Tests hingegen kann auch aufgrund theoretischer Überlegungen keine oder nur geringe Bedeutung für die Talentidentifikation zugeschrieben werden. Dazu gehören vor allem sog. Athletik-Tests, die verschiedene Kraftfähigkeiten überprüfen sollen. Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Gruppe der Sichtungsteilnehmer bzw. -teilnehmerinnen in beiden Geschlechtern eine Heterogenität in der Ausprägung der Körperbaumerkmale aufweist, mit ihren Werten jedoch grundsätzlich über dem Durchschnitt der gleichaltrigen Jugendlichen liegt. Auch in den motorischen Leistungstests zeigt sich eine klare Heterogenität in den Gruppen. Diese Heterogenität spiegelt sich wider in der Nominierung der Athleten und Athletinnen, wobei die Gruppe der Nominierten in vielen Untersuchungswerten bessere Werte vorweisen kann als die Gruppe der nicht Nominierten und der Perspektivkader. Zudem ist davon auszugehen, dass vom Körpertyp her eher große und dünne Athleten bzw. Athletinnen ausgewählt werden.

Auf Grundlage der Lizenzlisten der Volleyball Bundesliga wurden die Spielerinnen und Spieler in drei Leistungsgruppen unterteilt („1. Bundesliga“, „2. Bundesliga“ und „sämtliche Ligen darunter“). Im Hinblick auf ihre spätere Leistungsentwicklung lassen sich zwischen den verschiedenen Leistungsgruppen retrospektiv nur wenige signifikante Unterschiede erkennen. Deutlich ist, dass diejenigen, die bereits im Rahmen der Sichtung hohe Werte im Bereich der Körperlängenmaße, insbesondere der einhändigen *Reichhöhe*, aufwiesen, später eher auf einem hohen Leistungsniveau (1. Bundesliga; 2. Bundesliga) zu finden sind. So sind auch hohe Ausprägungen der *Sprungreichhöhe im JaR-Test* zu beobachten, während Unterschiede in der *Sprunghöhe* nur selten als auffällig bezeichnet werden können. Gute Sprungwerte scheinen im Jugendalter lediglich bei den Frauen einen Hinweis auf ein zu erreichendes hohes Leistungsniveau geben zu können; bei den Männern konnte ihnen keine Bedeutung nachgewiesen werden. Vereinzelt zeigen sich bereits zum Sichtungszeitpunkt außerdem Unterschiede in der *Schnelligkeit*. Auch hier scheinen bessere Ausprägungen in gewissem Umfang einen Hinweis auf späteres Leistungspotential geben zu können.

Die statistischen Analysen zeigen, dass sich die Gruppen der Nominierten und nicht Nominierten bei beiden Geschlechtern in den meisten betrachteten Untersuchungswerten signifikant voneinander unterscheiden. Die Ergebnisse legen den Schluss nahe, dass im Rahmen der Sichtungsmaßnahmen in der Regel diejenigen als Talente identifiziert werden, die zum

Untersuchungszeitpunkt sowohl die besseren anthropometrischen als auch motorischen Voraussetzungen aufweisen. Dabei ist den Körperbaumerkmalen eine höhere Bedeutung zuzuschreiben, da sich die beiden genannten Gruppen hier bei beiden Geschlechtern am deutlichsten unterscheiden. Die in Volleyballkreisen häufig getätigte Aussage, im Rahmen der zentralen Sichtungsmaßnahmen würden letztlich nur die größten Athletinnen bzw. Athleten ausgewählt, scheint damit eine gewisse Bestätigung zu finden.

In Tab. 1 und Tab. 2 sind die Sichtungsergebnisse männlich bzw. weiblich in Bezug auf die spätere Ligazugehörigkeit dargestellt. Nachfolgend werden zunächst die Ergebnisse für die Männer knapp zusammengefasst. Um möglichst viele Spieler in die Untersuchung miteinzuschließen, die bereits im Ligabetrieb spielen, wurden für die folgende Analyse nur Spieler der Sichtungsjahre 2000 bis 2010 einbezogen. In diesem Zeitraum wurden insgesamt 354 Spieler gesichtet. Von diesen Spielern hatten 107 (30 %) Spieler später eine Spielberechtigung für die 1. Bundesliga, weitere 107 (30 %) für die 2. Bundesliga. Die restlichen 140 (40 %) Spieler tauchen in den Lizenzlisten der Volleyball Bundesliga nicht auf, haben also entweder höchstens in der Dritten Liga oder ausschließlich in ausländischen Ligen[1] gespielt oder wiederum ihre Karriere vorzeitig beendet.

Betrachtet man die einzelnen Gruppen der Hauptkader, Perspektivkader und nicht Nominierten, lässt sich erkennen, wie erfolgreich im Rahmen der zentralen Sichtungsmaßnahmen spätere Leistungsvolleyballer erkannt werden. Von den nominierten Spielern im Hauptkader kommt mit 58 etwa die Hälfte (53,21 %) in der höchsten deutschen Spielklasse (1. Bundesliga) an. Etwa ein Drittel (37; 33,94 %) spielte zumindest einmal in der 2. Bundesliga, die restlichen 14 (12,84 %) blieben darunter. Von den Spielern der Perspektivkader schaffte ebenfalls beinahe die Hälfte (10; 47,62 %) den Sprung in die 1. Bundesliga. Jeweils etwa ein Viertel der Spieler kommt in die 2. Bundesliga (6; 28,57 %) oder bleibt unter dem Radar der Volleyball Bundesliga (5; 23,81 %).

Tab. 1: Darstellung der Sichtungsergebnisse männlich in Bezug auf die spätere Ligazugehörigkeit

Leistungsniveau	Hauptkader		Perspektivkader		Nicht Nominierte		Summen
1. Bundesliga	58	53,21 %	10	47,62 %	39	17,41 %	107
Anteil an Erstligaspielern	54,21 %		9,35 %		36,45 %		100 %
2. Bundesliga	37	33,94 %	6	28,57 %	64	28,57 %	107
Anteil an Zweitligaspielern	34,58 %		5,61 %		59,81 %		100 %
unter 2. Bundesliga	14	12,84 %	5	23,81 %	121	54,02 %	140
Anteil unter 2. Bundesliga	10,00 %		3,57 %		86,43 %		100 %
Summen	109	100 %	21	100 %	224	100 %	354

Tab. 2: Darstellung der Sichtungsergebnisse weiblich in Bezug auf die spätere Ligazugehörigkeit

Leistungsniveau	Hauptkader		Perspektivkader		Nicht Nominierte		Summen
1. Bundesliga	62	55,36 %	5	23,81 %	49	26,63 %	116
Anteil an Erstligaspielerinnen	53,45 %		4,31 %		42,24 %		100 %
2. Bundesliga	36	32,14 %	12	57,14 %	52	28,26 %	100
Anteil an Zweitligaspielerinnen	36,00 %		12,00 %		52,00 %		100 %
unter 2. Bundesliga	14	12,50 %	4	19,05 %	83	45,11 %	101
Anteil unter 2. Bundesliga	13,86 %		3,96 %		82,18 %		100 %
Summen	112	100 %	21	100 %	184	100 %	317

1 Aus forschungsökonomischen Gründen konnte dieser Aspekt im vorliegenden Projekt nicht berücksichtigt werden.

Von den nicht nominierten Spielern weisen 39 (17,41 %) mindestens eine Saison in der 1. Bundesliga auf. 64 (28,57 %) Spieler spielten mindestens eine Spielzeit in der 2. Bundesliga, während die restlichen 121 (54,02 %) nicht in den Lizenzlisten der Volleyball Bundesliga auftauchen.

Bei den Frauen wurden in die Analyse alle Spielerinnen der Sichtungsjahrgänge 2002 bis 2012 einbezogen. In diesem Zeitraum wurden insgesamt 317 Spielerinnen zu den zentralen Sichtungsmaßnahmen eingeladen. Davon spielten 116 (36,59 %) später mindestens eine Saison in der 1. Bundesliga und 100 (31,55 %) in der 2. Bundesliga. 101 (31,86 %) Spielerinnen blieben in den Ligen unterhalb der 2. Bundesliga beziehungsweise in ausländischen Ligen oder beendeten ihre Volleyballaktivitäten vorzeitig.

Bei der Betrachtung der einzelnen Gruppen zeigt sich, dass mehr als die Hälfte (62; 55,36 %) aller für den Hauptkader nominierten Spielerinnen auch mindestens eine Spielzeit in der 1. Bundesliga absolviert hat. Etwa ein Drittel (36; 32,14 %) dieser Spielerinnen tauchte im Verlauf ihrer Karriere in der 2. Bundesliga auf. Von den 21 Perspektivkaderspielerinnen spielten die meisten in der 2. Bundesliga (12; 57,14 %). In die 1. Bundesliga schafften es nur fünf von ihnen (23,81 %), während beinahe die gleiche Anzahl (4; 19,05 %) nicht in den Lizenzlisten der Volleyball Bundesliga auftauchte. Von den Spielerinnen, die im Rahmen der zentralen Sichtungsmaßnahmen nicht nominiert wurden, spielten 49 (26,63 %) im Verlaufe ihrer Karriere in der 1. Bundesliga. Fast die Hälfte (83; 45,11 %) tauchte hingegen auch in der 2. Bundesliga nicht mehr auf, während etwa ein Drittel der Spielerinnen (52; 28,26 %) dort mindestens eine Saison antrat.

Zusammenfassend lässt sich auf Grundlage der Betrachtungen der Sichtungsergebnisse in Bezug auf die spätere Ligazugehörigkeit festhalten, dass bei den Männern 68 (63,54 %) von 107 und bei den Frauen 67 (57,76 %) von 116 ErstligaspielerInnen bereits im Jugendalter als sportliche Talente identifiziert und in den Haupt- bzw. Perspektivkader berufen wurden. Es zeigt sich, dass das angewendete System der zentralen Sichtungsmaßnahmen relativ gut spätere LeistungssportlerInnen auswählt. Von allen Gesichteten finden jedoch immerhin bei den Männern 11,01 % (39 von 354) und bei den Frauen 15,45 % (49 von 317) den Weg in die 1. Bundesliga, obwohl sie ursprünglich nicht in das Fördersystem integriert wurden. Aus der Gruppe der nicht nominierten SpielerInnen kommen also bei den Männern dennoch immerhin 17,41 % (39 von 224) und bei den Frauen 26,63 % (49 von 184) in der höchsten deutschen Spielklasse an. Die Daten belegen also, dass die Entscheidungen gegen einzelne AthletInnen im Rahmen der zentralen Sichtungsmaßnahmen keinesfalls endgültig sein dürfen (siehe Handlungsempfehlungen).

Selbstverständlich müssen verschiedene Faktoren beachtet werden, die die Entwicklung des Karriereverlaufs der AthletInnen zusätzlich beeinflussen können. Darunter fällt das Ausscheiden aus dem Leistungssport aufgrund physischer, psychischer oder sozialer Probleme, aber auch der mögliche negative motivationale Einfluss einer Nichtaufnahme in das Fördersystem, der dazu führen kann, dass eine leistungssportliche Karriere nicht weiterverfolgt wird.

2.3 Diskussion und Handlungsempfehlungen für die Praxis

Aus sportwissenschaftlicher Sicht sind vier wichtige Empfehlungen bezüglich der Untersuchungen zur Talentidentifikation im deutschen Nachwuchsvolleyball zu formulieren:

- **Standardisierung der Untersuchungsdurchführungen**

  Die Art und Weise der Durchführung der Untersuchungen im Rahmen der Sichtungsmaßnahmen stellen das größte Verbesserungspotential der zentralen Sichtungen dar. Zur Optimierung der Sichtungsmaßnahmen ist eine Standardisierung der durchzuführenden Untersuchungen unabdingbar. Zudem ist wichtig, dass ein Kern an Untersuchungen über mehrere Jahre Bestand hat. Nur so können langfristig ausreichend vergleichbare Daten gesammelt werden. Im Sinne der Standardisierung sollte eine Unabhängigkeit der Untersuchungsdurchführung vom jeweiligen

Testleiter gewährleistet werden. Die effektivste Möglichkeit hierfür bietet ein Testmanual, das die Durchführungsbestimmungen der einzelnen Tests klar vorgibt. Im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurde ein erstes Testmanual einer anthropometrischen und motorischen Testbatterie für die zentralen Sichtungsmaßnahmen des DVV entworfen.

- **Re-Tests über längeren Zeitraum**

  Im Rahmen der Sichtungsveranstaltung im Jahr 2016 betonten einige der anwesenden Trainer die Notwendigkeit einer wiederholten Testung der Athletinnen bzw. Athleten (u. a. Silke Lüdike, damalige Nachwuchsbundestrainerin Beach). Wiederholte Testungen geben Aufschluss über die Entwicklung der Sportlerinnen bzw. Sportler und den Entwicklungsverlauf der einzelnen erhobenen Merkmale.

- **Kontinuierliches Monitoring der Leistungen zunächst nicht nominierter SpielerInnen**

  Auch Athletinnen bzw. Athleten, die im Rahmen der Sichtungsmaßnahmen nicht als Talente identifiziert wurden, sollten in der Nähe des Fördersystems gehalten und deren weitere Entwicklung überwacht werden. Als effektives Instrument im Rahmen der zentralen Sichtungsmaßnahmen lässt sich auch die Aufnahme von Athletinnen bzw. Athleten in den sogenannten Perspektiv- oder Anschlusskader bezeichnen. In diesen Kader werden diejenigen aufgenommen, die im Rahmen der Sichtungsmaßnahmen üblicherweise durch das Raster gefallen wären. Die Berufung in den Perspektivkader stärkt einerseits die Motivation der jungen Sportlerinnen und Sportler und ermöglicht andererseits eine weitere Beobachtung und Begleitung ihrer sportlichen Entwicklung im Hinblick auf eine langfristige Leistungsfähigkeit.

- **Standardisierung und Zentralisierung der Ergebnisdokumentation**

  Zwecks Vereinfachung der Wiederverwertbarkeit empfiehlt sich eine zentrale Dokumentation aller erhobenen Daten. Die Schaffung einer hauptamtlichen Stelle für den Bereich Wissenschaftskoordination wird vom Verband angestrebt. Zudem könnte die Koordination dieser Aufgaben bspw. in der Verantwortung eines zukünftigen „Bundestrainers Wissenschaft“ liegen, dessen Einrichtung im aktuellen Strukturplan des DVV in Erwägung gezogen wird (DVV, 2016).

3 Teilprojekt B: Online-Befragung von aktuellen und ehemaligen Teilnehmenden an den Bundesstützpunkten Nachwuchs (BSP-N) des Verbandes

3.1 Methode

Gemeinsam mit dem damaligen DVV-Sportdirektor wurde ein Fragebogen konzipiert, der aus Sicht des Verbandes wichtige Fragestellungen hinsichtlich einer (rückblickenden) Beurteilung in Bezug auf wahrgenommene Strukturen und Prozesse sowie das Betreuungsverhältnis innerhalb des Systems BSP-N überprüfen sollte. Einen Schwerpunkt in der Befragung stellte dabei der Bereich „Dropout“ dar.

Die Umfrage wurde mithilfe eines elektronischen Online-Fragebogens durchgeführt. Die Erstellung des Fragebogens basierte auf formulierten Hypothesen in Absprache mit dem DVV. Im Rahmen von exemplarischen Einzel-

gesprächen und Pretests mit aktuellen und ehemaligen Bundesstützpunkt-Spielerinnen bzw. -spielern wurde der Fragebogen verfeinert und angepasst. 618 Kontakte mit E-Mailadresse wurden von der Praxisseite bereitgestellt (351 weiblich; 267 männlich). Die Kontakte wurden so zusammengestellt, dass alle Spielerinnen bzw. Spieler aufgeführt wurden, für die ein BSP-N irgendwann eine Spiellizenz beantragt hatte. Die Kontakte stammen zum Großteil von den aktuellen BSP-N, zusätzlich wurden ehemalige Spielerinnen aus Rhein-Neckar (Sinsheim) und Parchim angeschrieben. Der Link zur Befragung wurde in drei Wellen im Zeitraum vom 08.08. bis zum 29.08.2016 versandt. 60 E-Mails konnten nicht erfolgreich zugestellt werden. Von den verbliebenen 558 gültigen Kontakten lagen nach Datenbereinigung insgesamt 237 vollständig ausgefüllte Fragebögen zur Auswertung vor, was einer sehr zufriedenstellenden Rücklaufquote von 42 % entspricht.

Die Daten wurden mit gängigen Verfahren deskriptiv und inferenzstatistisch ausgewertet. Je nach Skalierung wurde der Chi²-Test nach Pearson, der Kruskal-Wallis-Test und der Mann-Whitney-U-Test genutzt.

3.2 Ergebnisse

Der spezielle Fokus der Untersuchung lag auf dem Thema Dropout. Es handelt sich dabei um eine der wenigen wissenschaftlichen Studien, die sich explizit mit diesem Aspekt im Zusammenhang mit der Sportart Volleyball auseinandersetzt. Basierend auf den aggregierten Ergebnissen wird die Gruppe der Dropouts in der vorliegenden Studie durch folgende Merkmale charakterisiert:

Dropouts...

- haben mehr Probleme in der Schule
- haben geringere Bildungsabschlüsse
- nutzen weniger das Beratungsangebot der „Dualen Karriere“
- bewerten die zeitliche Belastung des Trainings größer
- haben ein schlechteres Verhältnis zu ihren Mitspielern
- haben ein schlechteres Verhältnis zu ihren Trainern
- sehen das Training eher als Pflicht
- bewerten den durch die Erwartungshaltung der BSP-N auf sie ausgeübten Druck höher
- bewerten die zur Verfügung stehende Freizeit als weniger angemessen

im Vergleich zu ehemaligen Mitspielern.

Diese Ergebnisse decken sich im Wesentlichen mit den Erkenntnissen aus vorherigen Studien in Bezug auf andere Sportarten. Die Identifizierung solcher Faktoren, die sich zuträglich auf die (multikausale) Entscheidung für einen Dropout auswirken können, stellt somit eine wichtige Handlungsgrundlage für die Praxis dar, um entsprechende Maßnahmen bedarfsgerecht und zielgerichtet steuern zu können.

3.3 Diskussion und Handlungsempfehlungen für die Praxis

Die nachfolgend formulierten Handlungsempfehlungen resultieren aus den aggregierten Ergebnissen hinsichtlich der Unterschiede zwischen Dropouts und Ehemaligen, zwischen den einzelnen BSP-N sowie allgemeiner, durch die Befragten formulierten Verbesserungsvorschläge. Es wurde dabei auf Maßnahmen mit einer geringen Kostenintensität abgestellt.

- **Mehr Unterstützung beim Übergang vom Status Kader- zu Bundesliga-Spieler bzw. Spielerin**

  Der Transfer vom BSP-N-Kader in die Bundesliga wird von vielen Befragten als erschwert empfunden. Teils bezieht sich dies sogar auf vereinsinterne Übergänge. Die mangelnde Spielpraxis deutscher Junioren-Nationalspieler im Anschlussbereich in Bundesligavereinen wurde auch vom DVV in seinem aktuellen Strukturplan bereits benannt (DVV, 2016). Es ist zu ergründen, wie von Verbandsseite aus im Zusammen-

spiel mit den anderen Akteuren hier ein reibungsloserer Transfer gewährleistet werden kann, damit der Weg qualifizierter deutscher NachwuchsathletInnen in den Profibereich erfolgsversprechender (wahrgenommen) wird.

› **Besserer Erfahrungsaustausch mit Ehemaligen**

Viele aktuelle deutsche Bundesliga-Spieler bzw. Spielerinnen haben selbst das System BSP-N durchlaufen und sind somit sensibilisiert für die Situation im Nachwuchsbereich. Durch einen regelmäßigen und organsierten Austausch mit erfahrenen Spielerinnen bzw. Spielern, bspw. in Form von Einzel- oder Gruppengesprächen, könnten aktuelle Teilnehmerinnen und Teilnehmer der BSP-N von deren Erfahrung profitieren.

› **Engere Kooperation zwischen BSP-N und Schulen**

Dropouts geben signifikant mehr Verschlechterungen in der Schule an als Ehemalige. Ein Lösungsweg, der an einigen BSP-N bereits etabliert wurde, ist die Schulzeitstreckung. Das Angebot der Schulzeitstreckung sollte begleitet werden von einer engeren Kooperation zwischen BSP-N und Schule.

› **Zielgerichtete Fort- und Weiterbildung der Trainerinnen und Trainer in Bezug auf ausgewählte Aspekte**

Spezialisten im Bereich Athletik und Psychologie werden bei führenden Nationen im Nachwuchsbereich deutlich stärker eingesetzt als in Deutschland. Vermehrt ist bei den Befragten das Bedürfnis nach zusätzlichem spezialisierten Kraft- und Athletiktraining zu vernehmen. Auch der Wunsch nach mehr pädagogischem Fingerspitzengefühl seitens einiger Trainer/Trainerinnen bzw. Betreuer/Betreuerinnen ist zu vernehmen. Neben der reinen Schulung der BSP-N-Trainer/Trainerinnen in diesen Bereichen wäre zudem zu überlegen, inwiefern ein solches Angebot stützpunktübergreifend, bspw. durch mehrtägige Aufenthalte von Experten an den jeweiligen BSP-N, realisierbar ist. Die Bestrebungen des DVV, hierfür einen „leitenden Olympiastützpunkt" einzurichten (vgl. DVV, 2016), werden demnach ebenfalls als zielführend erachtet.

› **Kontinuierliche Evaluation der BSP-N durch die TeilnehmerInnen**

Den Athletinnen bzw. Athleten sollte in regelmäßigen Abständen die Möglichkeit gegeben werden, die Struktur sowie die Arbeit der Verantwortlichen an den BSP-N in anonymisierter Form zu beurteilen. Dies sollte zentral durch den Verband koordiniert werden, bspw. durch das regelmäßige Versenden standardisierter Online-Fragebögen. Eine solche Aufgabe könnte im Aufgabenbereich eines zukünftigen „Team-Managers" liegen (vgl. DVV, 2016).

› **Einzelgespräche mit ausgewählten Athletinnen und Athleten aller BSP-N durch unabhängige Instanz**

Die regen und teils sehr extensiven Rückmeldungen der Befragten bei den offenen Fragen hinsichtlich Verbesserungspotentialen an den BSP-N können als Indiz dafür gesehen werden, dass bei Spielerinnen und Spielern das Bedürfnis besteht, sich über die Strukturen und Prozesse an ihren BSP-N auszutauschen. Im Rah-

men von angeleiteten qualitativen Einzel- oder Gruppeninterviews mit ausgewählten aktuellen und ehemaligen Athletinnen und Athleten (inkl. Dropouts) könnte spezifischer auf relevante Aspekte eingegangen werden, die im Fragebogen nicht explizit oder nur am Rande thematisiert wurden.

4 Literatur

DVV. (2016). *Strukturplan 2017-2020 zur Leistungssportförderung* (Stand Juni 2016).

OptiKnie – Optimierung der Gelenke von Knieorthesen für den alpinen Rennsport auf Basis der Analyse der wahren Kniegelenkskinematik zur Steigerung der Akzeptanz bei den Athletinnen und Athleten

(AZ 072054/16-17

Ingo P. Valtingoier & Hannes Lechner (Projektleitung)
Innovationsmanufaktur GmbH

1 Zusammenfassung

Im Rahmen des hier beschriebenen Serviceprojekts wurden die vorhandenen Erkenntnisse aus der Entwicklung und Einführung eines Knieprotektors für den alpinen Skirennlauf, der PrävenThese, zur Optimierung des Orthesengelenks mit dem Ziel der Verbesserung der Akzeptanz bei den Athletinnen und Athleten genutzt. Das herkömmliche, polyzentrische Gelenk wurde durch einen innovativen, kompakten Ansatz ersetzt, der die natürliche Kniebewegung (Rollen/Gleiten) sehr viel besser nachbildet und perspektivisch die Möglichkeit einer gedämpften Begrenzung sowohl in der Flexion als auch in der Extension des Kniegelenks bietet.

2 Hintergrund und Zielsetzung

Kreuzbandverletzungen sind nach wie vor Verletzungsschwerpunkt Nummer 1 im alpinen Skisport, wenn man die Faktoren Häufigkeit und verletzungsbedingte Ausfallzeit als wichtigstes Bewertungskriterium heranzieht (Spitzenpfeil et al., 2006). In den letzten beiden Saisonen waren zahlreiche professionelle Rennläufer und Rennläuferinnen des DSV und anderer Nationen betroffen, darunter Veronique Hronek, Josef Ferstl, Anna Veith, Lara Gut, Ted Ligety oder Aksel Lund Svindal.

Um diesem Problem entgegen zu wirken, wurde in dem Projekt „ENTWICKLUNG EINES KNIEPROTEKTORS FÜR DEN ALPINEN SKIRENNLAUF“, gefördert vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp-Forschungsprojekt IIA-081501/11-13), die „PrävenThese“ entwickelt, eine auch präventiv zu tragende Knieorthese, die das Risiko von Kreuzbandverletzungen senken kann, insbesondere bei den beiden am häufigsten auftretenden Verletzungsmechanismen „Slip Catch“ und „Dynamik Snowplow“ (Bere et. al., 2011). Nach mehr als zwei Jahren Forschungs- und Entwicklungstätigkeit ist so eine Orthese entstanden, die mit einer (r)evolutionär neuen Technik jeder Athletin und jedem Athleten individuell mittels 3D-Scans angepasst wird.

Abb. 1: (links) Die PrävenThese vereint Passform, Stabilisierung und Bewegungsfreiheit (rechts) Stefan Luitz (DSV) mit PrävenThese

Das neue Konzept wurde zur Ski-WM 2013 erstmalig vorgestellt und in der Folge erfolgreich im alpinen Rennlauf eingeführt. Vor allem der schnelle Wiedereinstieg von Stefan Luitz nach einer Kreuzbandverletzung in den alpinen Rennsport in der Saison 2013/14 wurde durch die PrävenThese wesentlich unterstützt. Bei seinem ersten Podestplatz nach der Verletzung beim Riesenslalomweltcuprennen in Val d'Isère im Dezember 2013 erhielt die PrävenThese entsprechende Aufmerksamkeit in der Presse. In der Zwischenzeit wurden zahlreiche Athleten, zumeist Nachwuchsfahrer, nach Kreuzbandverletzungen ausgerüstet.

Trotz dieser Erfolge ist die Akzeptanz für den präventiven Einsatz bei den Athletinnen und Athleten gering. Zwar wird die Unterstützung zum schnellen Wiedereinstieg nach einer Verletzung gerne angenommen, als dauerhafte, präventive Schutzeinrichtung ist sie bisher jedoch kaum akzeptiert; in dem Moment, in dem der Athlet das Gefühl hat, seine volle Leistungsfähigkeit wiedererlangt zu haben, wird die PrävenThese nicht mehr getragen. Dafür werden zwei wesentliche Gründe genannt:

- Zum einen können nicht alle skispezifischen Kniewinkelstellungen optimal eingenommen werden. Das betrifft insbesondere die Positionen, die für die Gleitpassagen relevant sind.
- Zum anderen besteht Optimierungsbedarf zur weiteren Verschlankung der PrävenThese im Bereich zwischen den Knien.

Zusätzlich ist festzuhalten, dass dem dritten wesentlichen Verletzungsmechanismus „Landing Back Weighted" mit der bestehenden Lösung nicht wirksam entgegengewirkt werden kann.

Besonders das Gefühl der Bewegungseinschränkung beim Gleiten ist auch aus theoretischer Sicht nachvollziehbar und plausibel, aufgrund zweier Aspekte: Erstens rückt im Vergleich zu anderen Knieorthesen die Anbindung (der ANOVOC Rahmen) sehr nah an das Bein heran, das heißt, die PrävenThese sitzt fester am Bein als klassische Knieorthesen und eliminiert so eventuelle Verschiebungen. Zweitens wird die Kniegelenksbe-

wegung in herkömmlichen Orthesen, aber auch in der aktuellen PrävenThese angenähert durch ein Zahnsegmentschienengelenk mit zwei Achsen, also einer Gelenksbewegung, die über den gesamten Kniewinkel eine konstante Drehänderung aufweist. Zur Positionierung der Durchschnittsachse der Zahnsegmentschiene wird am Athleten auf Basis anatomischer Orientierungspunkte (Kniegelenksspalt u. a.) erfahrungsbasiert eine anatomische Kompromissdrehachse ermittelt. In der Fertigung der PrävenThese wird die Zahnsegmentschiene dort entsprechend fixiert. Es ergeben sich aber bauartbedingt Abweichungen zwischen der wahren Kniebewegung (Roll-Gleitbewegung) und der Vorgabe des Zahnsegmentschienengelenkes. Diese Unterschiede sind in herkömmlichen Orthesen nicht so spürbar, weil sie durch die ohnehin höhere Toleranz der Anbindung zwischen Orthese und Bein nicht unmittelbar übertragen werden. Der Rahmen war also ohnehin so weit vom Bein weg, dass die Folge der Gelenkbewegungsunterschiede in der Toleranz der Anbindung unterging, ein Vorteil, den die fester am Bein sitzende PrävenThese nicht aufweisen kann.

Ziel des beschriebenen Projektes war daher, durch eine neuartige Gelenklösung die Akzeptanz für die PrävenThese bei den Athletinnen und Athleten so zu steigern, dass sie dauerhaft und nicht nur während der Reha- und Wiederaufbauphase getragen wird, denn nur eine Schutzausrüstung, die getragen wird, kann auch schützen. Die Verbesserung sollte sich so auswirken, dass die wahre Kniegelenksbewegung so gut in dem Gelenk der PrävenThese abgebildet wird, dass keine subjektive Bewegungseinschränkung mehr besteht, gleichzeitig aber die Schutzfunktion erhalten bleibt. Zusätzlich sollte ein Sicherungsverfahren für den Verletzungsmechanismus „Landing Back Weighted“ integriert werden, so dass das Verletzungsrisiko noch umfassender verringert wird. Die Lösung sollte bis Anfang 2017 den Athleten bzw. dem Realisierungspartner Ortema zur Verfügung stehen, um pünktlich zur Saisonvorbereitung ab April 2017 zum Einsatz zu kommen.

3 Vorgehen

Der Entwicklungsprozess für dieses Projekt war angelehnt an die Innovatorik für den Spitzensport (BISp 2006):

- Ausgangspunkt bildete eine **Zusammenstellung und Aktualisierung des Stands der Wissenschaft und Technik bei Gelenklösungen von Orthesen,** sowie die **Auswertung der bestehenden Daten zur Kniekinematik** und kritischen Winkelgeschwindigkeit.
- Auf dieser Basis erfolgte die **systematische Entwicklung** verschiedener **Konzeptvarianten** für ein Kniegelenk mit knietypischem Bewegungsraum und Schutz vor LBW (Landing Back Weighted); nach **Bewertung und Auswahl** der vielversprechendsten Einzelkonzepte wurde eines in Form eines integrierten **Proof-of-Concept-Modells** umgesetzt.
- Dann erfolgte der **Aufbau des Modells als funktionaler Prototyp** und der Einbau in eine Präventhese, die umfassend getestet wurde. Schließlich konnten die Erkenntnisse aus den Tests erfolgreich in die **Optimierung und Weiterentwicklung** des Prinzips einfließen; für das neue Orthesengelenk wurde eine Schutzrechtsanmeldung durchgeführt, parallel erfolgte die Vorbereitung der Einführung des neuen Gelenks durch den Umsetzungspartner Ortema.
- Abschließend wurden weitere vergleichbare und ähnliche Verletzungssituationen und somit Schutzbedürfnisse in anderen Sportarten identifiziert und ein **Transfer- und Implementierungskonzept** erarbeitet.

4 Projektteam

Im Folgenden werden das Projektteam und die jeweiligen Rollen im Überblick dargestellt:

- **Innovationsmanufaktur GmbH:** Systematische Lösungsentwicklung, Projekt- und Innovationsmanagement, Kommunikation mit Sportlern, Verbänden und weiteren Akteuren des Leistungssports
- **Technische Universität München**, Entwicklung der Methodik und Auswertung der vorhandenen Daten zur Kniegelenkskinematik, funktionelle Testung
- **Phoenix GmbH und Co. KG:** Konzeption und Entwicklung der Gelenklösungen und prototypische Umsetzung, Unterstützung mit 3D-Auswertung.

Als Experten haben die folgenden Personen einen wichtigen Beitrag geleistet:

- **Andreas Huber**, Olympiastützpunkt Bayern: Beratung aus biomechanischer und sportpraktischer Sicht
- **Karlheinz Waibel**, Bundestrainer Wissenschaft und Technologie im Deutschen Skiverband (DSV): Schnittstelle zur Sportpraxis
- **Peter Brucker**, Orthoplus München: Beratung aus medizinischer/orthopädischer Sicht
- **Hartmut Semsch**, Ortema GmbH: Umsetzungspartner, Transfer der Ergebnisse in Produkte.

5 Ergebnisse

Aus technisch/inhaltlicher Sicht konnten im Rahmen des hier vorgestellten Serviceprojektes die folgenden Ergebnisse erzielt werden:

- Konzeption, Entwicklung und Aufbau eines Prototypen für ein neues, optimiertes Orthesengelenk, welches die natürliche Kniebewegung besser abbildet als herkömmliche Systeme und die Möglichkeit der Integration einer gedämpften Begrenzung der Flexion und Extension des Kniegelenks bietet (siehe Abb. 2).
- Erprobung und Praxistest der ersten Prototypen durch den Umsetzungspartner Ortema, weitere Analysen zur Evaluation, insbesondere im Vergleich zu bestehenden Systemen, sind für die Zukunft geplant
- Die tatsächliche Umsetzung von gedämpften Anschlagen in Flexion und Extension konnte im Rahmen des hier vorgestellten Projektes nicht mehr erfolgen. Hier gibt es auf Konzeptebene verschiedene Möglichkeiten, die weiter konkretisiert und erprobt werden müssen.
- Für die Lösung wurde eine Schutzrechtsanmeldung geprüft und durchgeführt.

Abb. 2: Prototyp Gelenk OptiKnie

6 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des hier vorgestellten Serviceprojektes konnte das herkömmliche, polyzentrische Gelenk wurde durch einen innovativen, kompakten Ansatz ersetzt werden, der die natürliche Kniebewegung (Rollen/Gleiten) sehr viel besser nachbildet und perspektivisch die Möglichkeit einer gedämpften Begrenzung sowohl in der Flexion als auch in der Extension des Kniegelenks bietet. Auf Basis der Erprobung und Evaluation ist davon auszugehen, dass das neue System eine deutlich verbesserte Akzeptanz im Spitzensport erhalten sollte, und auch in anderen Bereichen nicht unerhebliche Einsatzpotenziale eröffnet. Für eine erfolgreiche Umsetzung sind die folgenden Schritte notwendig:

- Ausführliche Praxiserprobung, weitere Optimierung des Systems, insbesondere was die Minimierung der Gesamtbreite angeht
- Test und Evaluierung des neuen Gelenks in Hinblick auf die Bewegungsfreiheit in einem Setup, das einen Vergleich zu den Daten zulässt, die im abgeschlossenen Projekt zur Analyse der Kniekinematik herangezogen wurden (VICON)
- Umsetzung und Erprobung der Möglichkeiten zur gedämpften Begrenzung von Flexion und Extension des Kniegelenks
- Transfer der Erkenntnisse in ein geplantes und beantragtes Projekt zur Entwicklung von propriozeptiven Schutzelementen für das Knie.

Das sind zweifelsohne anspruchsvolle Aufgaben für die weitere Entwicklung, aber aus unserer Sicht auch machbare Aufgaben, denen wir uns gerne weiterhin stellen werden.

7 Literatur

Bere, T., Flørenes, T., Krosshaug, T., Koga, H., Nordsletten, L., Irving, C., Muller, E., Reid, R., Senner, V. & Bahr, R. (2011). Mechanisms for anterior cruciate ligament injury in World Cup alpine skiing: a systematic video analysis of 20 cases. *American journal of sports medicine, 39* (7), 1421-1429.

Brucker, P. (2015). *Entwicklung einer präventiven Kniegelenksorthese im professionellen Skirennsport – ein holistisches Entwicklungskonzept mit Implementierung im alpinen FIS Ski-Weltcup*.

Krosshaug, T., Slauterbeck, J. R., Engebretsen, L. & Bahr, R. (2007). Biomechanical analysis of anterior cruciate ligament injury mechanisms: three-dimensional motion reconstruction from video sequences. *Scandinavian journal of medicine & science in sports, 17* (5), 508-519.

Moritz, E. F. (2006). *Innovatorik für den Spitzensport*. Bundesinstitut für Sportwissenschaft, Bonn.

Spitzenpfeil, P., Lipfert, S., Waibel, K.-H., Burger, S. & Hartmann, U. (2006). *Exposure in alpine ski racing – Reasons for knee injuries and other severe traumas*.

Optimierung der Messstrecken im Schwimmen im Bereich Start & Wende (2016-2017)

(AZ 072055/16-17)
Sebastian Fischer & Armin Kibele (Projektleitung)
Universität Kassel, Fachgebiet Trainingswissenschaft & Biomechanik

1 Einleitung

Der Schwimmstart und der Wendenabschnitt haben im Schwimmen eine große Bedeutung. Leistungsdefizite beim Schwimmstart sind vor allem auf den Kurz- und Mitteldistanzrennen im Wettkampf aufgrund der extremen Leistungsdichte nicht mehr zu kompensieren. Auch wenn die oftmals geringen Zeitdifferenzen im Startbereich auf den ersten Blick unerheblich erscheinen, zeigt sich doch, wie beispielsweise bei den Olympischen Spielen 2008 in Peking, dass wenige Hundertstel über die Medaillenränge entscheiden. So gewann Britta Steffen damals das 100-m-Freistilrennen (mit 53,12 s) gegen die Australierin Lisbeth Trickett (53,16 s) mit einer Zeitdifferenz von 4 Hundertstelsekunden. In dem 50 m-Freistilrennen fiel die Entscheidung noch knapper aus. Hier gewann Britta Steffen (24,06 s) vor Dara Torres (24,07 s) aus den USA und Cate Campell (24,17 s) aus Australien. Selbst die 5. Platzierte Marleen Veldhuis (24,26) war lediglich zwei Zehntel langsamer als die Gewinnerin. Diese minimalen Zeitunterschiede zeigen die überdurchschnittliche Bedeutung des Startabschnitts. Hier weisen die deutschen Schwimmer und Schwimmerinnen bei internationalen Wettkämpfen noch Defizite auf. Nicht umsonst wurde in der Nachwuchskonzeption 2020 des Deutschen Schwimm-Verbandes (DSV) im Bereich Schwimmen ein besonderer Fokus auf die Bereiche Start und Wende gelegt.

Bereits im Sommer 2015 hat die AG Training & Bewegung einen ersten großen Impuls zur Verknüpfung von Wissenschaft und Praxis mit der Ausrichtung des „Young Experts Workshop – Swim Start Research“[1] gelegt. Dieser Workshop wurde in Kooperation mit dem Bundesinstitut für Sportwissenschaft (BISp) und dem DSV ausgerichtet. Hier wurde Trainern und Trainerinnen die Möglichkeit gegeben, international renommierte Nachwuchswissenschaftler aus allen großen Schwimmnationen (Brasilien, Australien, Spanien, Frankreich, Portugal) zu befragen und Probleme in Theorie und in der Praxis kritisch zu diskutieren. Im Nachgang dieses Workshops entwickelte sich ein internationales Netzwerk zwischen Forschern mit dem Arbeitsschwerpunkt Schwimmstart und Wende, von dem der DSV nachhaltig profitieren kann. Um dieses Expertenwissen an Trainer und Trainerinnen sowie Schwimmer und Schwimmerinnen weiterzugeben, muss eine direkte Zusammenarbeit mit den Olympiastützpunkten stattfinden. Nur so ist gewährleistet, dass sämtliche Nachwuchs- und Spitzenathleten bzw. -athletinnen, die in regelmäßigen Abständen an den Olympiastützpunkten beraten werden, an dem Wissensvorsprung partizipieren können.

An den Olympiastützpunkten Hamburg/ Schleswig-Holstein und Heidelberg wurden im Rahmen des parametergestützten Feedbacks zum Schwimmstart bislang ausschließlich Zeitmerkmale erfasst. So wurden in der Startphase ausschließlich die Block-, Flug-, 5-m-, 10-m- und die 15-m-Zeit erhoben. Dieses Defizit konnte in dem vorliegenden Forschungsprojekt behoben werden. Neben der Bereicherung der Messstrecken Start und Wende um kinematische Merkmale, bestand ein weiteres Ziel in der Einbindung der dynamischen Merkmale mittels eines Kraft-Messstartblocks am OSP Hamburg/

1 https://www.uni-kassel.de/fb05/fachgruppen/sport-und-sportwissenschaft/start/training-und-bewegung/expertenworkshop2015/home.html

Schleswig-Holstein. Hier wurde ein Wissenstransfer über relevante dynamische Kennwerte, die Interpretation von Kraftkurven und die Zusammenhänge von Startpositionen und den daraus resultierenden Kraftprofilen erzielt. Die Projektlaufzeit wurde auf 12 Monate angesetzt.

2 Lösungsansatz/Projekt-verlauf

Ziel dieses Projektes war es, die Erkenntnisse aus der Forschung in die Trainingssteuerung der deutschen Schwimmer und Schwimmerinnen innerhalb eines Zeitraumes von 12 Monaten zu überführen. Der aktuelle Ist-Zustand in der Diagnostik der Messstrecken bestand zum Zeitpunkt Juni 2016 ausschließlich in der Erfassung von Zeitmerkmalen. Hier wurden im Zuge dieses Projektes relevante kinematische und dynamische Kennwerte ergänzt. Der Projektverlauf wurde in einem 4-stufigen Modell umgesetzt.

1. Stufe:

Inhalt: Auf der Basis der Weltstandsanalyse bei Weltmeisterschaften und Olympischen Spielen wurde der Startabschnitt der deutschen Top-Kader-Schwimmer und Schwimmerinnen evaluiert. Zudem wurde ein Literaturüberblick über die Teilbereiche Start und Wende erarbeitet.

Ziel: Gemessen am internationalen Maßstab wurden, für die Teilbereiche Start und Wende, Defizite abgeleitet und Bewegungsabschnitte mit Defiziten benannt.

Arbeitsleistung: Das bereits vorliegende Videomaterial aus den Diagnostiken an den Olympiastützpunkten wurde nachausgewertet. Parallel zur Identifizierung der Defizite wurde ein Übersichtsbeitrag in deutscher Sprache auf Basis des Artikels „Biomechanische Grundlagen des Startsprungs im Schwimmen“ von Kibele et al. (2011) verfasst. Dieser Beitrag wurde um eine Meta-Analyse für den Zeitraum 2011-2016 mit den Schlüsselwörtern Schwimmen, Start, Wende und Staffel ergänzt. Somit konnte wie geplant im Oktober 2016 ein Workshop zur Identifikationen der relevanten kinematischen und dynamischen Parameter mit dem Betreuerteam des DSV an der Universität Kassel durchgeführt werden. Zusammenfassend orientieren sich die Parameter u. a. an der Komplexen Leistungsdiagnostik des Australian Institute of Sport (AIS), welche aus wissenschaftlicher Sicht von Bruce Mason geleitet wird: Elipot et al., 2009; Houel et al. 2013; Kibele, Fischer & Biel, 2011; Mason et al., 2014; Mason et al., 2015; Tor, Pease & Ball, 2014; Tor, Pease & Ball, 2015.

Zeitdauer: 3 Monate (Juli 2016-Oktober 2016).

2. Stufe

Inhalt: Nach der Ableitung der relevanten Kennwerte für die Teilbereiche Start und Wende mit dem Schwerpunkt der Unterwasserphase wurden diese Parameter in die Praxis überführt. Hierzu musste die vorhandene Software der Firma CCC Kiwano am OSP Hamburg/Schleswig-Holstein überarbeitet und um spezielle Tools erweitert werden. Anschließend erfolgte eine Mitarbeiterschulung für die Erfassung der Kennwerte.

Ziel: Die kinematischen Kennwerte wurden in die Messsoftware der OSP Hamburg/Schleswig-Holstein integriert.

Arbeitsleistung: Nach der Festlegung des Erhebungsverfahrens, sowie der Unterstützung bei der technischen Umsetzung und Kalibrierung der Messstrecke wurde ein Manual verfasst, welches die zu erhebenden Parameter charakterisiert und deren Auswertung mittels Software detailliert beschreibt. Das Erhebungsverfahren wurde auf die wichtigsten Gütekriterien hin überprüft.

Zeitdauer: 3 Monate (Oktober 2016-Januar 2017).

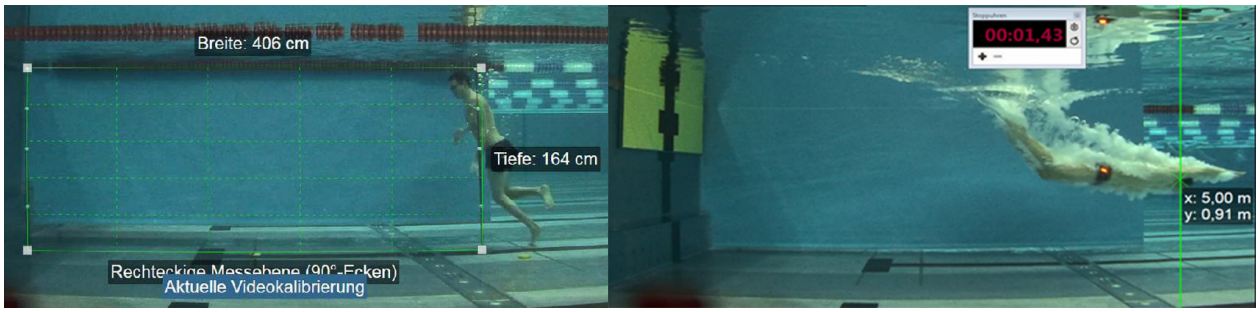


Abb.1: Unterwasserkalibrierung der Messstrecke am OSP Hamburg/Schleswig-Holstein (links), Parametrisierung: Erhebung der Eintauchtiefe des Kopfes (rechts)

3. Stufe

Inhalt: Die Startposition wurde in Abhängigkeit der Kraftfähigkeit und Kraftentfaltung der unteren Extremitäten angepasst und optimiert. (Hierzu musste der bereits vorhandene Kraftmessstartblock in den Messplatz eingebunden werden). Das Messplatztraining wurde um dynamische Kennwerte ergänzt und in ein Beratungsgespräch bei der Interpretation der Kraftmessdaten eingebunden.

Ziel: Die dynamischen Kennwerte wurden in die Auswertung der komplexen Leistungsdiagnostik am OSP integriert.

Arbeitsleistung: Neben der Unterstützung bei der technischen Umsetzung wurden die Gütekriterien für die Messung in einem Manual festgehalten.

Zeitdauer: 3 Monate (Januar 2017-März 2017).

4. Stufe

Inhalt: Im Mittelpunkt der letzten Phase stand das Briefing und Coaching während des Messplatztrainings, die Entwicklung eines prioritätengeleiteten Feedbackverfahrens, die Unterstützung und Überarbeitung der Informationsmaterialien für Trainer und Trainerinnen, die Erstellung einer Präsentation der Ergebnisse im Rahmen des Steueraktiv-Gruppe des DSV 2017 um die Nachhaltigkeit zu gewährleisten, die Erstellung eines Videotrailers für die BISp – Youtube-Plattform sowie die Unterstützung im Rahmen der Dokumentation bei der Entwicklung einer neuen KLD-Datenbank.

Ziel: Das Rückmeldesystem für Trainerinnen und Trainer sowie Schwimmerinnen und Schwimmer wurde verbessert.

Arbeitsleistung: Die Informationsmaterialien für Schwimmerinnen und Schwimmer sowie Trainerinnen Trainer wurden gesichtet und überarbeitet.

Zeitdauer: 3 Monate (April 2017-Juni 2017).

Zusammenfassend betrug der Projektzeitraum 12 Monate. Bereits in den Monaten Januar, März und Mai 2017 wurden die Athleten und Athletinnen mit Hilfe der überarbeiteten Komplexen Leistungsdiagnostik am Messplatz Start und Wende betreut.

3 Literaturverzeichnis

Elipot, M., Hellard, P., Taïar, R., Boissière, E., Rey, J., Lecat, S. & Houel, N. (2009). Analysis of swimmers' velocity during the underwater gliding motion following grab start. *Journal of biomechanics, 42* (9), 1367–1370.

Houel, N., Elipot, M., Andre, F. & Hellard, P. (2013). Influence of angles of attack, frequency and kick amplitude on swimmer's horizontal velocity during underwater phase of a grab start. *Journal of applied biomechanics, 29* (1), 49–54.

Kibele, A., Fischer, S. & Biel, K. (2011). Biomechanische Grundlagen des Startsprungs im Schwimmen. *Sportwissenschaft, 41* (3), 202–215.

Mason, B. R., Sacilotto, G., Hazrati, P. & Mackintosh, C. (2015). CHARACTERISTICS OF ELITE SWIM TURN PERFORMANCES. In F. Colloud, M. Domalain & T. Monnet (Hrsg.), *33rd International Conference on Biomechanics in Sports. Coaching and Sports Activities* (S. 1090–1093). Poitiers, France.

Mason, R. B., Franco, R., Sacilotto, G. & Hazrati, P. (2014). Characteristics of elite swim start performances. In K. Sato, A. W. Sands & S. Mizuguchi (Hrsg.), *32 International Conference of Biomechanics in Sports* (S. 377–380). Johnson City, TN, USA.

Tor, E., Pease, D. L. & Ball, K. A. (2014). Characteristics of an elite swimming start. In B. Mason (Hrsg.), *Proceedings of the XIIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming* (S. 257–263). Canberra, Australia.

Tor, E., Pease, D. L. & Ball, K. A. (2015). Key parameters of the swimming start and their relationship to start performance. *Journal of sports sciences, 33* (13), 1313–1321.

Desoxygenierung der Muskulatur im Training und Wettkampf bei den Sportarten Ski Alpin und Snowboard

(AZ 072060/16-17)

Michael Behringer[1,2,3](Projektleitung), Patrick Wahl[1,4], Theresa Schörkmaier[1,2], Leonie Fiebig[1,2], Claudius Müller[1] & Joachim Mester[1]

[1]Deutsches Forschungszentrum für Leistungssport Köln - momentum, Deutsche Sporthochschule Köln
[2]Institut für Biomechanik und Orthopädie, Deutsche Sporthochschule Köln
[3]Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin, Präventive und rehabilitative Sport- und Leistungsmedizin, Deutsche Sporthochschule Köln
[4]Institut für Kreislaufforschung und Sportmedizin, Molekulare und zelluläre Sportmedizin, Deutsche Sporthochschule Köln

1 Hintergrund

Im Ski Alpin und beim Snowboarding wirken hohe äußere Kräfte und Momente auf Athletinnen und Athleten, welche in Abhängigkeit von Geschwindigkeit, Kurvenradius und Pistenbeschaffenheit variieren. Um die Position auf dem Ski oder dem Snowboard zu regulieren, ist der Athlet während der Abfahrt gezwungen, innerhalb von kürzester Zeit durch eine Vielzahl exzentrischer und konzentrischer Kontraktionen diese äußeren Kräfte und Momente zu kontrollieren. Bei zunehmender muskulärer Arbeit ist für eine Erhöhung bzw. Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit eine adäquate Sauerstoffversorgung in der Muskulatur unumgänglich (Robergs et al., 2004). Die Fähigkeit, die muskuläre Leistung im Rennen aufrecht zu erhalten, hängt damit zunächst von der aeroben Energiebereitstellung ab. Werden die zuführenden Gefäße jedoch durch die anhaltend hohen intramuskulären Spannungen während der Abfahrten komprimiert, sinkt das Sauerstoffangebot an der Muskelzelle durch den reduzierten Blutfluss ab, und die mitochondriale ATP-Synthase kann unter diesen quasi-ischämischen Bedingungen den Energiebedarf der Muskelfaser nicht mehr decken. Insbesondere die tiefe Körperposition im Ski Alpin und zum Teil auch beim Snowboarding erschwert die Blutzirkulation in den Beinen noch weiter. Der Körper ist dann gezwungen, für die Regeneration von ATP auf die anaerobe Glykolyse oder auf zelluläres ADP zurückzugreifen, wobei pro ADP-Molekül ein intrazelluläres Phosphat [Pi] und ein Proton in das Cytosol abgegeben werden (Vogt et al., 2005). Zahlreiche Studien weisen darauf hin, dass gerade die Akkumulation von Pi für die muskuläre Ermüdung verantwortlich ist (Allen et al., 2008). Da ein Teil der Energie im Ski Alpin über den aeroben Weg bereitgestellt wird, stellt die Sauerstoffversorgung für die muskuläre Ermüdung eine entscheidende Einflussgröße dar. Teilweise wird ein Sauerstoffbedarf von 120 % der VO_{2max} im Riesentorlauf beschrieben (Saibene et al, 1985). Die resultierende Sauerstoffschuld wird in der Nachatmung der Nachbelastungsphase deutlich.

Durch die Entwicklung der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) ist eine non–invasive Beurteilung des Blutflusses und der Sauerstoffsättigung in der Muskulatur möglich (Warnecke et al, 2014). Vor allem im Leistungssport ist diese Methode von großer Bedeutung, da sie maßgeblich zur Erforschung der lokalen Muskeldurchblutungssituation während sportlicher Belastung beiträgt (Warnecke et al, 2014). Mittels NIRS kann die Muskeloxygenierung während Ruhe- und Belastungszuständen erfasst werden. Die Grundlage dafür ist, dass die Charakteristiken der Nahinfrarotlichtabsorption des Hämoglobins und Myoglobins von deren Sauerstoffsättigung abhängen (Grassi, 1999). Das NIRS nutzt das Licht der Nahinfrarotwel-

len, um die Oxygenierung des Muskelgewebes zu erfassen (Grassi, 1999). Die Reliabilität des NIRS wurde unter unterschiedlichen Belastungsbedingungen überprüft. Analysen der maximalen Werte (Unterschied zwischen Minimaloxygenierung zur Baseline und Maximaloxygenierung) im M. erector spinae zeigten eine statistisch signifikante Test-Retest Korrelation (r = 0,69–0,84) während statischer Ausdauertests (Kell et al., 2004). Des Weiteren konnte während einer Messung am Kniestrecker das O_2Hb am M. vastus lateralis sowohl während langsamen als auch schnellen Ausführungsgeschwindigkeiten reproduziert werden (langsam: r = 0,73–0,76; schnell: r = 0,85–0,97) (Pereira et al., 2005).

1.1 Projektziel

Ziel des beantragten Projektes war es zum einen zu klären, wie stark die Muskulatur im **Ski-Alpin** (Abfahrt, Riesentorlauf) und **Snowboarding** (Race) entsättigt. Zeitgleich sollte geklärt werden, wie hoch die Sauerstoffaufnahme während dieser Beanspruchungen ausfällt. Um die Daten in Relation zur maximalen aeroben (VO_{2max}) und anaeroben (VL_{amax}) Leistungsfähigkeit der Athleten zu setzen und somit die fraktionelle VO_{2max} Ausnutzung unter Wettkampfbedingungen abschätzen zu können, wurde ein Rampentest und ein 15-sec Sprinttest auf dem Fahrradergometer durchgeführt. Zur besseren Einordnung der Entsättigung in den Feldtests wurden bereits während des Rampentests NIRS Messungen vorgenommen. Weiterhin sollte geklärt werden, ob die in der Praxis eingesetzten Trainingsmethoden den metabolischen Reiz der jeweiligen Wettkampfsituation adäquat abbilden.

2 Methodik

2.1 Raddiagnostik

Um die oben genannten Projektziele zu überprüfen, führten die Athleten einen 15-sekündigen Sprinttest und einen Rampentest auf dem SRM-Fahrradergometer durch. Die Tests wurden mit eigenen Radschuhen inklusive Pedalsystem absolviert. Für die Durchführung des Rampentests wurde das Protokoll beginnend mit 160 Watt (W) und einer minütlichen Steigerung um 20 W bis zur subjektiven Erschöpfung des Probanden herangezogen. Die Probanden wurden dazu angehalten, die Trittfrequenz >80 min^{-1} (rpm) zu halten. Als Abbruchkriterium wurde das Unterschreiten von 70 rpm festgelegt. Während des Warm-ups (WU) sowie während der Belastung wurde die muskuläre Sauerstoffsättigung mittels NIRS erfasst. Zusätzlich wurde während des Rampentests die maximale Sauerstoffaufnahme mittels Spiroergometrie aufgezeichnet, um die maximale Sauerstoffaufnahme der Athleten zu erfassen. Neben der erbrachten Leistung wurden die Herzfrequenzverläufe (Garmin Premium Herzfrequenz-Brustgurt ANT+, Version 2015, Garching Deutschland) sowie die Atemgase mittels Spiroergometrie (Metalyzer 3B, Cortex Medical, Leipzig, Deutschland) für jeden Atemzug (breath-by-breath Verfahren) aufgezeichnet und anschließend sekündlich analysiert. Vor jedem Test wurde das Volumen mittels 3 Liter Volumenpumpe kalibriert. Die Kalibration des O_2 und CO_2 Sensors wurde ebenfalls unmittelbar vor jeder Testbedingung bei Frischluft durchgeführt. Die Bestimmung der VO_{2max} erfolgte mittels Berechnung des gleitenden Mittelwerts über die letzten 30 Sekunden jeder Stufe wodurch die Maximalwerte berechnet wurden. Zudem wurde die O_2-sättigung mittels NIRS an beiden Oberschenkeln kontinuierlich während des gesamten Belastungszeitraums sowie drei Minuten nach Belastungsabbruch gemessen, um die Veränderung der muskulären Sauerstoffsättigung und die Veränderung der totalen Hämoglobinkonzentration zu erfassen.

2.2 Ski- und snowboardspezifische Diagnostik – Labor

Um zu überprüfen, ob die eingesetzten Trainingsmethoden den metabolischen Reiz der Belastung während des Schneetrainings abbilden, wurde auf der computergesteuerten Beinpresse (Desmotronic) ein 60- bzw. 75-sekündiger Test bei den Snowboardern und den Skifahrern durchgeführt. Neben der erbrachten Leistung wurden die lokale Sauerstoffsättigung der Muskulatur, die maximale Sauerstoffaufnahme mittels portabler Spiroergometrie sowie die Laktatanalytik unter Ruhe während der Belastung und nach Abbruch der Belastung erfasst.

Sportartspezifische Testung Labor **Sportartspezifische Testung Feld**

Abb 1: Abbildung der skispezifischen Testung im Labor und im Feld. Das linke Bild zeigt die Messung auf der Desmotronic mit einer portablen Spirometrie und NIRS zur Erfassung der maximalen Sauerstoffaufnahme und der lokalen Muskeloxygenierung während der Belas Belastung. Das rechte Bild zeigt einen Athleten unmittelbar vor der Diagnostik im Schnee. Der Athlet trägt eine portable Spirometrie sowie NIRS an beiden Oberschenkel.

2.3 Skispezifische Diagnostik – Feld

Die skispezifische Belastung im Feld (Abb. 1) beinhaltete drei verschiedene Disziplinen (Abfahrt, Riesentorlauf und Slalom), um einen Vergleich der einzelnen Belastungsbedienungen zu ermöglichen. Während der Felddiagnostik wurden dieselben Parameter erfasst wie während der Labordiagnostik. Die einzelnen Disziplinen wurden auf unterschiedlichem Gelände und somit unterschiedlichen Boden- und Pistenverhältnissen durchgeführt.

2.4 Labordiagnostik

Das Laktat (EBIOplus, EKF Diagnostic Sales, Magdeburg, Deutschland) wurde während der Diagnostiken zu folgenden Zeitpunkten entnommen:

1. Wingate: pre, Abbruch, 1'-10';
2. Rampe: pre, Abbruch;
3. Desmotronic: pre, Ende Warm-up, Abbruch, 1'-7'
4. Skidiagnostik: pre, Abbruch, 1'-8'.

3 Ergebnisse

3.1 Ski- und snowboardspezifische Testung – Labor

3.1.1 Sauerstoffsättigung – Desmotronic

Die Ergebnisse der muskulären Sauerstoffsättigung auf der Desmotronic zeigten während des 75-sekündigen Testverfahrens einen Ruhewert von 89 % und 90 % der untersuchten Athleten. 14 Sekunden nach Belastungbeginn kam es zu einem Abfall der smO_2 bis zum Erreichen einer Minimalsättigung von 11 % und 47 %. Unmittelbar nach Belastungsabbruch zeigten die Athleten eine Reoxygenierung beider Beine bis zum Ausgangslevel. Die smO_2 der Snowboarder zeigte während des Kraftausdauertests einen ähnlichen Verlauf wie bei den Skifahrern. Ein Unterschied zeigte sich jedoch in der Erholungsphase. Während die smO_2 der Skifahrer nach Abbruch der Belastung wieder das Ausgangsniveau einnahm, konnte sich die smO_2 der Snowboarder nicht so schnell erholen.

3.1.2 Sauerstoffsättigung – Slalom

Während des 32-sekündigen Slalomlaufes kam es unmittelbar nach dem Start zu einem Abfall der smO_2, welche ihre Minimalsättigung von 10 % bzw. 5 % kurz vor dem Ziel erreichte.

3.1.3 Sauerstoffsättigung – Riesentorlauf

Die muskuläre Sauerstoffsättigung verhält sich während eines Riesentorlaufs mit 27 Richtungsänderungen und einer Laufzeit von 42 Sekunden ähnlich wie beim Slalomlauf. Trotz des größeren Radius' zeigte die smO_2 von Athlet 1 direkt nach Beginn der Belastung einen kontinuierlichen Abfall, bis die smO_2 sechs Sekunden vor Erreichen des Ziels auf 0 % abfiel. Bei Athlet 2 kam es unmittelbar nach dem Start zu einem rasanten Abfall der smO_2, welche nach 14 Sekunden ein Plateau einnahm und anschließend leichten Schwankungen unterlag, bis vier Sekunden vor dem Ziel eine Minimalsättigung von 1 % erreicht wurde. Nach Erreichen des Ziels stieg die smO_2 beider Athleten wieder bis zum Ausgangsniveau an.

3.1.4 Sauerstoffsättigung – Abfahrt

Während des 01:43 Minuten langen Abfahrtslaufes, welcher sich durch hohe Geschwindigkeiten, eine lange Hockposition und große Radien kennzeichnete, bildeten die Athleten ähnliche smO_2 Verläufe ab. Die Ergebnisse zeigten, dass die smO_2 während wettkampfspezifischer Belastung aufgrund der Be- und Entlastungsphasen einem ständigen Anstieg und Abfall unterlag. Zu Beginn der Belastung kam es zu einem deutlichen Abfall der Sauerstoffsättigung in beiden Beinen (Abb. 2). Diese fiel im weiteren Verlauf der Belastung teilweise bis auf 0 % ab; dabei zeichneten sich die Be- und Entlastungphasen der einzelnen Beine deutlich ab. Nach Erreichen der Ziellinie stieg die smO_2 wieder bis zum Ausgangsniveau an.

3.1.5 Sauerstoffaufnahme

Vergleicht man die rel. Sauerstoffaufnahme beider Athleten zwischen der Raddiagnostik, sportartspezifischen Testung auf der Desmotronic und Skidiagnostik, zeigte sich, dass die Sauerstoffaufnahme während der Desmotronic- und Skitestung deutlich unter der maximalen Sauerstoffaufnahme beider Athleten liegt. Während ein Athlet im Riesentorlauf mit einer maximalen rel. Sauerstoffaufnahme von 32 ml/min/kg nur 59,4 % der max. rel. Sauerstoffaufnahme ausschöpfen konnte, zeigte der zweite Athlet mit einer Ausschöpfung von 60,7 % ein ähnliches Bild. Auch während der Testung auf der Desmotronic, welche den sporartspezifischen Reiz abbilden sollte, konnten Athlet 1 und Athlet 2 lediglich 52,1 % bzw. 43,9 % der maximalen Sauerstoffaufnahme ausschöpfen (Abb. 3). Die relative Sauerstoffaufnahme der Snowboarder lag während des 60-sekündigen Kraftausdauertests bei 33,3 ± 2,5 ml/min/kg und lag somit deutlich über der VO_{2max} der Skifahrer.

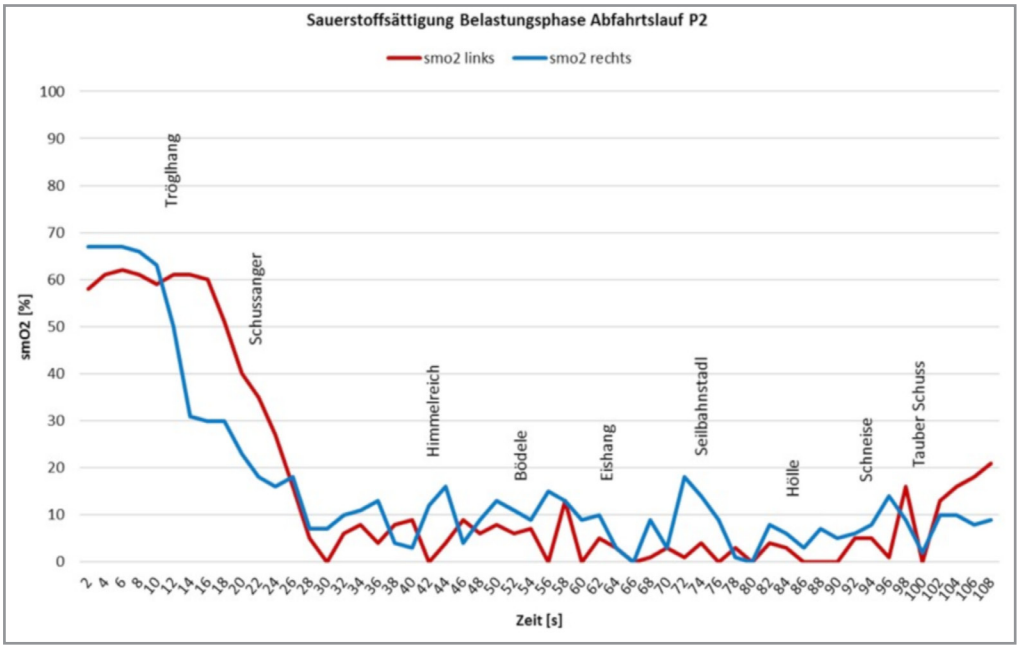


Abb. 2: Darstellung des Verlaufs der muskulären Sauerstoffsättigung (smO_2) des linken und rechten Beines während eines Abfahrtslaufes. Die rote Linie stellt das linke Bein und die blaue Linie das rechte Bein dar. Die einzelnen Beschriftungen beschreiben den jeweiligen Pistenabschnitt.

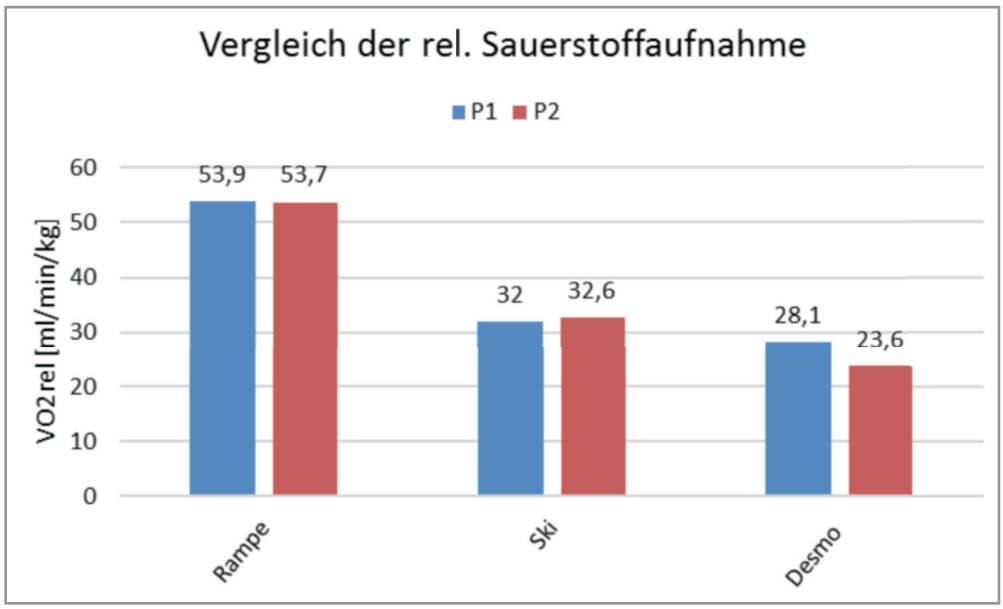


Abb. 3: Das maximal aufgenommene relative Sauerstoffvolumen (VO_{2rel}) während der Raddiagnostik (Rampe), während der sportartspezifischen Belastung auf der Desmotronic, sowie während der Belastung auf den Skiern von P1 (blau) und P2 (rot) im Vergleich.

3.1.6 Metabolischer Stimulus

Vergleicht man den mebolischen Stimulus innerhalb der einzelnen Diagnostiken, zeigte sich, dass während der Diagnostik auf der Desmotronic ein höherer metabolischer Stimulus abgebildet wurde und zu höheren Laktatkonzentrationen führte als im Vergleich zum Riesentorlauftraining (Desmotronic La_{peak}: P1 7,63 mmol/L, P2 13,55 mmol/L; RTL La_{peak}: P1 5,7 mmol/L, P2 10,09 mmol/l). Die Laktatkonzentration der Snowboarder zeigte eine durchschnittliche maximale Laktatkonzentration auf der Desmotronic von 11,1 ± 1,5 mmol/l.

4 Diskussion

In der vorliegenden Arbeit wurde die lokale Sauerstoffsättigung während unterschiedlicher Disziplinen im Ski Alpin (Riesentorlauf, Slalom und Abfahrt) erfasst. Dabei konnte gezeigt werden, dass die Desoxygenierung im Riesentorlauf im Vergleich zum Slalom stärker ausfiel. Während es im Riesentorlauf bei den untersuchten Athleten zu einer Minimalsättigung von 2,8 % und 1 % kam, konnte im Slalom eine Entsättigung auf 10 % und 5 % erfasst werden.

Die Ursachen für die disziplinspezifischen Unterschiede in der Desoxygenierung liegen vermutlich in der niedrigeren Körperposition im Riesentorlauf, der länger anhaltenden isometrischen Muskelkontraktion und den damit verminderten aeroben Stoffwechselprozessen durch die vaskuläre Okklusion (Szmedra et al., 2001). Ein Zusammenhang zwischen einer niedrigen Körperposition und dem Grad der Desoxygenierung konnte auch von Rundell et al. (1995, 1996, 1997) bei Eisschnellläufern gezeigt werden. Weiterhin fanden die Autoren einen Zusammenhang zwischen der Körperposition und der Blutlaktatkonzentration sowie der Sauerstoffaufnahme. Neben der Körperposition dürften aber auch die höheren Kontraktionsintensitäten im Riesentorlauf die Sättigung beeinflusst haben. So berichten Szmedra et al. (2001), dass die niedrige Körperposition mit intensiveren Muskelkontraktionen (~50-80 % der maximalen isometrischen Kraft) einhergeht, wodurch die Blutzirkulation noch stärker beeinträchtigt wird. Dies spiegelt sich in einer höheren Blutlaktatkonzentration wider (Szmedra et al. 2001), da der Körper durch die gedrosselte Sauerstoffzufuhr gezwungen ist, auf die anaerobe Glykolyse zurückzugreifen.

Im Abfahrtslauf zeigte sich trotz der vorwiegenden Hockposition, der hohen Geschwindigkeit und der hohen einwirkenden Kräfte eine Erholung der smO_2 Werte zwischen den Be-und Entlastungsphasen. Dieses Ergebnis wird von

Duvillard (1995) unterstützt, welcher zeigte, dass bei längeren, geschwindigkeitsbetonten Events – wie der Abfahrt – ein Großteil der Energiebereitstellung über den aeroben Metabolismus erfolgt und bei technischen Events (Slalom und Riesentorlauf) vorwiegend dem anaeroben Stoffwechsel unterliegt.

Während der Labordiagnostik auf der Desmotronic entsättigte die Muskulatur der Athleten deutlich weniger als beim Riesentorlauf. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass der Trainingsstimulus auf der Desmotronic den ischämischen Stress, der unter Wettkampfbelastungen auftritt, nicht adäquat abbildet. Trainingsmethoden wie das Blutflussrestriktionstraining (siehe unten) könnten vor diesem Hintergrund eine sinnvolle Ergänzung darstellen. Während der Testung auf der Desmotronic konnte zudem beobachtet werden, dass die Athleten einen geringeren Anteil ihres maximalen Sauerstoffvolumens (VO_{2max}) nutzten. Dennoch zeigten sich beim Kraftausdauertest auf der Desmotronic höhere Laktatkonzentrationen als beim Riesentorlauf. Denkbar wäre, dass die Sättigung der Muskulatur während des Skifahrens aufgrund der zusätzlichen Vibrationen verringert wird. So zeigten auch Yamada et al. (2005) eine signifikant verringerte Sauerstoffsättigung des M. vastus lateralis während Ganzkörpervibrationen. Ein weiterer Faktor für die verringerte smO_2 während des Riesentorlaufs könnte die zusätzliche Stabilisations- und Gleichgewichtsarbeit beim Skifahren darstellen.

In diesem Zusammenhang muss berücksichtigt werden, dass die Daten von zwei Athleten stammen. Dies gilt es, in weiteren Untersuchungen zu überprüfen.

Vergleicht man die erfassten Werte der Desmotronic-Testung zwischen Skifahrern und Snowboardern, so zeigte sich hinsichtlich der smO_2 ein ähnlicher Verlauf, jedoch konnte sich die smO_2 der Skifahrer unmittelbar nach Belastungsabbruch schneller erholen. Der Grund für diese unterschiedliche Reperfusionskinetik ist unklar. Die Snowboarder erreichten im Mittel eine VO_{2max} von 33,3 ± 2,5 ml/kg/min, wohingegen die Skifahrern Werte von 25,9 ± 3,2 ml/kg/min erreichten. Trotz der höheren Sauerstoffaufnahme der Snowboarder kam es zu einer erhöhten Laktatkonzentration und einem geringeren Leistungsoutput. Dies weist darauf hin, dass die Athleten das vorhandene O_2- Angebot nicht ausreichend ausschöpfen konnten.

Der Sauerstoffbedarf im Ski Alpin wird in den Disziplinen Riesentorlauf und Slalom in der Literatur mit 120 % und 200 % der VO_{2max} beschrieben (Saibene et al., 1985; Turnbull, et al., 2009). In der vorliegenden Forschungsarbeit wurde im Riesentorlauf lediglich eine Ausschöpfung von 60,0 ± 0,9 % erreicht, welche damit deutlich unter den angegebenen Werten in der Literatur liegt. Die erfasste rel. VO_{2max} auf dem Fahrradergometer der getesteten Athleten (53,8 ± 0,1 ml/min/kg) lag unter den angegebenen Werten im internationalen Vergleich. Für die rel. VO_{2max} von österreichischen Weltcup Athleten aus dem Jahr 2000 geben Neumayr et al. (2003) einen Wert von 59,5 ± 4,7 ml/min/kg an.

Ein effizientes aerobes System im Ski Alpin ist eine wichtige Voraussetzung, um sich zwischen den einzelnen Läufen zu regenerieren sowie in langen und ermüdenden Wettkämpfe leistungsfähig zu bleiben (Neumayr et al., 2003). Hätten die Athleten eine höhere VO_{2max}, wäre davon auszugehen, dass mehr O_2 während der Belastung ausgeschöpft wird, die Energiebereitstellung im Riesentorlauf über einen längeren Zeitraum über den oxidativen Weg ablaufen sowie die smO_2 länger aufrechterhalten werden kann.

Da die muskuläre Leistungsfähigkeit unter anderem durch die O_2-Versorgung über die Kapillaren zum Muskel während der aeroben Belastung limitiert wird (Allen et al., 2008), ist es von großem Interesse, dass die Kapillar- und Mitchondriendichte in der Muskulatur erhöht wird und somit die O_2-Versorgung in der Muskulatur während der Belastung auf den Skiern über die gesamte Belastungsdauer möglichst hochgehalten werden kann. Denkbar wäre, dass die Sauerstoffversorgung der Muskulatur durch eine ischämische Präkonditionierung verbessert werden kann. So zeigen neuere Studien, dass der Blutfluss und die Oxygenierung im Anschluss an eine Okklusion für ca. 15 min erhöht bleibt (Cuniffe et al., 2016) und somit die Sauerstoffversorgung der Muskulatur während des Wettkampfs ggf. verbessert werden könnte. Auch das sog. Blutflussrestriktions- (BFR) Training könnte hier von Vorteil sein. Es konnte gezeigt werden, dass das wichtige Signalmolekül für eine

Gefäßneubildung (Vascular Endothelial Growth Factor, VEGF) durch dieses Training ansteigt (Loenneke et al., 2012). In einer weiteren Studie, konnte aufgrund einer Drosselung der lokalen Blutzirkulation im Anschluss an ein Sprintintervalltraining eine Erhöhung von HIF-1 Alpha nachgewiesen werden, was ebenfalls die Kapillarisierung der Muskulatur fördern könnte (Taylor et al., 2016). Zum anderen könnten die real auftretenden quasi-ischämischen Belastungen im Schneetraining beim Ski-Alpin besser vorbereitet werden.

5 Literatur

Allen, D. G., Lamb, G. D. & Westerblad, H. (2008). Skeletal Muscle Fatigue: Cellular Mechanisms. *Physiological reviews, 88*, 287-332.

Cunniffe, B., Sharma, V., Cardinale, M. & Yellon, D. (2016). *Characterization of muscle oxygenation response to vascular occlusion: implications for remote ischaemic preconditioning and physical Performance. Clinical physiology and functional imaging*. Zugriff am 15.11.2017 http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/cpf.12353/abstract

Duvillard, S. P. (1995). Introduction: the interdisciplinary approach to the science of alpine skiing. *Medicine & science in sports & exercise, 27*, 303-304.

Grassi, B., Quaresima, V., Marconi, C., Ferrari, M. & Cerretelli, P. (1999). Blood lactate accumulation and muscle deoxygenation during incremental exercise. *Journal of applied physiology, 87* (1), 348-355.

Kell, R.T., Farag, M. & Bhambhani, Y. (2004). Reliability of erector spinae oxygenation and blood volume responses using near–infrared spectroscopy in healthy males. *European journal of applied physiology, 91*, 499-507.

Loenneke J. P., Wilson, J. M., Marín, P.J., Zourdos, M. C. & Bemben, M. G. (2012). Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *European journal of applied physiology, 112*, 1849-1859.

Neumayr, G., Hoertnagl, H., Pfister, R., Koller, A., Eibl, G. & Raas, E. (2003). Physical and physiological factors associated with success in professional alpine skiing. *International journal of sports medicine, 34*, 571-575.

Pereira, M. I., Gomes, P.S. & Bhambhani, Y. (2005). Reliability of vastus lateralis oxygenation measured by near infrared spectroscopy during resistance exercise. *Medicine & science of sports & exercise, 37* (5), 265.

Robergs ,R. A., Ghiasvand, F. & Parker, D. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *American journal of physiology. Regulatory integrative and comparative physiology, 287*, R502-R516.

Rundell, K. W & Pripstein, L. P. (1995). Physiological responses of speed skaters to treadmill low walking and cycle ergometry. *International journal of sports medicine, 16*, 304-308.

Rundell, K. W. (1996). Compromised oxygen uptake in speed skaters during treadmill in-line skating. *Medicine & science in sports & exercise, 28* (1), 120-127.

Rundell, K. W., Niola, S. & Chance, B. (1997). Hemoglobin/myoglobin desaturation during speed skating. *Medicine & science in sports & exercise, 29*, 248-258.

Saibene, F., Cortili, G., Gavazzi,P. & Magistri, P. (1985). Energy sources in alpine skiing (Giant Slalom). *European journal of applied physiology, 55*, 312-316.

Szmedra, L., Im, J., Nioka, S., Chance, B. & Rundell, K. (2001) Hemoglobin/myoglobin oxygen desaturation during Alpine skiing. *Medicine & science in sports & exercise*, *33* (2), 232-236.

Taylor, C. W., Ingham, S. A. & Ferguson, R. A. (2016). Acute and chronic effect of sprint interval training combined with postexercise blood-flow restriction in trained individuals. *Experimental physiology, 101*, 143-154.

Entwicklung und Implementierung erster Elemente eines Qualitätsmanagementsystems sportpsychologisch unterstützter Talententwicklung mit dem Deutschen Segler-Verband

(AZ 072065/16-17)

Ole Benthien[1] *& Nadine Thomas*[2]

[1] Universität Potsdam, Zentrum für praktische Sportpsychologie, Professur für Sportpsychologie
[2]Beratungsbüro Thomas, Landau

Einführung

Ziel des Serviceforschungsprojektes war es, aus sportpsychologischer Perspektive erste Beiträge zu leisten, um die Erkennung und individuelle Förderung sportlichen Talents effektiver und bei sich verbessernder Qualität (zum Begriff der Qualität vgl. DIN 33430, 2002) gestalten zu können. Hierzu wurden, unter Zuhilfenahme etablierter Verfahren aus der Personaldiagnostik (Westhoff et al., 2015), der DIN 33430 sowie der Aktionsforschung (Burns, 2007), einzelne Elemente sportpsychologisch unterstützter Talententwicklung für das Nachwuchsfördersystem des Deutschen Segler-Verbandes (DSV) entwickelt und dort implementiert.

Projektverlauf

2.1 Psychologische Anforderungsanalysen

In zwei Workshops mit insgesamt 17 A-Trainerinnen und Trainern wurden auf der Basis deren Expertenwissens sportartspezifische Leistungsparameter für den Segelsport identifiziert und die Pilotversion eines Kompetenzmodells für den Nachwuchs entwickelt.

Im Fokus stand dabei die Frage: Welche psychologischen Ressourcen und Eigenschaften muss eine Sportlerin bzw. ein Sportler im Leistungssegeln zum definierten Zeitpunkt der sportlichen Laufbahn (Übergang in D/C-Kader) mitbringen, um in der neuen Kaderphase erfolgreich zu sein?

Das methodische Vorgehen orientierte sich dabei an der gängigen Praxis der Entwicklung von Assessment-Centern (vgl. Paschen et al., 2013). Im Rahmen der Workshops wurde eine psychologische Anforderungsanalyse durchgeführt (vgl. Reimann, 2010), um die relevanten Leistungsparameter herauszuarbeiten.

Im Anschluss wurden die während der Workshops aufgedeckten Leistungsparameter nach Inhaltsbereichen sortiert und in ein Kompetenzmodell überführt.

Die Pilotversion des erarbeiteten Kompetenzmodells umfasste die folgenden psychologischen Parameter:

- *Kognitive Anforderungen*: Mentale Ausdauer, Zeitmanagement,
- *Emotionale Anforderungen:* Handlungsorientierung nach Misserfolg, emotionale Stabilität, Stressresistenz,
- *Motivationale Anforderungen:* Eigenmotivation, Zuverlässigkeit,
- *Soziale Anforderungen:* Kritikfähigkeit, Teamfähigkeit, Hilfe suchen können.

2.2 Erstellung eines Diagnostikinstruments

Die gesammelten Informationen zu den sportartspezifischen Leistungskriterien wurden im nächsten Schritt durch Operationalisierungen systematisch zu einem Diagnostikinstrument

nach DIN 33430 zusammengeführt (s. Kersting, 2008).

Das Diagnostikinstrument soll ermöglichen, dass die individuelle Ausprägung jeder Athletin/jedes Athleten in den einzelnen Leistungsparametern des Kompetenzmodells erfasst werden kann.

Im betreffenden Arbeitsschritt stand die Frage im Vordergrund: Wie lassen sich die einzelnen psychologischen Leistungsparameter im Rahmen von Sichtungsveranstaltungen durch die Sportpsychologinnen und -psychologen messen?

Bei der Zusammenstellung des Diagnostikinstruments wurde auf in der Psychologie bereits etablierte Messverfahren für die jeweiligen psychologischen Variablen zurückgegriffen.

Darüber hinaus wurde bei der Wahl der geeigneten Messinstrumente darauf geachtet, dass sie

a) eine größtmögliche Durchführungs-, Auswertungs- und Interpretationsobjektivität besitzen,
b) eine hohe Zuverlässigkeit zeigen und
c) eine möglichst hohe Gültigkeit (Validität) aufweisen.

Wichtig für die Anwendung war zudem, dass für jedes Messinstrument gültige Normwerte vorliegen (DIN 33430; Westhoff et al., 2005). Des Weiteren wurde das klassische Nebengütekriterium der Ökonomie berücksichtigt.

In Abhängigkeit von dem jeweiligen zu messenden Gegenstand variierte die Art der Messung zwischen der psychologischen Testung, der Erfassung via Selbstberichtsfragebogen und der Verhaltensbeobachtung.

2.3 Multimethodale sportpsychologische Sichtungsbegleitung an den Bundestützpunkten Nachwuchs

Das erstellte Diagnostikinstrument wurde im Rahmen der zentralen Leistungsüberprüfung in 2016 an den zwei Bundesstützpunkten Nachwuchs (BSP-N) Segeln (Kiel, Warnemünde) zum ersten Mal angewendet und erprobt.

Erfasst und ausgewertet wurden die Daten von 37 D/C-Kader Kandidatinnen und Kandidaten. Davon waren 50 % im Einhandsegeln aktiv, 50 % im Zweihandsegeln. Der Altersrang lag bei 13-17 Jahre (M = 15,5), 37 % der Athleten waren weiblich.

Die Ergebnisse der Diagnostik flossen unmittelbar in die für die Sichtungsveranstaltung zentralen Perspektivplanungsgespräche (PPL) unter Leitung des sichtungsverantwortlichen Bundestrainers ein.

Die PPL waren ausführliche, circa 60 bis 90 Minuten dauernde Gespräche, die der Zusammenschau der vergangenen Entwicklung und der zukünftigen Perspektiven der jeweiligen Sportlerin bzw. des jeweiligen Sportlers dienten. Neben der Sportlerin oder dem Sportler nahmen der zuständige Landestrainer, der zuständige Bundestrainer Nachwuchs sowie mindestens einer der sichtungsbegleitenden Sportpsychologen teil.

Bei diesen Gesprächen zeigte sich, dass die Ergebnisse der Diagnostik in den meisten Fällen von den beteiligten Personen im Rahmen des PPL kommunikativ validiert (Seale, 1999) werden konnten.

Die sich aus dem diagnostischen Prozess und den gefundenen Ergebnissen ergebenden Entwicklungsmöglichkeiten auf Seiten der Sportlerinnen und Sportler wurden im Rahmen von sportpsychologischen Beratungsprozessen während des PPL adressiert.

Zudem wurden im weiteren Verlauf des PPL – gemeinsam mit der Sportlerin oder dem Sportler – erste mögliche Schritte auf dem Weg zur deren Realisierung entwickelt. Methodische Bezugspunkte waren hierbei ressourcenorientierte Beratungsformen, die sich im Sportkontext als besonders geeignet erwiesen haben (Hoigaard & Johansen, 2004; Schmidt, 2001).

2.4 Projektevaluation

Im Rahmen der Projektevaluation wurden Informationen zu den Sichtungsmaßnahmen aus Perspektive der Sportpsychologinnen und Sportpsychologen, Verantwortlichen des Verbandes und der Trainerinnen und Trainer erfasst. Im Vordergrund stand hier, den konkreten Mehrwert der Qualitätsmanagement-Maß-

nahmen für die Praxis des Leistungssportes zu erfassen sowie konkreten Entwicklungsbedarf zu ermitteln.

Fazit und Ausblick

Die Konzeptualisierung von Talentidentifikation und Entwicklung wurde im vorliegenden Projekt nach drei Seiten aufgespannt. Es wurden

a) erstmalig erste Elemente der Qualitätssicherung nach DIN 33430 im Rahmen von Sichtungsmaßnahmen im DSV implementiert,

b) im Prozess die beteiligten Stakeholder einbezogen,

c) die Bereiche Diagnostik und Intervention in der Sichtungsbegleitung unmittelbar aufeinander bezogen.

Das erstellte Diagnostikinstrument ermöglichte es, den Sportpsychologinnen und Sportpsychologen im DSV relevante psychologische Parameter – vor dem Hintergrund des sportartspezifischen Kompetenzmodells – systematisch und nach den gängigen Gütestandards zu erfassen und zu berücksichtigen.

Im Rahmen der Perspektivplanungsgespräche stellte das Diagnostikinstrument damit eine gute und hilfreiche Grundlage dar, um in der Kürze der Zeit einen validen Überblick über die psychologischen Entwicklungspotentiale der jeweiligen Sportlerinnen und Sportlern zu erhalten.

In den meisten Fällen konnten die Ergebnisse der psychologischen Diagnostik von den beteiligten Personen im Rahmen des PPL kommunikativ validiert (Seale, 1999) und – darüber hinaus – in hilfreiche individuelle Interventionen für die Sportlerinnen und Sportler überführt werden.

Zusammenfassend kann von einer erfolgreichen Projektdurchführung gesprochen werden, die sich auch in den Ergebnissen der Projektevaluation niedergeschlagen hat.

Im vorliegenden Projekt stand – mit Blick auf die klassische Athletenlaufbahn im Segeln – die Entwicklungsphase zum Übergang in den D/C-Kader im Fokus. In einem nächsten Schritt soll überprüft werden, ob weitere Entwicklungsstufen im Verlauf einer leistungssportlichen Segelkarriere ausgemacht werden können. Im Zentrum der Identifikation entsprechender Stufen steht dabei die Frage, welche weiteren stufenspezifischen psychologischen Kompetenzen ausgebildet werden müssen, um den Übergang zur nächsten Stufe erfolgreich meistern zu können. Entsprechend sollen für diese Phasen ebenfalls Kompetenzmodelle erstellt und die Parameter operationalisiert werden.

Literatur

Burns, D. (2007). *Systemic Action Research. Strategy for Whole System Change*. Bristol: Policy Press.

Hoigaard, R. & Johansen, B. (2004). The solution-focused approach in sport psychology. *The sport psychologist, 18*, 218-228.

Kersting, M. (2008). DIN Screen, Version 2. Leitfaden zur Kontrolle und Optimierung der Qualität von Verfahren und deren Einsatz bei beruflichen Eignungsbeurteilungen. In M. Kersting (Hrsg.), *Qualitätssicherung in der Diagnostik und Personalauswahl – der DIN Ansatz* (S. 141-210). Göttingen: Hogrefe.

Ostendorf, F. & Angleitner, A. (2004). *NEO-PI-R. NEO Persönlichkeitsinventar nach Costa und McCrae*. Revidierte Fassung. Göttingen: Hogrefe.

Paschen, M., Beenen, A., Turck, D., & Stöwe, C. (2013). *Assessment Center professionell. Worauf es ankommt und wie Sie vorgehen* (3. Auflage). Göttingen: Hogrefe.

Reimann, G. (2010). Arbeits- und Anforderungsanalyse. In K. Westhoff, C. Hagemeister, M. Kersting, F. Lang, H. Moosbrugger, G. Reimann, & G. Stemmler (Eds.), *Grundwissen für die berufsbezogene Eignungsbeurteilung nach DIN 33430* (pp. 102-116). Lengerich: Pabst Science Publishers.

Schmidt, G. (2001). Hypno-Systemische Teamentwicklung – auf dem Weg zum „Dreamteam". *Lernende Organisation, 2*, 54-79.

Seale, C. (1999). *The Quality of Qualitative Research*. London: Sage.

Westhoff, K., Hellfritsch, L. J. , Hornke, L. F. , Kubinger, K. D., Lang, F. , Moosbrugger, H., Püschel, A. & Reimann, G. (Hrsg.) (2005). Grundwissen für die berufsbezogene Eignungsbeurteilung nach DIN 33430. Lengerich: Pabst.

Systemisches Prozess-Coaching

Skizze eines bei der Damen-Hockeynationalmannschaft angewandten Coachingansatzes (2015-16) und dessen theoretischer Fundierung (2016-17)

(AZ 072068/16-17)

Wolfgang Klöckner (Projektleitung), NewIntelligence
Universitäre Anbindung: Daniel Memmert, Deutsche Sporthochschule Köln

1 Vorwort

Es handelt sich bei diesem Projekt um die zweigestufte Mischform eines *naiv-praktischen* Ansatzes (2015-16) und dessen *wissenschaftlichen* Reflexionsprozesses (Herbst 2016). Der praktische Teil wurde *ausschließlich* seitens des DHB initiiert und honoriert, als erfolgreich identifiziert und seine *theoretische Reflexion* mit Förderung des BISp für 2016-17 in Auftrag gegeben. Da diese wissenschaftliche (Projekt-)Arbeit andauert, hat sich der Verfasser entschieden, eine Skizze seines praktizierten Prozess-Coachings mit der Hockey-Damennationalmannschaft (Danas) zum Gegenstand dieses kurzen Berichtes zu machen.

2 Problemstellungen und Ausgangslage

Im Frühjahr 2015 sah das Steuerungsteam Leistungssport des DHB (das Projektteam besteht aus vier hauptamtlichen Bundestrainern sowie den beiden Direktoren Leistungssport und Bildung/Wissenschaft (Vorstandsmitglieder)) die Qualifikation der Danas für die Olympischen Spiele 2016 gefährdet. Es beauftragte den Verfasser, Trainerstab und Mannschaft dahingehend zu unterstützen, sich im Juni zu qualifizieren. Nach erfolgreicher Qualifikation wünschte der Trainerstab, diesen – aus seiner Sicht bisher unbekannten – Coachingansatz über den Winter hinweg für umfassende Veränderungsprozesse bei der Danas zu vertiefen. Seine grob formulierte Zielsetzung: sich vom damaligen Weltranglistenplatz 10 wieder stabil in der Weltspitze (Platz 1-4) zu etablieren und bei den Olympischen Spielen erfolgreich aufzutreten. Die Danas gewann in Rio die Bronzemedaille.

3 Methode

Der Verfasser griff auf vorausgegangene Erfahrungen mit anderen Nationalmannschaften (u. a. Volleyball-Herren) und seinen ersten Einsatz mit der Danas (Frühjahr 2015) zurück und etablierte:

- die *Funktion eines systemischen Prozess-Coaches*, der sich außerhalb der Teilsysteme Trainerstab, Funktions-Staff und Mannschaft positionierte, um aus selbstbestimmten Beobachtungsdistanzen *relevante Prozesse* unter eine Beobachtung 2. Ordnung zu stellen (von Foerster/Floyd 2008).[1] Dazu nahm er an *allen* Besprechungen innerhalb und zwischen den Teilsystemen teil, sowie an jedem Training/Wettkampf und spielte aus seinem systemischen Prozessverständnis bestehende Muster *irritierende* und *störende* Sichtweisen und Feedbacks ein.

1 Wenn sich der Trainerstab aufgrund seines Wissens, seiner Beobachtungen und der vorliegenden Daten für bestimmte Prozesse in Training/Wettkampf *entscheidet*, dann tut er das aus einer Ebene der Beobachtung 1. Ordnung: er versucht, die Faktenlage *objektiv* zu erfassen und in erfolgsversprechende Führung umzusetzen. Eine Beobachtung 2. Ordnung basiert auf der Annahme, dass diesen Beobachtungen und Entscheidungen *subjektive Kriterien* der Trainer zugrunde liegen und es in diesem Sinn *keine Objektivität* gibt (von Glasersfeld, 1998). Der systemische Prozess-Coach *erweitert* das vorliegende *Beobachtungsspektrum* von Prozessen der Leistungssteuerung, indem er mögliche Ausklammerungen (Blinde Flecken) und zu lineare Vereinfachungen seitens der Beteiligten identifiziert und als *Irritation* an die Führung zurückspielt. (von Foerster/Floyd 2008).

- ein *Veränderungs-Steuerungs-Team (VST).* Dies setzte er gemeinsam mit dem Bundestrainer aus sechs Spielerinnen aller drei Mannschaftsteile zusammen und bereitete es in einem Workshop und einer Reihe von Videokonferenzen ansatzweise auf seine Beobachtungs- und auch Steuerungsaufgaben vor. Das VST traf sich nahezu täglich und übernahm zunehmend folgende Aufgaben:
  - Veränderungszielvereinbarungen mit den Spielerinnen des jeweiligen Mannschaftsteils (VST-Verteidigung, -Mittelfeld, -Sturm),
  - deren kontinuierliche Anpassung (regelmäßiges Feedback) an laufende Veränderungsprozesse in Training und Wettkampf,
  - die Moderation eigenverantwortlicher, taktischer Spielvorbereitungen in den VST-Gruppen, deren mannschaftsteilbezogene interne Abstimmungen und die Moderation der sich anschließenden Mannschaftsbesprechungen,
  - eine zunehmend differenziertere Beobachtungsbildung 2. Ordnung (das VST lernte, seine bisherigen persönlichen Wirklichkeitsentwürfe und die seiner Mitspielerinnen *selbstkritischer* zu beobachten und einzuschätzen).

4 Ergebnisse

Wie im Vorwort bereits angesprochen, ist der eigentliche Projektauftrag einer wissenschaftlichen Unterlegung des Ansatzes noch in Arbeit. Daraus sollen Veröffentlichungen folgen (Zeitschrift Leistungssport i. V.). Um einen Bezug zum praktizierten Steuerungsverständnis der Hockey-Bundestrainer herstellen zu können, hat der Verfasser (2016-17) mit zehn Bundestrainern Interviews geführt. Diese sind transkribiert und sollen in die laufende theoretische Ausarbeitung integriert werden.

5 Diskussion und In-Frage-stellungen

Anstelle einer Diskussion von Ergebnissen, sei es dem Verfasser gestattet, an dieser Stelle einige Beobachtungen und Fragen zu positionieren, welche sich aus seiner langjährigen sportwissenschaftlichen Profession und Beratung von Nationalmannschaften aufdrängen.(vergl. Klöckner, 2012; Klöckner, 2013):

- Die entlang sportwissenschaftlicher Disziplinen definierten Grundlagen zur *Steuerung* von Hochleistung vor dem Hintergrund impliziter Komplexität im Sportspiel Hockey kritisch zu hinterfragen und systemische Erweiterungen anzubieten.
  - Wie bildet das bestehende sportwissenschaftliche Disziplinen-Puzzle ein Gefüge von Hochleistung im Hockey und vor welche Steuerungsanforderungen stellt das die Trainer?
  - Lassen sich Defizite/blinde Flecken dieser sportwissenschaftlichen Konstruktionen sportlicher Leistung aus systemischen Denkzugängen erkennen und erweitern?
- Da dieses Projekt sich aus der Erfahrung eines *naiv-praktischen Coaching-Anatzes* der Wissenschaft und Theorie zuwendet,
  - in einer Umkehrung (überwiegend) angewandter Forschungslogik aufzuzeigen, dass die *Sportpraxis* anspruchsvolle Themen beinhaltet und ihrerseits Impulsgeber für theoretische Reflexion werden kann,
  - verbunden mit der Frage: wie lernt die *Praxis*, für sie relevante Themen zu identifizieren und mit der Wissenschaft anschlussfähig zu kommunizieren.[1]

1 Hier unterstellt der Verfasser, dass viele Forschungsthemen von Disziplinen der *Sportwissenschaft* ausgehen und sich die Sportpraxis häufig als empirisches „Spielfeld“ zur Verfügung stellt. Seine bisherigen Erfahrungen lassen ihn zudem zweifeln, ob Bundestrainer und (vor allem) auch die *Wissenschaftskoodinatoren* aus der Praxis heraus anschlussfähige Themen identifizieren und benennen können. Das BISp versucht, sich mit seinen Serviceprojekten dieser Thematik schrittweise anzunähern.

- Die Einführung einer bisher im Hockey nicht existenten Instanz: ein Prozess-Coach und Beobachter 2. Ordnung für die Arbeit von Bundestrainern.
  - Wie verändert sich das Verständnis von Prozessen und von Steuerung aus einer systemischen Perspektive und welche Einflüsse hat das auf die Arbeit und das Rollenverständnis von Trainern und ihrer Mannschaften?
- Einen Zugang zur Grauzone zwischen *harten und weichen Wirklichkeiten*[2] beim Zustandekommen sportlicher Leistung zu eröffnen (Backhausen & Thommen, 2003).
  - Macht es Sinn, das leistungsbestimmende Zusammenwirken biologischer, psychischer und sozialer Prozesse in der ihnen jeweils eigenen Logik, Qualität und Komplexität weiterhin aus dem tradierten Leistungsverständnis *auszuklammern* und stattdessen – in Ursache und Wirkung naiv bis unverstandene – psychische Prozesse primär an eine *sportpsychologische Betreuung* abzu delegieren?
  - Bleibt für Bundestrainer die Welt *weicher Wirklichkeiten* weiterhin nahezu unzugänglich, weil ihnen mit der Verlagerung von Daten und Objektivität in Richtung spürbarer Unberechenbarkeit und Kontingenz zu viel *Kontrolle* verloren geht?[3]

Vor dem Hintergrund dieser Fragen sei dem Deutschen-Hockey-Bund, vor allem dem Trainerstab der Danas und den Spielerinnen gedankt, dass sie sich eigeninitiativ auf ein Terrain gewollter Verunsicherung begeben haben und sich trotz damit verbundener Mehrbelastungen und Irritationen nicht vom Gewinn der Bronzemedaille in Rio haben abbringen lassen.[4]

2 vergl. Backhausen & Thommen, 2003: 87 ff).

3 Dabei wirkt es vor Hintergrund der DOSB-Initiative zur „Schlüsselfigur Trainer" nahezu paradox, dass dieser zukünftig seine Leistungssteuerung entlang einer exakt definierten Anzahl und Analyse von *Erfolg garantierenden* Variablen und Kriterien leisten muss! (siehe die von BMI und DOSB gemeinsam erstellte Leistungssport-Reform).

4 Ebenso Dank dem Bundesinstitut für Sportwissenschaft, dass es dem Auftrag des DHB mit einem Serviceprojekt gefolgt ist und den Verfasser bei der „Verwissenschaftlichung" seines Ansatzes gefördert hat.

6 Literatur

Backhausen, W. & Thommen, J.-P. (2003). *Coaching. Durch systematisches Denken zu innovativer Personalentwicklung*. Wiesbaden: Gabler.

Foerster, von, H. & Floyd, Ch. (2008). Systemik oder: Zusammenhänge sehen. In B. von Mutius (Hrsg.), *Die andere Intelligenz. Wie wir morgen denken werden* (S. 57-74). Stuttgart: Klett-Cotta.

Glasersfeld, von, E. (1998). *Radikaler Konstruktivismus*. Frankfurt: Suhrkamp.

Klöckner, W. (2012). „Denn wir wissen nicht, was wir tun". Zeiten der Umbrüche suchen auch im Leistungssport andere Wege. Ein Erfahrungsbericht. *Leistungssport, 3*, 12-16.

Klöckner, W. (2013): *NextTrain 2013: Wohin erweitern sich die Kompetenzprofile von Trainern, wenn sie sich als Umwelten ihrer Mannschaften verstehen (lernen)? Von der Rationalität zur Intelligenz: Beobachtungen eines „Practicing Theoretican"*. Vortrag beim 4. BISp-Symposium „Theorie trifft Praxis. Erfolgsfaktor Trainer: Bausteine erfolgreichen Trainerhandelns im Nachwuchs- und Spitzensport", 29.-30. April 2013 in Brühl.

Klöckner, W. (2017). *Systemisches Prozess-Coaching. Von der Praxis für die Theorie.* Vortrag beim 6. BISp-Symposium „Zwischen Sportplatz und Labor – Universitäten als Partner des Spitzensports", 13.-14. März 2017 in Kamen.

Willke, H. (2004). *Einführung in das systemische Wissensmanagement*. Heidelberg: Carl-Auer.

Erstellung und Erprobung einer Konzeption zur Trainerteamentwicklung in der Deutschen Triathlon Union (DTU)

(AZ 072072/16-17)

Ralf Brand (Projektleitung), Ole Benthien & Birte Steven-Vitense
Universität Potsdam, Professur für Sportpsychologie

1 Einführung

Die innerhalb der Leistungssportstrukturen eines Spitzenverbandes tätigen Trainer sind im Regelfall funktional und strukturell in Trainerteams organsiert. Die Relevanz einer genauen Betrachtung dieser Trainerteams von Seiten eines Spitzenverbandes liegt in ihrer zentralen Rolle für den Gesamterfolg einer Nationalmannschaft. Auch wenn autonomes Handeln und das Verantworten und Vertreten von Entscheidungen ein wichtiger und grundliegender Teil der individuellen Trainerrolle ist, so ist für den Gesamterfolg einer Nationalmannschaft (und damit eines Spitzenverbandes) die Kooperation und Kommunikation des Trainerteams entscheidend (vgl. Kleinert & Schubert, 2011). Schließlich bilden Zusammenarbeit und Absprache u. a. die Grundlagen für die Organisation und Durchführung des Trainingsalltages, von Lehrgängen, sowie von Wettkampfvorbereitungen und -durchführungen (ebd.). Nichtsdestotrotz sind mangelnde Kooperation und unzureichende Kommunikation u. a. zwischen Bundes- und Heimtrainern ein in der Praxis weit verbreitetes Phänomen (Frester, 1998). Beobachtungen aus der sportpsychologischen Betreuung bei Großereignissen bestätigen diese Annahmen (Langenkamp, 2008; Mickler, 2008).

Erschwerende Rahmenbedingungen für erfolgreiche Kooperation und Kommunikation sind z. B. mehrdeutige Rollen- und Funktionszuschreibungen sowie Überschneidungen in Befugnissen und Verantwortungsbereichen. Diese Gemengelage ist häufig in heterogenen Trainerteams rund um eine Nationalmannschaft zu finden (vgl. Kleinert & Schubert, 2011). Zudem bewegen sich die einzelnen Trainer angesichts der knappen Ressource Erfolg ständig im Spannungsfeld zwischen Teamplayer auf der einen und Individualist auf der anderen Seite. Kleinert & Schubert (ebd., S.243) weisen darauf hin, dass diese Dopplung oft zu Friktionen, Ärger, Frustration oder Enttäuschung führt. Dies sei nicht zuletzt bedingt durch dysfunktionale Kommunikationsprozesse.

Damit steht die Thematik Kooperation und Kommunikation in Trainerteams in einem engen Zusammenhang zur individuellen Trainerzufriedenheit. Eine systematische und nachhaltige Verbesserung der Kooperations- und Kommunikationsstrukturen und -prozesse in Trainerteams stellt somit nicht nur eine Reserve für die Verbandsentwicklung dar, sondern kann auch zur psychischen Gesundheit der Trainer beitragen (Altfeld & Kellmann, 2013).

Die *Thematik Trainerteamentwicklung in Spitzenverbänden* hat in der wissenschaftlichen Auseinandersetzung jedoch bislang nur eine randständige Rolle gespielt. Wissenschaftliche Arbeiten fokussieren bis dato eher Kommunikation und Kooperation in der Trainer-Athlet-Beziehung und nicht in Trainerteams. In der Praxis des Leistungssports ist die Thematik allerdings hoch relevant, wie bereits eingangs skizziert. Ziel des Vorhabens war es daher, eine Konzeption zur Trainerteamentwicklung rund um die Triathlon-Nationalmannschaft (Olympische Distanz) zu erarbeiten, zu operationalisieren und in ersten Schritte in die Praxis zu implementieren.

2 Methode

Sportpsychologische Konzepte sind immer spezifisch, d. h. sie sind auf ganz bestimmte Lebenswelten konkreter Zielgruppen bezogen. Daher bedarf es für die Erstellung eines Konzeptes einer vorgängigen, differenzierten Situationsanalyse. In dem hier vorliegenden Fall entsprach einer Situationsanalyse die Bestandsaufnahme und -bewertung der Kooperations- und Kommunikationsrealitäten des Trainerteams rund um die Triathlon-Nationalmannschaft (Olympische Distanz). Unter Kooperations- und Kommunikationsrealitäten wurden dabei beispielsweise alle diesbezüglich bestehenden Strukturen (z. B. Trainersitzungen), Inhalte (z. B. Themen, über die kommuniziert wird) und Prozesse (z. B. Weitergabe von Informationen) subsumiert. Zusätzlich wurden die Zufriedenheit mit dieser Kooperations- und Kommunikationsrealität sowie die Erwartungen an gelingende Kooperations- und Kommunikationsprozesse erfasst.

Zur Erfassung wurde auf Methoden der qualitativen Sozialforschung zurückgegriffen. Als spezifische Erhebungsmethoden kamen Experteninterviews sowie teilnehmende Beobachtung zum Einsatz (u. a. Bogner, Littig & Menz, 2014; Lüders, 2001). Das Experteninterview wurde als leitfadengestütztes offenes Interview durchgeführt, mit einem Aufnahmegerät aufgezeichnet und anschließend transkribiert (vereinfachte Transkription). Die Auswertung der erhobenen Daten erfolgte in Anlehnung an die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (u. a. Gläser & Laudel, 2004).

Insgesamt nahmen 9 Trainer bzw. Trainerinnen an den Experteninterviews teil. Die Gruppe umfasste 4 Bundestrainer, 3 Bundesnachwuchsstützpunkttrainer bzw. -trainerinnen, 1 Landestrainer sowie 1 Diagnosetrainerin. Zum Zeitpunkt der Erhebung wurden ungefähr 90 % der U23 und Elite-Bundeskaderathleten sowie viele Nachwuchsathleten von diesen Trainern und Trainerinnen trainiert (Stand Juli 2016).

3 Ergebnisse

Die wichtigsten Ergebnisse zu den erfassten Dimensionen sollen hier überblicksartig dargestellt werden.

Strukturen: Für die Leistungsbereiche Nachwuchs und U23/Elite stellten sich jeweils eigenständige informelle Kommunikationsstrukturen heraus. Für den Nachwuchsbereich lässt sich eine netzwerkartige Struktur, ausgehend vom Bundestrainer Nachwuchs als zentraler Figur, beschreiben. Die Kommunikationsstrukturen des U23/Elite-Bereichs sind hingegen inselförmig an einen Standort geknüpft. Die Struktur dieser Kommunikationsinsel kann durchaus als closed shop d. h. als (relativ) undurchlässig bezeichnet werden (siehe z. B. Brauneret al., 2001, 151).

Inhalte: Neben den offensichtlichen Themen wie Trainings- und Wettkampfplanung spielen auch verdeckte d. h. nicht offen kommunizierte Themen als Einflussgröße eine entscheidende Rolle. Ein häufig genanntes verdecktes Thema ist die Konkurrenz untereinander.

Prozesse: Im Kontext der Prozesse wurde insbesondere die zentrale Rolle und Notwendigkeit lückenloser und transparenter top-down Kommunikation hervorgehoben.

Zufriedenheit: Die Kooperations- und Kommunikationsrealitäten zum Zeitpunkt der Erhebung wurden von allen Befragten als unbefriedigend und somit als verbesserungswürdig erlebt. In einem Interview kam das Verbesserungspotential treffend zum Ausdruck „Da steckt noch ne Menge drin für das Team Triathlon-Deutschland!“ (Interview I2). Die Entwicklung eines Gefühls der Zugehörigkeit im Trainerteam als ein Indikator für Zufriedenheit wurde einstimmig bestätigt.

Erwartungen an gelingende Kommunikation und Kooperation: Als Faktoren, die gelingende Kommunikation begünstigen, waren für die Befragten insbesondere Aspekte des Umgangs und der Haltung zentral: Offenheit, Vertrauen, Ehr-

lichkeit, Fairness und Transparenz. Weiterhin braucht gelingende Kommunikation ihrer Meinung nach klare Regeln, Regelmäßigkeit, Verbindlichkeit und Führung. Ebenso tragen klare Aufgaben-, Rollen- und Funktionszuschreibungen zum Gelingen bei. Gelingende Kooperation basiert der Befragung nach stark auf der Passung auf der persönlichen Ebene, nämlich der Sympathie der Beteiligten. Darüber hinaus sind Vertrauen und Wertschätzung wichtig. Ein sicherer Arbeitsplatz sowie ein gemeinsames Ziel sind ebenfalls förderlich für eine gelingende Zusammenarbeit.

4 Ergebnisverarbeitung und Evaluation

Im Rahmen der DTU-Nachwuchstrainertagung im Oktober 2016 wurden die Ergebnisse der Erhebung intern vorgestellt und diskutiert. In der Diskussion kam es bereits zu einer ersten Aufarbeitungsphase der Ergebnisse. Die durchführende Sportpsychologin schärfte in diesem Kontext den Blick für eine ressourcen- und lösungsorientierte Herangehensweise: anstatt in einer umfänglichen Fehleranalyse in der Vergangenheit zu verharren, galt es immer wieder, nach zukunftsfähigen Lösungen zu suchen.

Die Ergebnisse der Erhebung wurden in eine (Arbeits-)Konzeption überführt. Die Konzeption enthält Beschreibungen der wichtigsten Themenfelder, der Beratungs- und Arbeitsformen im Saisonverlauf (neben Team-Workshops wird ein begleitendes individuelles Coaching der Trainer – eine Art Supervision – vorgeschlagen), Arbeitsumfänge (Minimum), Ansätze zur Rolle bzw. zum Einbezug des Präsidiums, Ansätze zur Rolle des Sportpsychologen. Ebenso werden die Grundhaltung des ressourcen- und lösungsorientiertes Arbeitens unter Berücksichtigung der Ansätze zur lernenden Organisation sowie die Entwicklung von Praxismaterialien erörtert (z. B. für ein Handbuch Trainerteamentwicklung; Fallbeispiele für die Trainerausbildung in dieser Thematik).

Als Kick-off für die ersten Erprobungsschritte der Konzeption wurde im Oktober 2016 eine 3-tägige Klausurtagung mit einem kleinen Kernteam (Bundestrainer, Bundesstützpunkttrainer; N = 4) sowie dem Vizepräsidenten Leistungssport als Vertreter des Präsidiums durchgeführt. Neben (klassischen) teambildenden Aktionen in Form eines Bowlingabends sowie dem Besuch eines sogenannten Exit- oder Escape-Rooms (das Team hat 1 Stunde Zeit sich mit Hilfe von im Raum versteckten Hinweisen aus dem Raum zu befreien), hatte die durchführende Sportpsychologin mehrere Workshop-Sessions im Seminarraum vorbereitet und moderiert (Basisthemen: Klärung der Erwartungen an die unterschiedlichen Rollen, Entwicklung gemeinsames Ziel/Vision/Leistungsphilosophie, Selbst-/Fremdbild, Grundlagen der Kommunikation: Strukturen, Inhalte, Prozesse).

Die ersten Umsetzungsschritte wurden von allen beteiligten Akteuren als positiv und gewinnbringend bewertet.

5 Einordnung und Ausblick

Das Projekt konnte einen Beitrag zur sportpsychologischen Strukturentwicklung sowie zur Optimierung interner Prozesse in der DTU leisten. Das Bewusstsein für die hohe Relevanz von Trainerteamentwicklung/Trainerteamcoaching als einem Baustein zur Erhöhung der Erfolgswahrscheinlichkeit und der Notwendigkeit einer professionellen Bearbeitung von eben diesem ist nunmehr vorhanden. Dies belegt auch die Aufnahme der Thematik in die sportpsychologische Verbandskonzeption 2017-2020 (Stand Dezember 2016; eine Feinjustierung des Bausteins erfolgt im Laufe des Jahres 2017 in Abstimmung mit dem neuen Sportdirektor).

Über den verbandsspezifischen Nutzen hinaus will das Projekt zudem Impulse für einen wissenschaftlich fundierten Expertendiskurs zur (stärkeren) Verankerung der Trainerteamentwicklung/des Trainerteamcoachings in den sportpsychologischen Verbandskonzeptionen

geben. Dieser Diskurs beinhaltet zwangsläufig die Reflexion der Rolle von Sportpsychogen in der Arbeit in Spitzenverbänden. Die sportpsychologische Arbeit im Bereich der Trainerteamentwicklung befindet sich an der Schnittstelle zur Organisationsberatung und eröffnet demnach Möglichkeiten der Profilerweiterung. Die Rolle des Sportpsychologen als Moderator und Impulsgeber kann im Rahmen der Trainerteamentwicklung gestärkt oder gar eröffnet werden. Der Mehrwert dieser Rolle ist den Akteuren in Spitzenverbänden oft noch gar nicht bewusst.

6 Literatur

Altfeld, S. & Kellmann, M. (2013). Burnout bei Trainern. Ein Review. *Zeitschrift für Sportpsychologie, 20* (2), 47-58.

Bogner, A., Littig, B. & Menz, W. (2014). *Interviews mit Experten: Eine praxisorientierte Einführung*. Berlin Heidelberg: Springer.

Brauner, D., Leitolf, J., Raible-Besten, R. & Weigert, M. (2001). *Lexikon der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit*. München Wien: Oldenbourg.

Frester, R. (1998). Erfolgreiches Coaching – aber wie? In: Deutsche Vereinigung für Sportwissenschaft/Kommission Fußball (Hrsg.), *Sportwissenschaft rund um den Fussball: 12. Jahrestagung der dvs-Kommission Fussball vom 22.-29.9.1996 in München; Beiträge und Analysen zum Fussballsport IX (*S. 173-181). Hamburg: Czwalina.

Gläser, J. & Laudel, G. (2004). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als instrumente rekonstruierender Untersuchungen*. Stuttgart: UTB.

Kleinert, J. & Schubert, N. (2011). Trainerteamentwicklung für den Deutschen Turner-Bund. In: Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), *BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2010/11* (S. 243-247). Köln: Sportverlag Strauß.

Langenkamp, H. (2008). Sportpsychologische Betreuung der Olympiamannschaft – Teil Leichtathletik – bei den Olympischen Spielen in Peking 2008. In G. Neumann (Hrsg.), *Sportpsychologische Betreuung des deutschen Olympia- & Paralympicsteams 2008* (S. 35-53). Köln: Sportverlag Strauß.

Lüders, C. (2001). Teilnehmende Beobachtung. In R. Bohnsack, W. Marotzki & M. Meuser (Hrsg.), *Hauptbegriffe Qualitativer Sozialforschung* (S. 151-153). Oplanden: Springer.

Mickler, W. (2008). Sportpsychologische Arbeit und Betreuung in den Sportarten Ringen und Teakwondo. In G. Neumann (Hrsg.), *Sportpsychologische Betreuung des deutschen Olympia- & Paralympicsteams 2008* (S. 107-113). Köln: Sportverlag Strauß.

WVL-Projekte

Optimierung von Training und Wettkampf – Regenerationsmanagement im Spitzensport („REGman“)

(AZ 081901/12-16)

Tim Meyer[1] (Projektleitung), Anne Hecksteden[1], Sabrina Skorski[1], Jan Schimpchen[1]
Alexander Ferrauti[2] (Projektleitung), Thimo Wiewelhove[2], Christoph Schneider[2],
Alexander Döweling[2] Michael Kellmann[3] (Projektleitung), Sarah Kölling[3], Maximilian Pelka[3]
Mark Pfeiffer[4] (Projektleitung), Christian Rasche[4] & Stefan Endler[4]

[1] Institut für Sport- und Präventivmedizin der Universität des Saarlandes
[2] Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Sportwissenschaft, Lehrstuhl für Trainingswissenschaft
[3] Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Sportwissenschaft, Lehrstuhl für Sportpsychologie
[4] Universität Mainz, Institut für Sportwissenschaft, Abteilung Theorie und Praxis der Sportarten

Das Wissenschaftliche Verbundprojekt „Optimierung von Training und Wettkampf - Regenerationsmanagement im Spitzensport“ mit dem Kurztitel „REGman“ wurde Ende 2012 begonnen und befasste sich im Förderzeitraum bis Ende 2016 mit der adäquaten Diagnostik von Ermüdungszuständen und Erholungsbedarf sowie verschiedenen Maßnahmen zur Unterstützung der Regeneration. Dabei wurden die Prioritäten gesetzt anhand der Ergebnisse einer Umfrage in der Sportpraxis (Verbände, Olympiastützpunkte etc.), die bereits zum Bewerbungszeitpunkt vorlag. Aufgrund der Komplexität des Projekts, das mehr als 15 einzelne wissenschaftliche Untersuchungen beinhaltete, können hier nur die wichtigsten Untersuchungsstränge im Überblick dargestellt werden. Für detaillierte Resultate muss auf die im Auftrag des BISp erstellte Broschüre „Regenerationsmanagement im Spitzensport – REGman – Ergebnisse und Handlungsempfehlungen“ (Download über die Homepage des BISp möglich) sowie auf die u. a. Originalpublikationen (eine Übersicht ist unter www.regman.org zu finden) verwiesen werden.

Nach administrativen Vorarbeiten sowie Schritten zur Methodenparallelisierung zwischen den beteiligten Standorten erfolgten zunächst einige Ergänzungen des erforderlichen Methodeninventars (u. a. um die psychometrischen Akut- und Kurzskalen für Erholung und Beanspruchung – AEB und KEB). Der erste Hauptuntersuchungsabschnitt wurde multizentrisch realisiert und ermöglichte die Definition eines sensitiven und belastungsformspezifischen Diagnostikinventars, um Erholung und Beanspruchung zu erfassen. Es besteht aus psychometrischen, physiologischen, neuromuskulären und sportmotorischen (Surrogat-) Parametern. Um das Inventar optimal zu nutzen, empfiehlt sich eine inhaltliche Analyse der Beanspruchungsstruktur einzelner Disziplinen nach den Komponenten Langzeitausdauer, intervallartige Belastungen und Kraft/Schnellkraft. Denn aus offensichtlichen Gründen konnten nicht für alle relevanten Sportarten separate Studien durchgeführt werden.

Die Parameter des Diagnostikinventars wurden in zahlreichen Teilmodulen des zweiten Hauptuntersuchungsabschnittes eingesetzt, um zunächst die isolierte Wirksamkeit praxisüblicher Regenerationsinterventionen wie aktive Erholung, Schlaf/Power Naps, Kälteapplikation, Massage, Kompressionskleidung und Psychoregulation zu überprüfen. Es erfolgte zudem eine kombinierte Anwendung verschiedener Regenerationsverfahren in einem aus der Sportpraxis üblichen Verabreichungsmuster. Flankierend wurde in zwei Trainingsstudien über mehrere Wochen (zu Kraft und Ausdauer) auch der Einfluss regenerativer Verfahren auf die Trainingsadaptation überprüft, zumal Hinweise und auch Plausibilität existieren, dass regenerativ wirksame Maßnahmen Trainingsanpassungen negativ beeinflussen können.

Die Kernresultate lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Eine Diagnostik von Ermüdung und Erholungsbedarf an Leistungssportlern muss individualisiert erfolgen. Pauschale Schwellen- oder Grenzwerte sind für nahezu keinen Zielparameter sinnvoll.
- Die Auswahl der diagnostischen Zielparameter muss unter Berücksichtigung sportartspezifischer Beanspruchungs- und Trainings-/Wettkampfstrukturen erfolgen. Dies gilt sowohl in inhaltlicher als auch in zeitlicher Hinsicht.
- Bei leistungssportlich Trainierenden zeigen viele gebräuchliche Regenerationsinterventionen im Durchschnitt keinen sicheren oder nur einen sehr kleinen Effekt.
- Auch für regenerationsfördernde Maßnahmen ist insofern ein individualisierender Ansatz (Responder vs. Non-Responder, Definition günstiger Rahmenbedingungen etc.) zu empfehlen.

Als Konsequenz aus diesen Befunden verfolgten wir in einem ursprünglich nicht beantragten Parallelstrang die Individualisierung der erprobten Verfahren sowohl im Rahmen der Diagnostik als auch im Rahmen der Regenerationsintervention. Unter dieser Zielsetzung wurden mittels zeitreihenstatistischer und modellierender methodischer Ansätze sowie durch die Programmierung individualisierter Datenerfassungssysteme wesentliche Fortschritte erzielt. Parameter und diagnostischer Marker der Erholtheit durchgeführt werden kann. Ein in diesem Rahmen entstandenes wichtiges Produkt ist die Online-Plattform „REGmon“ (Regenerationsmanagement durch Athletenmonitoring), über die relevante Belastungs- und Beanspruchungsparameter sowie diagnostische Marker der Erholtheit erfasst und ausgewertet werden können.

Ein zentrales Projektanliegen bestand im Transfer handlungsunterstützender Erkenntnissen zum Regenerationsmanagement in die Sportpraxis. Im Rahmen von Traineraus- und -weiterbildungsmaßnahmen der Sportfachverbände hat das REGman-Projektteam in den letzten vier Jahren ca. 20 Beiträge geleistet (u. a. Deutscher Fußball Bund, Bund Deutscher Radfahrer, Deutscher Ruderverband e.v., Deutscher Schwimm-Verband e. V., Deutscher Behindertensportverband).

Aus dem Projekt generierte Publikationen

(Stand 21.05.2017)

in Begutachtung/in Revision befindliche Manuskripte

Hammes, D., Skorski, S., Schwindling, S., Ferrauti, A., Pfeiffer, M., Kellmann, M., Hoos, O. & Meyer, T. (eingereicht). Heart rate variability to monitor training load and fatigue during a simulated training camp in trained cyclists. Manuscript submitted for publication.

Hitzschke, B., Wiewelhove, T., Raeder, C., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M., Kellmann, M. & Kölling, S. (in Revision). The sensitivity of psychological measures during a shock-microcycle in strength and high-intensity interval training. *Performance enhancement & health*.

Zinner, C., Pelka, M., Kellmann, M., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Sperlich, B. (eingereicht). *Responses of low and high compression during recovery after repeated sprint training in well-trained handball players*. Manuscript submitted for publication.

in Druck

Hecksteden, A., Pitsch, W., Julian, R. A., Pfeiffer, M., Kellmann, M., Ferrauti, A. & Meyer, T. (in Druck). A new method to individualize monitoring of muscle recovery in athletes. *International journal of sports physiology and performance*. [Epub ahead of print] DOI: 10.1123/ijspp.2016-0120

Kölling, S., Treff, G., Winkert, K., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Kellmann, M. (in Druck). The effect of westward travel across five time-zones on sleep and subjective jet-lag ratings in athletes before and during the 2015's World Rowing Junior Championships. *Journal of sports sciences*. [Epub ahead of print] DOI: 10.1080/02640414.2016.1265141

Nässi, A., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Kellmann, M. (in Druck). Psychological tools used for monitoring training responses of athletes. *Performance enhancement & health*. [Epub ahead of print] DOI: 10.1016/j.peh.2017.05.001

Nässi, A., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Kellmann, M. (in Druck). Development of two short measures for recovery and stress in sport. *European journal of sport science*. [Epub ahead of print] DOI: 10.1080/17461391.2017.1318180

Raeder, C., Wiewelhove, T., Schneider, C., Döweling, A., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Ferrauti, A. (in press). Effects of active recovery following high-intensity training sessions on muscle function in elite Olympic weightlifters? *Advances in skeletal muscle function assessment*.

Schimpchen, J., Wagner, M., Ferrauti, A., Kellmann, M., Pfeiffer, M. & Meyer, T. (in Druck). Cold water immersion enhance recovery in elite Olympic weightlifters? – An Individualized Perspective. *Journal of strength and conditioning research*. [Epub ahead of print] DOI: 10.1519/JSC.0000000000001591

2017

Julian, R. A., Meyer, T., Fullagar, H. H. K., Skorski, S., Kellmann, M., Pfeiffer, M., Ferrauti, A. & Hecksteden, A. (2017). Individual patterns in blood-borne indicators of fatigue – Trait or chance. *Journal of strength and conditioning research, 31*, 608-619.

Pelka, M., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Kellmann, M. (2017). How does a short, interrupted recovery break affect performance and how is it assessed? A study on acute effects. *International journal of sports physiology and performance, 12* (2), S2114-S2121.

Pelka, M., Kölling, S., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Kellmann, M. (2017). Psychological relaxation between two physical tasks. *Journal of sports sciences, 35*, 216-223.

2016

De Paula Simola, R. A., Raeder, C., Wiewelhove, T., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Ferrauti, A. (2016). Muscle mechanical properties of strength and endurance athletes and changes after one week of intensive training. *Journal of electromyography and kinesiology, 30*, 73-80.

Fullagar, H. H., Duffield, R., Skorski, S., White, D., Bloomfield, J., Kölling, S. & Meyer, T. (2016). Sleep, travel and recovery responses of national footballers during and following long-haul international air travel. *International journal of sports physiology and performance, 11*, 86-95.

Hammes, D., Skorski, S., Schwindling, S., Ferrauti, A., Pfeiffer, M., Kellmann, M. & Meyer, T. (2016). Can the Lamberts and Lambert submaximal cycle test (LSCT) indicate fatigue and recovery in trained cyclists? *International Journal of sports physiology and performance, 11*(3), 328-336.

Hecksteden, A., Leidinger, P., Backes, C., Rheinheimer, S., Pfeiffer, M., Ferrauti, A., Kellmann, M., Sedaghat, F., Meder, B., Meese, E., Meyer, T. & Keller, A. (2016). miRNAs and sports: Tracking training status and potentially confounding diagnoses. *Journal of translational medicine, 14*, 219.

Hecksteden, A., Skorski, S., Schwindling, S., Hammes, D., Pfeiffer, M., Kellmann, M., Ferrauti, A. & Meyer, T. (2016). Blood-borne markers of fatigue in competitive athletes – Results from simulated training camps. *PLOS ONE, 11* (2), e0148810. doi: 10.1371/journal.pone.0148810

Hitzschke, B., Holst, T., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Kellmann, M. (in Druck). Entwicklung des Akutmaßes zur Erfassung von Erholung und Beanspruchung im Sport. *Diagnostica, 62* (4), 212–226.

Kellmann, M., Kölling, S. & Hitzschke, B. (2016). *Das Akutmaß und die Kurzskala zur Erfassung von Erholung und Beanspruchung im Sport – Manual*. Hellenthal: Sportverlag Strauß.

Kölling, S., Endler, S., Ferrauti, A., Meyer, T. & Kellmann, M. (2016). Comparing subjective with objective sleep parameters via multi-sensory actigraphy in physical education students. *Behavioral sleep medicine, 14*, 389-405.

Kölling, S., Ferrauti, A., Pfeiffer, M., Meyer, T. & Kellmann, M. (2016). Sleep in sports: A short summary of alterations in sleep/wake patterns and the effects of sleep loss and jet-lag. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 67*, 35-38.

Kölling, S., Pfeiffer, M., Meyer, T., Ferrauti, A. & Kellmann, M. (2016). Erholtheitsdiagnostik im Leistungssport. *Leistungssport, 46* (4), 22-25.

Kölling, S., Steinacker, J. M., Pfeiffer, M., Ferrauti, A., Meyer, T. & Kellmann, M. (2016). The longer the better: Sleep/wake patterns during preparation of the World Rowing Junior Championships. *Chronobiology international, 33* (1), 73-84.

Kölling, S., Wiewelhove, T., Raeder, C., Endler, S., Ferrauti, A., Meyer, T. & Kellmann, M. (2016). Sleep monitoring of a six-day microcycle in strength and high-intensity training. *European journal of sport science, 16*, 507-515.

Meyer, T., Ferrauti, A., Kellmann, M. & Pfeiffer, M. (2016). *Regenerationsmanagement im Spitzensport*. Köln: Sportverlag Strauß.

Pelka, M., Heidari, J., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Kellmann, M. (2016). Relaxation techniques in sports: A systematic review on acute effects on performance. *Performance enhancement & health, 5* (2), 47-59.

Poppendieck, W., Wegmann, M., Ferrauti, A., Kellmann, M., Pfeiffer, M. & Meyer, T. (2016). Massage and performance recovery: A meta-analytical review. *Sports medicine, 46*, 183-204.

Raeder, C., Wiewelhove, T., De Paula Simola, A. R., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Ferrauti, A. (2016). Assessment of fatigue and recovery in male and female athletes following six days of intensified strength training. *Journal of strength and conditioning research, 30* (12), 3412-3427.

Raeder, C., Wiewelhove, T., Westphal-Martinez, M. P., Fernandez-Fernandez, J., De Paula Simola, A. R., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Ferrauti, A. (2016). Neuromuscular fatigue and physiological responses after five dynamic squat exercise protocols. *Journal of strength and conditioning research, 30* (4), 953-965.

Wiewelhove, T., Fernandez-Fernandez, J., Raeder, C., Kappenstein, J., Meyer, T., Kellmann, M., Pfeiffer, M. & Ferrauti, A. (2016). Acute responses and muscle damage in different high-intensity interval running protocols. *Journal of sports medicine and physical fitness, 56* (5), 606-615.

Wiewelhove, T., Raeder, C., Meyer, T., Kellmann, M., Pfeiffer, M. & Ferrauti, A. (2016). Effect of repeated active recovery during a high-intensity shock microcycle on markers of fatigue. *International journal of sports physiology and performance, 11* (8), 1060-1066.

2015

de Paula Simola, R. A., Harms, N., Raeder, C., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer & M., Ferrauti, A. (2014). Assessment of neuromuscular function after different strength training protocols using tensiomyography. *Journal of strength & conditioning research, 29* (5), 1339-1348.

De Paula Simola, R. A., Harms, N., Raeder, C., Kellmann, M., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Ferrauti, A. (2015). Tensiomyography reliability and prediction of changes in muscle Fforce after eccentric strength exercise using muscle mechanical properties. *Sports technology, 8* (1-2), 58-66.

Hitzschke, B., Kölling, S., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Kellmann, M. (2015). Entwicklung der Kurzskala zur Erfassung von Erholung und Beanspruchung im Sport (KEB). *Zeitschrift für Sportpsychologie, 22*, 146-161.

Kölling, S., Hitzschke, B., Holst, T., Ferrauti, A., Meyer, T., Pfeiffer, M. & Kellmann, M. (2015). Validity of the Acute Recovery and Stress Scale – Training monitoring of the German Junior National Field Hockey Team. *International journal of sports science & coaching, 10*, 529-542.

Skorski, S., Hammes, D., Schwindling, S., Veith, S., Pfeiffer, M., Ferrauti, A., Kellmann, M. & Meyer, T. (2015). Effects of training induced fatigue on pacing patterns in 40 km cycling time trials. *Medicine & science in sports & exercise, 47* (3), 593-600.

Wiewelhove, T., Raeder, C., Meyer, T., Kellmann, M., Pfeiffer, M. & Ferrauti, A. (2015). Markers for routine assessment of fatigue and recovery in male and female team sport athletes during high-intensity interval training. *PLOS ONE, 10* (10), e0139801. DOI:10.1371/journal.pone.0139801

2014

Meyer, T., Wegmann, M., Poppendieck, W. & Fullagar, H. H. (2014). Regenerative interventions in professional football. *Sportorthopädie und Sporttraumatologie, 30*, 112-118.

2013

Meyer, T., Kellmann, M., Ferrauti, A., Pfeiffer, M. & Faude, O. (2013). Die Messung von Erholtheit und Regenerationsbedarf im Fußball. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 64*, 28-34.

Poppendieck, W., Faude, O., Wegmann, M. & Meyer, T. (2013). Cooling and performance recovery of trained athletes: A meta-analytical review. *International journal of sports physiology and performance, 8* (3), 227-242.

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: 978-3-86884-634-8