



Bundesinstitut
für Sportwissenschaft



Wir helfen
dem Sport

BISp-Forschungsförderung 2022/23

2022/23

Bundesinstitut für Sportwissenschaft

BISp-Forschungsförderung 2022/23

Impressum

Herausgeber

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

Ansprechpartnerin

Ilona Roberts
Tel.: 0228 99 640 9020
E-Mail: ilona.roberts@bisp.de

Stand

Dezember 2023

BISp-Forschungsförderung 2022/23

ISBN 978-3-96523-098-9

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

Dem BISp obliegt auf Basis des Errichtungserlasses (Stand 2023) als Kernaufgabe die Förderung wissenschaftlicher Forschungsvorhaben auf dem Gebiet des deutschen Leistungssports. Hierunter fallen die Ermittlung von Forschungsbedarf, die Initiierung, Förderung und Koordinierung von Forschungsvorhaben, die Bewertung der Forschungsergebnisse sowie der zielgruppenorientierte Transfer von Forschungsergebnissen in die Wissenschaft, Sportpraxis und Politik.

Die vom BISp geförderten Forschungsvorhaben beziehen sich auf die Bereiche Spitzensport einschließlich Nachwuchsförderung und Talentsuche, Sportgeräte, Sportstätten, Dopingbekämpfung, Integration, Rassismus, Rechtsextremismus, Diskriminierungen sowie auf Fragestellungen zur Sportentwicklung, die für die Bundesrepublik Deutschland als Ganzes von Bedeutung sind und durch ein Bundesland allein nicht wirksam gefördert werden können.

Die Weiterentwicklung der Forschungsförderung erfolgt in enger Abstimmung und im regelmäßigen Dialog mit dem [Wissenschaftlichen Beirat des BISp](#) und den Partnern aus Sport und Wissenschaft.

Seit 1997 erscheinen jährlich Forschungsförderungsberichte, in denen die Ergebnisse der abgeschlossenen Forschungsvorhaben des BISp in Kurzform dargestellt werden. „Abgeschlossen“ bezieht sich dabei stets auf das Ende der finanziellen Förderung durch das BISp. Der Transfer von Forschungsergebnissen reicht oft weit über diesen Zeitraum hinaus.

Im Bereich der Medizin und Naturwissenschaft ist das Kopfballschlag und das damit u.U. verbundene Schädel-Hirn-Trauma (SHT) immer noch ein großes Thema. Neben der Fokussierung auf den Spitzensport und die Frage, wie ein humaner Leistungssport gestaltet werden kann, wurden in den vergangenen Jahren auch zunehmend Themenfelder von gesamtgesell-

schaftlicher Relevanz in den Blick genommen. Die Themen Dopingprävention im (Nachwuchs-)Leistungssport, aber auch der Aspekt der psychischen Gesundheit von Sportlerinnen und Sportlern werden in der Öffentlichkeit immer wieder stark diskutiert und spiegeln sich dementsprechend auch in den geförderten Projekten wider. Weiterhin relevant sind die Auswirkungen der Corona-Pandemie auf Sport und Gesellschaft sowie das Handlungsfeld der Trainer und Trainerinnen im Leistungssport. Im Bereich der Sportanlagen, Sporttechnologie und Sportökologie rückt die nachhaltige und energieeffiziente Gestaltung von Sportstätten in den Fokus.

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

Die Gliederung nach Aktenzeichen wird auch in dieser Jahrbuch-Ausgabe beibehalten:

- › Medizin und Naturwissenschaften (11 Beiträge),
- › Service-Forschung (6 Beiträge),
- › Sozial- und Verhaltenswissenschaften (9 Beiträge),
- › Sportanlagen, Sporttechnologie und Sportökologie (6 Beiträge).

Die Service-Forschung umfasst zeitlich eng umrissene Projekte und befasst sich mit Forschungs- und Entwicklungsbedarfen, die von den olympischen Bundessportfachverbänden und dem Deutschen Behindertensportverband artikuliert wurden. Sie hat folglich einen ganz klaren Schwerpunkt auf einer kurzfristigen und praxisnahen Umsetzung.

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 den 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.

Andrea Schumacher

Direktorin des Bundesinstituts
für Sportwissenschaft

Inhaltsverzeichnis



Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----------|
| Medizin und Naturwissenschaft | 9 |
| miRNAs und „Mini-Metabolomics“ als potentielle Biomarker für individuelle Effekte bei Nachwuchsleistungssportlern im Mittel- und Langstreckenlauf. | 10 |
| <i>Apl. Prof. Dr. Barbara Munz</i> | |
| NEO Kopfball Projekt: Neuro-ophthalmologische Untersuchungen in der Feld-Diagnostik beim Kopfballspiel | 15 |
| <i>Karsten Hollander (Projektleitung), Dominik Fohrmann, Antje Baumann, William Bouchut, Astrid Junge, Andreas Gonschorek</i> | |
| Effekte eines bilateralen Trainings auf das individualtaktische Angriffsverhalten im Kinderhandball . . . | 21 |
| <i>Stefan König & Elke Uhl</i> | |
| Modellierung der Leistungsstruktur in den olympischen Gewehrdisziplinen Luft- und Kleinkalibergewehr | 28 |
| <i>Sina Spancken, Marian Hoffmann, Müller, S. & Thorsten Stein (Projektleitung)</i> | |
| Individualisierte Trainingssteuerung durch differenzierte Diagnostik von Muskel und Sehne. | 35 |
| <i>Kolja Weidlich, Falk Mersmann & Adamantios Arampatzis (Projektleitung)</i> | |
| Kognitiv-motorisches Interferenztraining zur Verbesserung von spielbezogenen Schnelligkeitsleistungen. | 41 |
| <i>Mark Brinkbäumer (Projektmitarbeiter), Marie-Therese Fleddermann (Projektleiterin) & Karen Zentgraf (Projektleiterin)</i> | |
| Trainingsformen im Hochleistungsbadminton – Systematische Analyse von Belastung und Beanspruchung unter Variation der Belastungsnormative | 52 |
| <i>Antonia Edel, Thimo Wiewelhove & Alexander Ferrauti (Projektleitung)</i> | |
| Diagnostik und Training der Antizipation bei Handballtorhüter:innen | 60 |
| <i>Kim Huesmann¹, PD Dr. Florian Loffing^{1,2}, Prof. Dr. Jörg Schorer¹ (Projektleitung)</i> | |
| Auswirkungen der Variation von Form und Masse von Wurfgeräten auf Energieeintrag und –transfer der oberen Extremitäten im Speerwurf | 66 |
| <i>Hans-Peter Köhler & Maren Witt</i> | |
| Effekte eines niedrig-intensiven Blood Flow Restriction Trainings auf die Ermüdung und Kraftfähigkeit bei Judoka des deutschen Nationalkaders | 71 |
| <i>Dr. Christoph Centner (Projektleitung), Simon Jerger, PD Dr. Benedikt Lauber, Dr. Boris Feodoroff, Dr. Christophe Lambert, Prof. Dr. Albert Gollhofer</i> | |

| | |
|---|------------|
| Individuelle Ermüdung und Erholung von Motoneuronen der Schultermuskulatur im Pistolenschießen | 78 |
| <i>Marius Oßwald, Sebastian Möck, Stefan Müller, Alessandro del Vecchio (Projektleiter)</i> | |
| Service-Forschungsprojekt | 87 |
| Change Prozess an einem Bundesstützpunkt – Weiterentwicklung des Systems für eine Kultur des Hinsehens (ChangeBSP) | 88 |
| <i>Eva Reinschmidt & Dr. Jeannine Ohlert (Projektleitung)</i> | |
| Evaluierung und Optimierung des spezifischen Grundlagenausdauertrainings im Skull-Rudern | 91 |
| <i>K. Winkert, G. Treff, B. Alimoradinasrabadi & J.M. Steinacker (Projektleitung)</i> | |
| Achtsamkeitsbasierte Trainings zur Reduktion von druckbasierten Leistungseinbußen beim Pitching im olympischen Baseball | 96 |
| <i>Projektleitung: Prof. Dr. Chris Englert und Dr. Fabienne Ennigkeit</i> | |
| Entwicklung eines präzisen 3D Posenerkennungssystems für Athleten in Mehrkameraaufnahmen für Weit-, Drei- und Hochsprung sowie eines Prototyps zur Erkennung der relativen 3D Pose aus nur einem Kamerabild | 102 |
| <i>Moritz Einfalt, Katja Ludwig, Prof. Dr. Rainer Lienhart, Dr. Luis Mendoza, Dr. Ioannis Sialis</i> | |
| Reflect yourself - Reflexives Coach-the-Coach im Para-Tischtennis..... | 107 |
| <i>Thorsten Leber (Projektmitarbeiter), Oliver Höner (Projektleitung)</i> | |
| Entwicklung eines Systems zur Messung von Kräften und Kraftverteilungen an einem Wurfstuhl für den paralympischen Wurf und Stoß – FORCEAT | 112 |
| <i>Nils Wieja, Philip Johannes Steinbild, Tom Ehrig, Julia Roediger, Niels Modler (Projektleiter)</i> | |
| Sozial- und Verhaltenswissenschaft | 117 |
| Entwicklung und Evaluation eines wertebasierten Dopingpräventionsprogramms im Nachwuchsleistungssport – Projekt No2Doping | 118 |
| <i>Theresa Manges, Nadja Walter & Anne-Marie Elbe (Projektleitung)</i> | |
| „Das bisschen Instagram ist doch kein Problem“Nutzung digitaler Medien bei NachwuchsleistungssportlerInnen im Zusammenhang mit der psychischen Gesundheit..... | 126 |
| <i>Radha Fiedler, Jahan Heidari & Michael Kellmann (Projektleitung)</i> | |
| Das Fähigkeits- und Anforderungsprofil von Basketball-Bundesligaschiedsrichtern – allgemeine und spezifische Evaluation von physischer und kognitiver Leistung..... | 134 |
| <i>Stefanie Klatt, Karsten Schul, Alessa Schwarting, Robin Schrödter, Frowin Fasold</i> | |
| Ausdauerleistung und Wohlbefinden von Athlet*innen in Zeiten von COVID-19: Entwicklung und Erprobung eines App-basierten Trainings mit Atemübung und Biofeedback | 140 |
| <i>Dr. Uirassu Borges, Dr. Babett Lobinger & PD Dr. Sylvain Laborde</i> | |

| | |
|--|------------|
| Qualifizierung im DOSB: Kompetenzorientierung in der Trainer:innenbildung Leistungssport (QuaTroPLUS) | 145 |
| <i>Annalena Möhrle, Sebastian Liebl & Ralf Sygusch (Projektleitung)</i> | |
| Pädagogische Qualität im Nachwuchsleistungssport: Trainer-Coaching für das frühe Jugendalter und Multiplikatoren-Training. | 152 |
| <i>Alfred Richartz (Projektleiter), Kathrin Kohake & Jessica Maier</i> | |
| Collaboratio: Gesundheit versus sportlicher Erfolg | 159 |
| <i>Moritz Breucker, Annika Steinmann, David Jaitner, Anna Klees, Milena Pippert & Swen Körner</i> | |
| Förderung der Sozialkompetenz von Trainerinnen und Trainern im Deutschen Tischtennis-Bund | 166 |
| <i>Projektleitung: Prof. Dr. Carmen Borggreve, Prof. Dr. Klaus Cachay, Projektmitarbeiter: Andreas Hoffmann</i> | |
| Sportentwicklungsbericht 3.0: Ausgewählte Ergebnisse der Stakeholderbefragungen im Rahmen der 8. Erhebungswelle des „SEB 3.0“ | 170 |
| <i>Christoph Breuer (Projektleitung), Svenja Feiler & Leonie Hauptvogel</i> | |
| Sportanlagen, Sporttechnologie und Sportökologie..... | 177 |
| Bäder für Leistungs-, Wettkampf-, Schul- und Vereinssport: Schaffung valider empirischer Grundlagen für eine Stadt-, Regional- und Sportstättenentwicklung zur Verwirklichung gleichwertiger Lebensverhältnisse („Bäderleben“) | 178 |
| <i>Prof. Dr. Lutz Thieme, Carina Post</i> | |
| Gesunde und energieeffiziente Gestaltung von Sportstätten | 183 |
| <i>Prof. Dr.-Ing. Philip Leistner, Isabel Janowsky, M.Sc.</i> | |
| Entwicklung eines MEMS-basierten Messsystems zur Leistungsdiagnostik im leichtathletischen Staffelsprint (RelaySens). | 189 |
| <i>Dr. Marcus Schmidt (Projektleitung) & Maike Stoeve</i> | |
| Charakterisierung der Performance von fluorfreien Flüssigwachskompositionen verschiedenster Zusammensetzung mit Hilfe eines neuartigen Eistribologie-Prüfstandes, der objektive Reibungsmessungen des Tribosystems Skibelag / Eis und Schnee mit realen Flächenpressungen und Geschwindigkeiten erlaubt | 194 |
| <i>Johannes Lutz, Jens Schuster</i> | |
| Leistungsdiagnostik im Recurve-Bogenschießen: Weiterentwicklung eines Druckmesssystems zur Analyse der Dynamik der Schützen-Bogen-Interaktion | 198 |
| <i>Cagla Fadillioglu, Marian Hoffmann, Bernd Hermann & Thorsten Stein (Projektleitung)</i> | |
| Entwicklung eines robusten, autarken, Inertialsensor-basierten Monitoring Systems für die Spitzensport-Bewegungsanalyse von Pferd und Reiter im Feld – WinningPegasus | 204 |
| <i>Christina Fercher, Franziska Schneider, Steffen Kluge, Julia Bartsch, Olaf Ueberschär (Projektleitung)</i> | |

Medizin und Naturwissenschaft



miRNAs und „Mini-Metabolomics“ als potentielle Biomarker für individuelle Effekte bei Nachwuchsleistungssportlern im Mittel- und Langstreckenlauf

AZ: 0707109/21-22

Apl. Prof. Dr. Barbara Munz

Universitätsmedizin Tübingen, Abteilung Sportmedizin

1 Problem

Die Optimierung von Trainingsprozessen ist sowohl im Leistungs- wie auch im Gesundheitssport ein wichtiges Ziel. Dabei spielen individualisierte Ansätze eine immer größere Rolle. Es gibt Hinweise darauf, dass Biomarkermuster für eine entsprechende Trainingssteuerung eingesetzt werden können. Relativ schnell, kostengünstig und gut zu analysierende Marker sind dabei verschiedene kleine RNA-Moleküle, sogenannte microRNAs (miRNAs, miRs), und niedermolekulare Stoffwechselintermediate wie Fettsäurederivate oder spezifische Aminosäuren. Diese können aus verschiedenen Körperflüssigkeiten und Geweben, z.B. Blut oder Muskelbiopsie-Material, bestimmt werden. Frühere Untersuchungen unserer Arbeitsgruppe zeigen für Skelettmuskelproben, dass sowohl miRNA-Konzentrationen in Ruhe als auch entsprechende Konzentrationsveränderungen in Antwort auf einen Belastungsreiz mit einer späteren Trainingsantwort in Form einer Zunahme der maximalen Sauerstoffaufnahme ($VO_2\max$) korrelieren könnten (Widmann et al., 2021; Schmitt et al., 2022; Widmann, 2022; Widmann et al., 2022; Grieb, 2023; Grieb et al., 2023) (Abb. 1).

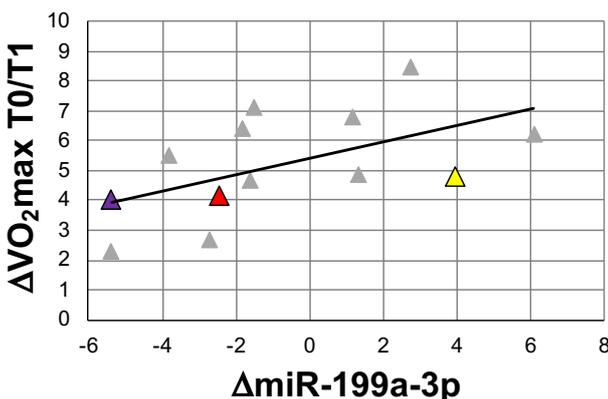


Abb. 1: Korrelation der Veränderung der miR-199a-3p-miR-Konzentration in der Skelettmuskulatur untrainierter ProbandInnen im Kontext einer submaximalen Akutbelastung mit der Veränderung der $VO_2\max$ [mL/kgxmin] in Antwort auf ein sechswöchiges hochintensives Intervalltraining (drei Einheiten pro Woche) auf dem Fahrradergometer. Die farbigen Dreiecke markieren die ProbandInnen, deren Proben für das Mikroarray-Screening verwendet worden waren. r (Spearman) = 0,615; p = 0,025*. ProbandInnen mit einem starken Anstieg der miR-199a-3p-Konzentration wiesen im Mittel eine bessere Trainingsantwort auf.

Allerdings ist die routinemäßige Durchführung von Skelettmuskelbiopsien, insbesondere im Bereich des Leistungssports, aus zahlreichen Gründen nicht realisierbar. Daher sollte im Rahmen des hier beschriebenen Projekts untersucht werden, ob sich auch in Blutproben differentielle miRNA-Konzentrationen nachweisen lassen und ob diese mit der Leistungsentwicklung von AthletInnen und weiteren assoziierten Parametern, insbesondere Charakteristika von Ermüdungs- und Erholungsprozessen, korrelieren.

Des Weiteren sollte die Bestimmung von Stoffwechselintermediaten aus Blutproben weiterentwickelt und Faktoren, die als trainingsassoziierte Biomarker geeignet sein könnten, herausgearbeitet werden.

2 Methode

Es wurden Blutproben untrainierter ProbandInnen, die ein strukturiertes Trainingsprogramm durchgeführt hatten, sowie Proben von jugendlichen LeistungssportlerInnen analysiert.

Die Proben der untrainierten ProbandInnen entstammten der Studie iReAct („Individual re-

sponse to physical activity“), die von 2017 bis 2020 an der Universität und am Universitätsklinikum Tübingen durchgeführt wurde. Die ProbandInnen waren jung (20-40 Jahre) und gesund, aber vor Beginn der Studie untrainiert. Sie durchliefen ein Trainingsprogramm, welches aus zwei sechswöchigen Trainingsblöcken bestand. Während dieser Blöcke wurden drei Trainingseinheiten pro Woche durchgeführt, welche entweder aus moderat-intensivem kontinuierlichem Training (MICT) oder hochintensivem Intervalltraining (HIIT) bestanden. Die Reihenfolge, in der die Trainingsblöcke durchlaufen wurden (MICT-HIIT oder HIIT-MICT), wurde über eine Randomisierung festgelegt. Insgesamt konnten n=42 Teilnehmende (F: n=30, M: n=12) die Studie beenden. Bei jedem Diagnostiktermin, also vor Beginn der Studie sowie nach dem ersten und nach dem zweiten Trainingsblock, wurde eine standardisierte, submaximale Belastung („Dauertest“) durchgeführt, wobei vorher, unmittelbar im Anschluss und 3 Stunden später Blutproben für die miRNA-Analytik sowie z.T. Trockenblutkarten für die Metabolomuntersuchungen gewonnen wurden.

Die LeistungssportlerInnen waren Nachwuchsmittel- und LangstreckenläuferInnen im Alter von 16 bis 19 Jahren. Sie wurden vor allem im Rahmen ihrer Jahreshauptuntersuchung an der Sportmedizin Tübingen rekrutiert, bei der auch eine Leistungsdiagnostik auf dem Laufband durchgeführt wird. Bis heute (Stand September 2023) wurden n=28 Athletinnen und Athleten für diesen Teil der Studie (Labor- bzw. Ergometerteil) rekrutiert und es ist geplant, bis zum 31.12.2023 die Zielzahl von n=30 zu erreichen. Zudem wurden bei bisher drei Feldtests (März 2022, Oktober 2022, März 2023), welche aus Tempolaufserien bestanden, ebenfalls Blutproben gewonnen. Etliche AthletInnen nahmen sowohl am Labortest als auch an einem bis drei Feldtests teil. Zudem füllen die AthletInnen über zwei Saisonperioden hinweg monatlich einen kurzen Fragebogen zu Training, Leistungsentwicklung, Erholung und Belastung aus, dessen Daten mit der Biomarker-Analytik korreliert werden sollen.

Die Bestimmung der miRNAs erfolgte über Screeningtools, insbesondere RNA-Sequenzierung und qPCR-basierte kommerziell erhältliche Arrays, an die sich konfirmatorische Analysen ausgewählter miRNAs mittels qPCR anschlossen.

Die Bestimmung der Stoffwechselintermediate erfolgte über Trockenblutkarten, welche von einem externen Labor mittels Massenspektrometrie analysiert wurden.

3 Ergebnisse

3.1 miRNA-Analytik der venösen Blutproben

Die Blutproben der untrainierten ProbandInnen, welche sowohl in Ruhe als auch nach einer standardisierten Belastung gewonnen worden waren, wurden in Hinblick auf differentielle miRNA-Expressionsmuster untersucht.

Zudem wurden auch von den LeistungssportlerInnen zu verschiedenen Zeitpunkten, in Ruhe und in Antwort auf eine erschöpfende Belastung auf dem Laufband, venöse Blutproben gewonnen, aus welchen die miRNA-Analytik erfolgte.

Dabei wurde zunächst, wie bereits für die Skelettmuskelproben in früheren Studien, ein orientierendes Screening mit Proben von sechs bzw. acht ProbandInnen durchgeführt. Hierfür wurde für die Analyse der Proben aus der iReAct-Studie die Methode der RNA-Sequenzierung eingesetzt, welche sich für miRNA-Analytik aus Plasma oder Serum besser eignet als die Mikroarray-Technologie, im Rahmen der Untersuchung der Proben der jugendlichen LeistungssportlerInnen ein kommerziell erhältlicher qPCR-basierter Array.

Hierbei zeigten sich gemeinsame Trends, aber auch sehr große individuelle Unterschiede bezüglich der miRNA-Expressionsmuster. In Abb. 2 ist dies exemplarisch für zwei miRNAs, die bei den jugendlichen LeistungssportlerInnen differentiell exprimiert waren, dargestellt.

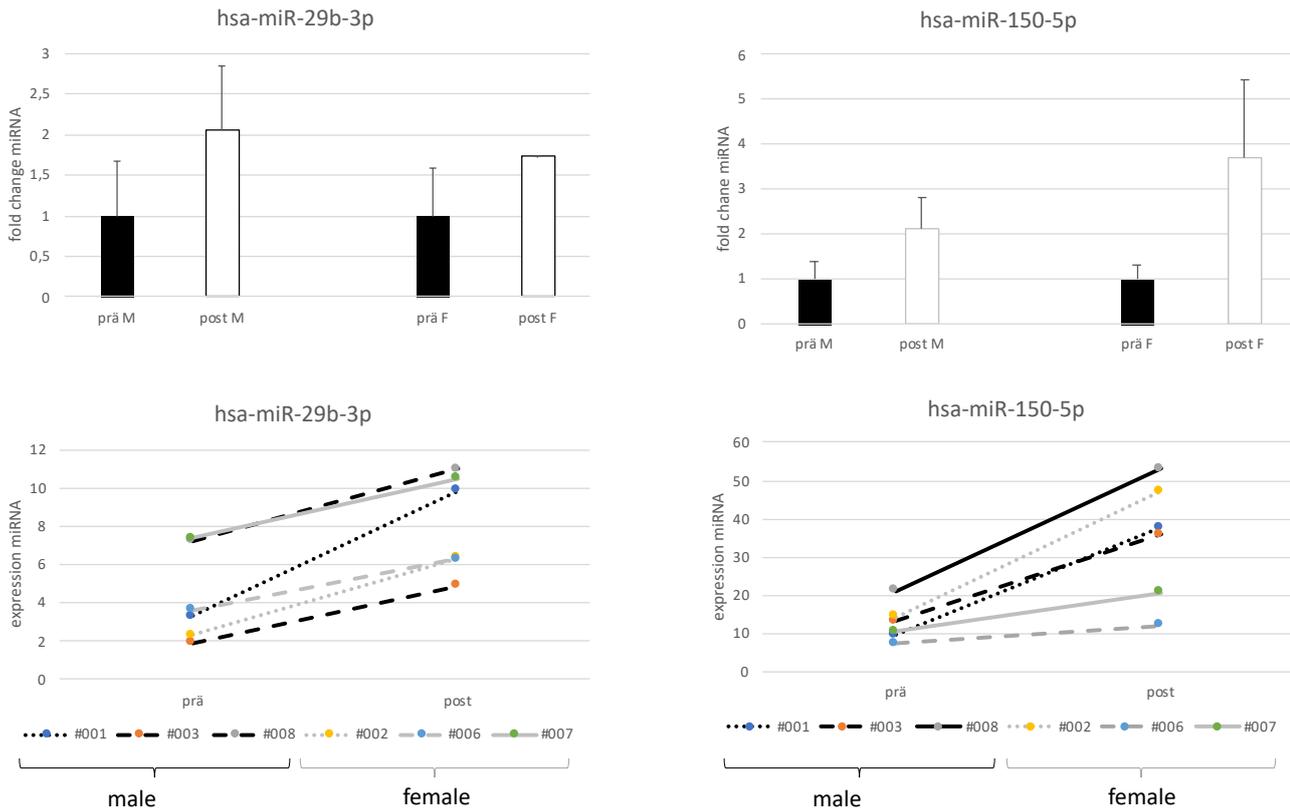


Abb. 2: Konzentrationen zweier ausgewählter miRNAs vor und nach einer erschöpfenden Belastung auf dem Laufbandergometer.

Ausgewählte miRNAs werden momentan mittels qPCR-Technologie am Gesamtkollektiv verifiziert und mit den physiologischen Daten der ProbandInnen korreliert.

Bei den untrainierten ProbandInnen konnten bereits miRNA-Muster mit der Anpassungsreaktion an das im Rahmen der Studie durchgeführte Ausdauertraining, insbesondere die Veränderung der VO₂max, korreliert werden. Hierbei konnte ein Satz von etwa 30 miRNAs identifiziert werden, deren Expressionsmuster entweder in Ruhe oder in Antwort an eine Akutbelastung mit der späteren Anpassung an das Ausdauertraining korrelierte.

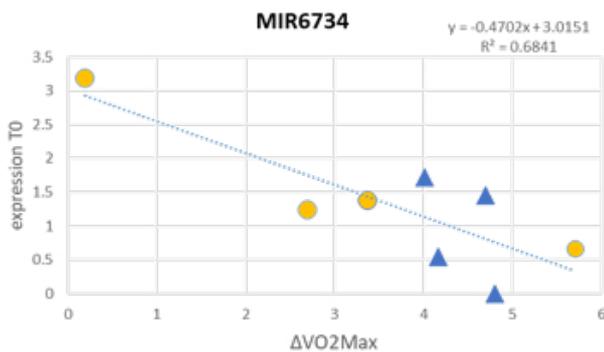


Abb. 3 zeigt dies exemplarisch für eine dieser miRNAs.

3.2 „Mini Metabolomics“-Analytik aus Trockenblutproben

Sowohl von den untrainierten ProbandInnen als auch von den LeistungssportlerInnen wurden zu verschiedenen Zeitpunkten sowohl im Rahmen von erschöpfenden Belastungen (Ergometrie) als auch vor und nach submaximalen Tests (Tempolaufserien) Trockenblutkarten gewonnen und diese mittels Massenspektrometrie auf Stoffwechselintermediate, vor allem verschiedene Aminosäuren und Acylcarnitine, untersucht.

Die Ergebnisse zeigen generelle Trends, z.B. einen Anstieg der Konzentration kurzkettiger Acylcarnitine unter Belastung, sowie Korrelationen mit bereits bekannten Stoffwechselmarkern wie Lactat (Abb. 2), aber auch deutliche interindividuelle Unterschiede.

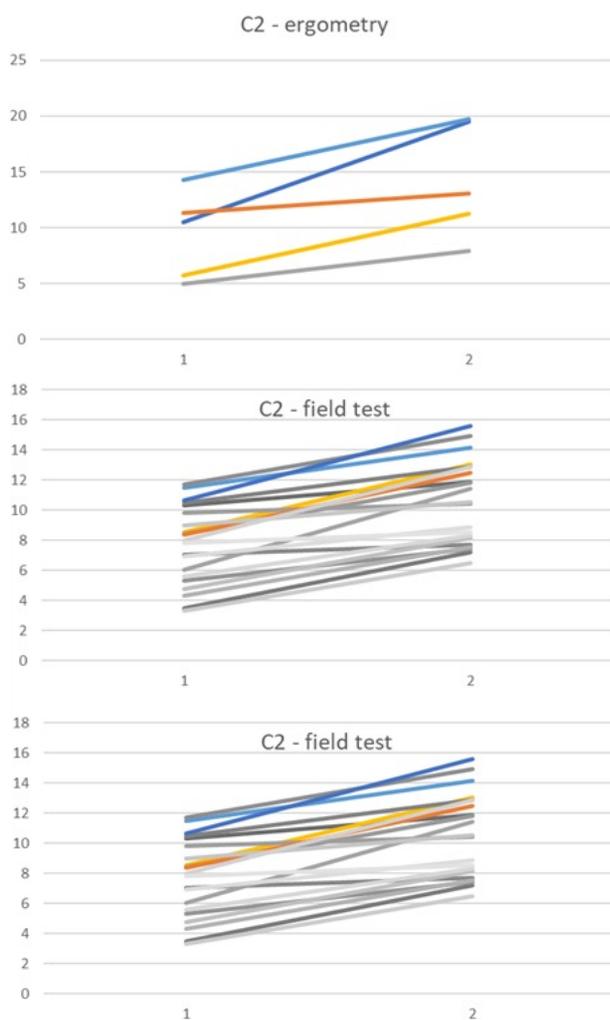


Abb. 4: Veränderung der Acetylcarnitin (C2)-Konzentration bei einer erschöpfenden Belastung auf dem Laufband (links) sowie im Rahmen einer Tempolaufserie (vier- bzw. fünfmal 2.000 m) (Mitte) bei jungen AthletInnen. Farbige Linien markieren identische ProbandInnen. Zeitpunkt 1 entspricht dem Ruhewert (pre), Zeitpunkt 2 dem Wert unmittelbar nach Abbruch der Belastung (post). Im rechten Panel ist die Korrelation der Veränderungen der C2-Konzentration mit der Veränderung der Lactatkonzentration bei der Tempolaufserie dargestellt.

Für die untrainierten ProbandInnen konnten auch bereits erste Korrelationsanalysen der Metabolitenmuster mit der Trainingsanpassung in Form der $VO_2\max$ -Zunahme durchgeführt werden. Vermutlich aufgrund geringer n-Zahlen ($n=12$ für die Baseline-Werte bzw. $n=11$ für die Veränderung der Werte zwischen Baseline und der Diagnostik nach dem ersten Trainingsblock) konnten hier noch keine signifikanten Ergebnisse erzielt werden, allerdings erreichte die Korrelation der Veränderung des C2-Acylcarnitins während der Trainingsphase mit DV

$O_2\max$ annähernd das Signifikanzniveau ($r = -0,60$; $p = 0,051$). Diese Korrelation ist in Abb. 5 graphisch dargestellt.

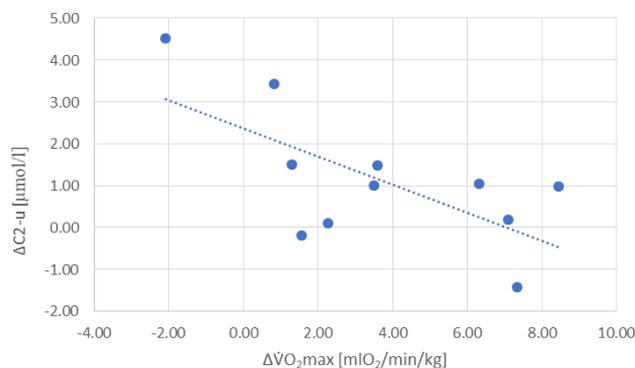


Abb. 5: Ergebnisse der Korrelationsanalyse der trainingsinduzierten Veränderung des C2-Acylcarnitins und der Veränderung der maximalen Sauerstoffaufnahme während eines sechswöchigen Ausdauertrainings bei untrainierten ProbandInnen.

4 Diskussion (unter besonderer Berücksichtigung von Transfer und Praxis)

Für beide Biomarkerklassen, also sowohl miRNAs als auch Stoffwechselintermediate, konnten Hypothesen bezüglich ihres Potenzials als Trainingsmarker erarbeitet werden. Diese sollen nun im Rahmen von confirmatorischen Untersuchungen in Hinblick auf ihr prädiktives Potenzial als individuelle Trainingsmarker hin analysiert werden.

Anlässlich der im Rahmen der Studie bisher durchgeführten drei Feldtests (März 2022 und März 2023 in Stuttgart und Oktober 2022 in Freudenstadt) fand ein intensiver Austausch mit den beiden Landestrainern Jens Boyde und Christoph Thürkow zu den bisherigen Ergebnissen der Studie und dem weiteren Vorgehen statt.

Am 28.11.22 konnte ich zudem eine Transferveranstaltung für interessierte AthletInnen, Eltern und TrainerInnen durchführen, an die sich eine lebhaft und produktive Diskussion anschloss. Eine weitere Transferveranstaltung soll nach vollständiger Auswertung der Proben und insbesondere auch der Daten aus den Fragebögen durchgeführt werden.

5 Literatur¹

Grieb, A., Schmitt, A., Fragasso, A., Widmann, M., Mattioni Maturana, F., Burgstahler, C., Erz, G., Schellhorn, P., Nieß, A.M. & Munz, B. (2023). Skeletal muscle micro RNA patterns in response to a single bout of exercise in females: Biomarkers for subsequent training adaptation? Zur Veröffentlichung eingereicht.

Grieb, A. (2023). Veränderung des microRNA-Profiles in der Skelettmuskulatur in Reaktion auf eine einmalige Ausdauerbelastung – Identifikation neuer Ansätze für die Entwicklung individualisierter Trainingsprogramme. Dissertation, Universitätsmedizin Tübingen.

Schmitt, A., Fragasso, A., Grieb, A., Weil, F., Widmann, M., Nieß, A.M. & Munz, B. (2022, September). miRNAs und „Mini-Metabolomics“: Potentielle Biomarker für individuelle Effekte bei (Leistungs-) Sportlern. Poster, Nachwuchskongress der DGSP in Tübingen.

Widmann, M. (2022). Biomarker im Kontext von Anpassungsprozessen an körperliches Training. Dissertation, Universität Tübingen.

Widmann, M., Mattioni Maturana, F., Burgstahler, C., Erz, G., Schellhorn, P., Fragasso, A., Schmitt, A., Nieß, A.M. & Munz, B. (2022). miRNAs as markers for the development of individualized training regimens: A pilot study. *Physiological Reports*, 10(5), e15217.

Widmann, M., Mattioni Maturana, F., Burgstahler, C., Erz, G., Schellhorn, P., Fragasso, A., Schmitt, A., Nieß, A.M. & Munz, B. (2021, April). MicroRNAs and exercise adaptation in skeletal muscle. Poster, Online-Jahreskongress der DGSP.

¹ Es handelt sich ausschließlich um eigene, projektbezogene Veröffentlichungen.

NEO Kopfball Projekt: Neuro-ophthalmologische Untersuchungen in der Feld-Diagnostik beim Kopfballsport

AZ: 070116/21-23

Karsten Hollander¹ (Projektleitung), Dominik Fohrmann¹, Antje Baumann¹, William Bouchut¹, Astrid Junge¹ & Andreas Gonschorek²

¹Institute of Interdisciplinary Exercise Science and Sports Medicine, MSH Medical School Hamburg

²Neurotraumatologisches Zentrum, Concussion Center, BG Klinikum Hamburg

1 Problem

Kognitive Beeinträchtigungen durch Gehirnerschütterungen sind ein aktuelles Thema, welches in den vergangenen Jahren sowohl durch mediale Aufmerksamkeit als auch durch größere wissenschaftliche Studien zunehmend in den Fokus gerückt ist. Die Diskussion basiert vornehmlich auf wenigen Studien, die gezeigt haben, dass die Wahrscheinlichkeit, an neurodegenerativen Erkrankungen zu leiden, im American Football (Mez et al., 2017), im Rugby (Russell et al., 2022) und im Fußball (Mackay et al., 2019; Russell et al., 2021) gegenüber der Normalbevölkerung erhöht ist. In Mannschaftskontaktsportarten wird diskutiert, ob sportassoziierte Gehirnerschütterungen und leichte Schädelhirntraumata die wesentlichen Risikofaktoren für negative Langzeiteffekte durch Kopfstöße sind. (Dougherty et al., 2011; Stein et al., 2015) In Kontaktsportarten treten viele Kopfstöße auf. Die meisten Gehirnerschütterungen passieren im Rugby während des Spiels (3,89 pro 1000h und Athletiktraining) und im Training. (3,00 pro 1000h und Athletiktraining) (Prien et al., 2018) Im Männerfußball hatten insbesondere Feldspieler ein höheres Risiko im Vergleich zu Torwarten, welches vor dem Hintergrund der häufigeren sportassoziierten Gehirnerschütterungen aber auch dem Kopfballsport debattiert wird. (Mackay et al., 2019; Russell et al., 2021)

Für eine schnelle klinische Einschätzung einer sportassoziierten Gehirnerschütterung an der Seitenlinie des Spielfeldes ist ein reliables und schnelles Assessment von großer Wichtigkeit. Um die Schwere einer Gehirnerschütterung zu messen, ist die neuro-ophthalmologische Funktion ein wichtiger Marker für den Schaden des Gehirns, weil sie sensibel für traumatische und leichte Schädelhirntraumata zu sein scheint (Dougherty et al., 2011). Die Beeinträchtigung der neuro-ophthalmologischen Funktion von Patienten nach einer Gehirnerschütterung korreliert mit der Schwere der Symptome einer Gehirnerschütterung (Cifu et al., 2015; Heitger et al., 2006; Oldham et al., 2021; Sussman et al., 2016) Um die neuro-ophthalmologische Funktion zu messen, ist Eyetracking eine gängige Methode. Klassische Eyetracking-Systeme, wie EyeLink und Tobii, erfassen die Daten in der Zweidimensionalität. Die Dreidimensionalität hingegen, kombiniert mit Brillen, die eine virtuelle Realität (VR) wiedergeben, wie es im Gaming angewandt wird, erhöht möglicherweise die Präzision der aufgenommenen Daten außerhalb einer Laborsituation, weil sie eine natürlichere Umgebung widerspiegelt und die Bewegungsfreiheit während der Messung größer ist (Clay et al., 2019). Neuere technische Innovationen sind wichtige Voraussetzung in der Entwicklung von Biomarkern in der Diagnostik der (sportassoziierten) Gehirnerschütterungen, (Patricios et al., 2023) allerdings sind aktuell weder die Reliabilität noch die Beeinflussung durch spielübliches Kopfballsport bekannt.

Die Ziele dieses Forschungsprojekts waren daher:

- Die Reliabilität eines neuen VR-Eyetracking-Systems zu testen und bewerten und
- die Effekte von Kopfbällen im Fußball auf die Neuro-Ophthalmologie mithilfe dieses VR-Eyetracking-Systems zu überprüfen.

2 Teilprojekt 1 | Reliabilität eines neuen VR-Eyetracking-Systems

2.1 Methode

Für die erste Studie absolvierten 50 gesunde Probandinnen und Probanden (35 Frauen, 15 Männer, Durchschnittsalter 26,7 Jahre) an zwei aufeinander folgenden Tagen drei identische videobasierte Eyetracking-Testungen in virtueller Realität. Zwei Gruppen wurden unterschieden. Die Testungen der ersten Gruppe wurden in der Reihenfolge morgens, abends und morgens durchgeführt. Die zweite Gruppe absolvierte die Testungen in der Reihenfolge abends, morgens und abends.

Neuro-ophthalmologische Funktionen wurden mit einem VR-Eyetracking-System (200Hz, eyeTrax GmbH & Co. KG, Osnabrück, Deutschland) aufgenommen. Stimuli wurden mit der Software SAS 9.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC,

USA) eingespielt. Die virtuellen Aufgaben wurden in einer dreidimensionalen Realität gezeigt. Insgesamt wurden 15 verschiedene Aufgaben gestellt mit einer Gesamtdauer von 6:30 Minuten. Die Aufgaben beinhalteten das Verfolgen eines Balles, welcher entweder sprungartig oder kreis- bzw. sinusförmig die Position in der VR-Umgebung ändert. Weitere Aufgaben umfassten die der Ballposition entgegengesetzte Blickrichtungsänderung (Antisakkaden) sowie selbstgesteuerte Blickrichtungsänderungen.

Die Datenprozessierung wurde sowohl manuell als auch automatisiert durchgeführt. Die manuelle Auswertung wurde von zwei Ratern durchgeführt. Aufgrund des hohen Zeitaufwands der manuellen Datenprozessierung wurde ein Algorithmus zur automatisierten Auswertung programmiert (Bouchut, 2023). Insgesamt konnten 36 Parameter mittels manueller und 29 Parameter mittels automatisierter Analyse aus den Testdaten bestimmt werden.

Zur Bewertung der Reliabilität wurden der Intraklassen-Korrelationskoeffizient (engl. intraclass correlation coefficient, ICC (2,1)) zwischen den Messwerten der einzelnen Testungen berechnet sowie Bland-Altman-Diagramme für ebendiese erstellt. Die Werte der ICCs wurden nach Koo & Li (2016) in exzellent (>0.90), gut (0.75-0.90), moderat (0.50-0.75) und schwach (<0.50) klassifiziert. Die statistischen Verfahren wurden mittels R (R Version 4.2.2 (2022), Statistical Computing, Wien, Österreich) durch die Python (python.org, Version 3.9) Bibliothek rpy2 (rpy2, Version 3.4.5) berechnet.

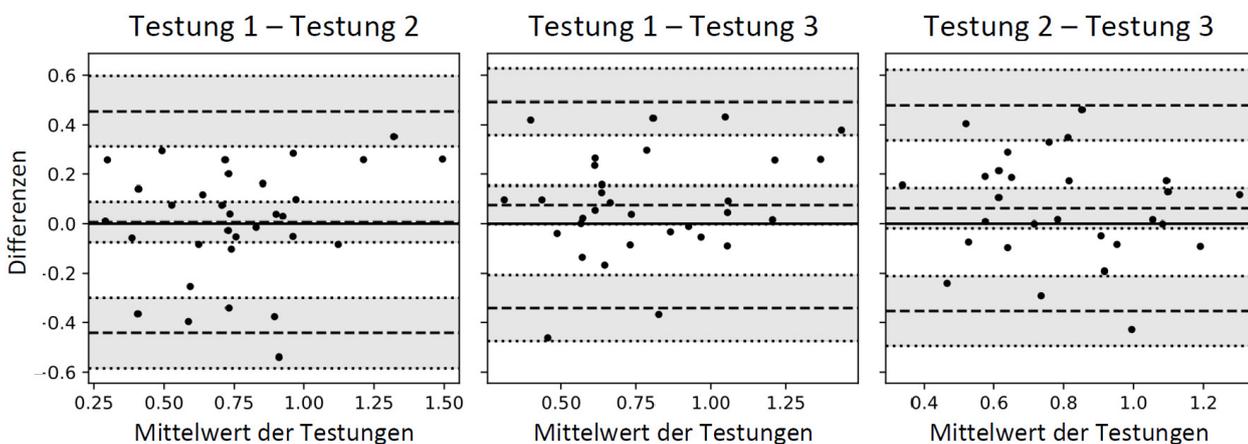


Abb. 1: Bland-Altman-Diagramme über die Vergleiche der drei Sessions des gain of the first saccade des Antiblicker-Tests.

2.2 Ergebnisse

Durch mehrere Probleme mit dem Messsystem kam es zu unerwartet vielen Verlusten von Messdaten. Von den 15 Tests konnten nur sieben Tests softwareseitig ausgewertet werden. Von den 150 durchgeführten Messungen waren nur 114 (76%) für die Analyse verfügbar. Die hoch zeitaufwändige manuelle Auswertung (>2 Stunden/Datensatz) resultierte in größtenteils schwachen Werten des ICCs sowohl für die Intrarater (50,0% schwach), die Intraday- (93,1% schwach) und Interday- (88,9% schwach) als auch die Interrater-Reliabilität (100% schwach).

Auch die automatisiert prozessierten Daten zeigten vornehmlich schwache Reliabilitäten (68% der Parameter). Lediglich vier Parameter wiesen in mindestens zwei von drei Messzeitpunkt-Vergleichen eine mindestens moderate Reliabilität auf (directional error (ICCs: 0.66, 95%CI 0.60, 0.68), latency of the first saccade (0.45, 95%CI 0.51, 0.80), gain of the first saccade (0.72, 95%CI 0.74, 0.66), gaze velocity (0.69, 95%CI 0.39, 0.60)).

Auch aus den Bland-Altman-Diagrammen sind zum Teil große systematische Abweichungen (Bias) oder breite Fehlergrenzen (Limits of Agreement) zwischen den jeweiligen Sessions erkennbar. Beispielhaft sind in Abb. 1 die Bland-Altman-Diagramme für den Parameter gain of the first saccade des Antibiflicker-Tests für die drei Session-Vergleiche abgebildet.

3 Teilprojekt 2 | Einfluss einer Kopfball-Trainingseinheit auf die neuro-ophthalmologische Funktion

3.1 Methode

Für diese Interventionsstudie wurden je 25 Fußballerinnen und Fußballer (n=50) aus dem Wettkampfbetrieb des Hamburger Fußball-Verbands rekrutiert. Die Studie wurde in einem Cross-Over-Design nach dem 2x2-Studienprotokoll

mit Baseline-Messung durchgeführt (siehe Abb. 2). Die Probandinnen und Probanden wurden zufällig in zwei Gruppen eingeteilt. Beide Gruppen absolvierten gleichzeitig zwei verschiedene Fußballtrainingseinheiten und tauschten im zweiten Durchgang die Trainingsinhalte, sodass beide Gruppen jeweils zwei Trainingseinheiten absolvierten. Eine Trainingseinheit thematisierte Kopfballspiel, während die andere Trainingseinheit Kopfballspiel und Bodychecks ausschloss. Beide Trainingseinheiten fanden im Freien auf Naturrasen statt. Die Dauer der ersten Trainingseinheit betrug 20 Minuten. Ihr folgte ein Wash-Out-Zeitfenster von 40 Minuten. Daran schloss sich die zweite Trainingseinheit mit weiteren 20 Minuten an.

Die Messungen wurden mit dem in Studie 1 vorgestellten VR-Eyetracking-System (200Hz, eye-Trax GmbH & Co. KG, Osnabrück, Deutschland) in einer Sporthalle neben dem Trainingsgelände durchgeführt. Drei identische Testungen wurden für jede Person durchgeführt: Eine Baseline-Messung vor Beginn der Sporeinheiten, eine zweite Testung direkt im Anschluss an die erste Trainingseinheit und eine dritte Messung direkt nach der zweiten Trainingseinheit (siehe Abb. 2). Die Probanden und Probandinnen folgten konstant derselben Reihenfolge bei den Messungen. Die Reihenfolge wurde vorab zufällig zugeteilt.

Die Trainingseinheiten wurden mit zwei Kameras von zwei verschiedenen Perspektiven aufgenommen. Die Auswertung der Häufigkeiten und Klassifikationen der Kopfbälle erfolgte durch zwei unabhängige Untersucherinnen nach einem international standardisierten Kopfballprotokoll (Beaudouin et al., 2020). Es wurden Kovarianzanalysen (ANCOVA) durchgeführt, um potenzielle Effekte der Kopfball-Intervention auf die vier Parameter zu ermitteln, welche sich als reliabel messbar herausgestellt hatten. Diese waren directional error, gain of the first saccade, latency of the first saccade des Antibiflicker-Tests sowie die gaze velocity des Sinus-Tests. Als Kovariate wurden die jeweiligen Messwerte aus der Baseline-Messung hinzugefügt. Zudem wurde eine Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt, um generelle Unterschiede zwischen den

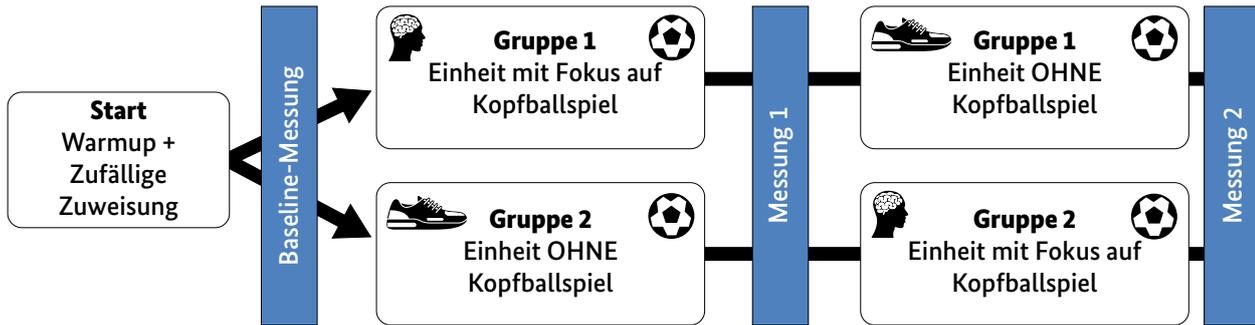


Abb. 2: Studiendesign des Teilprojekts 2.

drei Messzeitpunkten zu ermitteln. Im Falle eines signifikanten Ergebnisses wurden posthoc T-Tests mit Korrektur nach Bonferroni durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde für alle statistischen Test auf $p < 0.05$ festgelegt. Alle statistischen Tests wurden mit Jamovi für Windows (the jamovi project, Version 2.3) durchgeführt.

3.2 Ergebnisse

Das durchschnittliche Alter der Fußballspielerinnen und Fußballspieler betrug $23,4 \pm 5,3$ Jahre (Frauen: $23,4 \pm 5,1$; Männer: $24,4 \pm 5,4$). Die Fußballspieler spielten mit $20,9 \pm 4,2$ etwa 37% mehr Kopfbälle in der zwanzigminütigen Einheit als

die Fußballspielerinnen ($15,3 \pm 3,3$). Der Großteil waren beabsichtigte Kopfbälle (99,0%). Ebenso wurden die häufigsten Kopfbälle nach einer Flugdistanz des Balls von weniger als fünf Metern gespielt (82,9%). Die häufigste Kopfreion, mit der der Ball gespielt wurde, war frontal (96,7%).

Abb. 3 zeigt die Ergebnisse der vier ausgewerteten Parameter. Die Ergebnisse der Kovarianzanalysen zeigten keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Trainingsformen für die vier untersuchten Parameter (ANCOVA directional error: $p=0.392$, gain of the first saccade: $p=0.556$, latency of the first saccade: $p=0.593$, gaze velocity: $p=0.727$). Es ist außer-

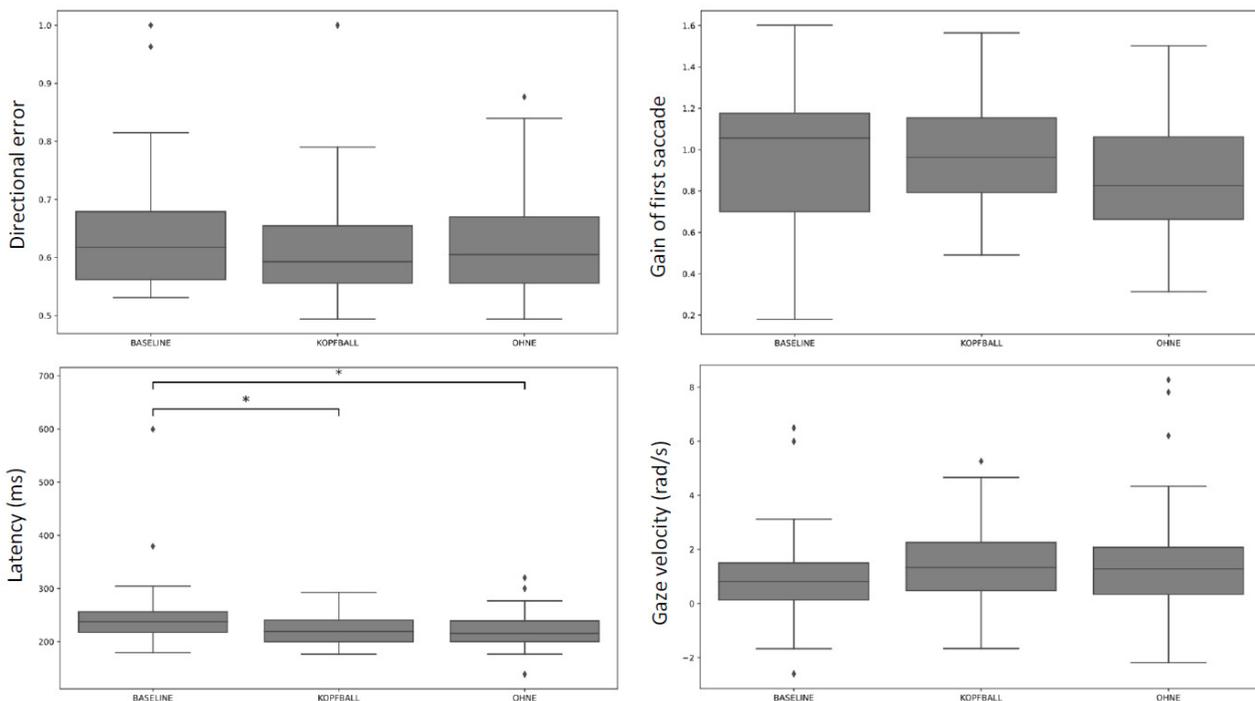


Abb. 3: Boxplots der vier reliabel messbaren Parameter zu den drei Messzeitpunkten (BASELINE, nach KOPFBALL-Trainingseinheit, nach Trainingseinheit OHNE Kopfball). * signifikante Differenz ($p < 0.05$, ANOVA posthoc T-Test mit Bonferroni-Korrektur).

dem zu erkennen, dass lediglich die Werte latency of the first saccade nach beiden Trainingseinheiten (Kopfball: $223 \pm 29,2\text{ms}$; Ohne Kopfball: $220 \pm 34,0\text{ms}$) statistisch signifikant von der Baseline-Messung ($252 \pm 69,7\text{ms}$) abweichen (Baseline-Kopfball: ANOVA $p=0,003$; Baseline-Ohne Kopfball: $p=0,005$).

4 Diskussion

Das Ziel dieser Studie war es, die Reliabilität eines neuen neuro-ophthalmologischen Testsystems zu prüfen sowie mögliche Effekte von repetitiven Kopfbällen auf die reliabel gemessenen neuro-ophthalmologischen Funktionen bei Fußballspielerinnen und Fußballspielern zu untersuchen.

Die Reliabilität des neuro-ophthalmologischen Testsystems VR-Brille war insgesamt größtenteils schwach, sowohl in der händischen als auch in der algorithmischen Auswertung. Die Reliabilität eines neuen Testsystems kann aus verschiedenen Gründen schwach sein. Ein möglicher Faktor, der zu einer geringen Reliabilität beitragen kann, ist die unzureichende Testentwicklung. In dem in diesem Projekt überprüften Testsystem konnten mehr als die Hälfte der Tests aktuell herstellereitig noch nicht ausgewertet werden. Außerdem kam es bereits in ca. einem Viertel der Fälle zu Datenverlusten nach Aufnahme der Tests. Auch wenn das Ziel des aktuellen Projektes nicht die Entwicklung des Testsystems, sondern die wissenschaftliche Überprüfung dieses System war, so scheint eine mögliche Fehlerquelle die automatische Detektion der Pupille im Verhältnis zum Bulbus oculi gewesen zu sein (siehe Abb. 4).

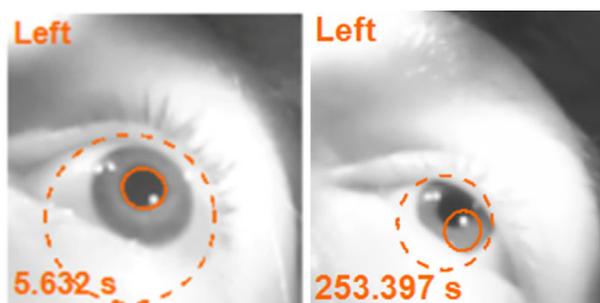


Abb. 4: Beispiele für korrekte und inkorrekte automatisierte Pupillendetektion.

Da es sich bei der Pupillenerkennung um einen proprietären Algorithmus des Herstellers des Testsystems handelt, konnte keine weitere Optimierung in diesem Schritt erfolgen. Die weitere Signalverarbeitung zur automatisierten Erkennung der Sakkaden bzw. Fixation und die daraus abgeleiteten Parameter sind abhängig von einer ausreichenden Signalqualität. Ist diese – wie oben beschrieben – nicht vorhanden, kann keine reliable Parameterbestimmung gewährleistet werden. Die Test-Retest-Reliabilität bezieht sich auf die Konsistenz der Ergebnisse, wenn der Test zu unterschiedlichen Zeitpunkten wiederholt wird. Wenn ein Testsystem keine stabile Zuverlässigkeit über die Zeit hinweg aufweist, dann können Interventionseffekte ebenfalls nicht reliabel überprüft werden.

Insgesamt zeigten sich vier Outcomes aus zwei Tests in mindestens zwei Fällen moderat reliabel und konnten in der Interventionsstudie weiter untersucht werden. Diese Outcomes wurden nicht durch eine Trainingseinheit mit durchschnittlich 18 Kopfbällen beeinflusst. Das kann zum einen daran liegen, dass die Kopfbälle keinen Einfluss auf die neuro-ophthalmologische Funktion haben (Kontos et al., 2017), zum anderen aber auch daran, dass die Impacts der größtenteils absichtlich geköpften Bälle aus näherer Nähe (<5m) nicht hoch genug waren, um die neuro-ophthalmologische Funktion zu beeinflussen (Brennan et al., 2017; Funk et al., 2007).

Auch wenn die aktuell reliablen Parameter nicht durch die hier getestete Kopfball-Trainingseinheit beeinflusst wurden, kann die VR-Brille aufgrund des hohen Prozessierungsaufwandes, der Datenverluste und der insgesamt größtenteils schwachen Reliabilität aktuell nicht in der Felddiagnostik der sportassoziierten Gehirnerschütterung empfohlen werden. Hierzu sollte der Prozessierungsaufwand deutlich reduziert werden und eine höhere Stabilität der Datenprozessierung ermöglicht werden. Außerdem fehlen zum aktuellen Zeitpunkt Daten dazu, ob die in diesem Projekt reliabel gezeigten Daten auch bei Patienten mit diagnostizierter sportassoziierte Gehirnerschütterung reliabel sind und ob diese durch eine sportassoziierte Gehirnerschütte-

rung beeinflusst werden.

In dem jüngst publizierten Consensus-Statement zur sportassoziierten Gehirnerschütterung (Patricios et al., 2023) wurden die Empfehlungen zur Felddiagnostik am Spielfeldrand im Vergleich zum vorangegangenen Consensus-Statement (McCrory et al., 2017) geändert und Spielerinnen und Spieler mit dem Verdacht auf eine sportassoziierte Gehirnerschütterung sollen herausgenommen und intensiv mittel SCAT-

6 untersucht werden. Trotzdem wird auch die Rolle von Biomarkern und aktuellen Entwicklungen der Technologie insbesondere bei der Bewertung der Erholung und bei der Planung des Return-to-Sports betont. (Patricios et al., 2023) Hier könnte eine mögliche Anwendung der neuro-ophthalmologischen Testung in einem ruhigeren und laborähnlichen Setting möglich sein. Aber sowohl für die wissenschaftliche Begleitung als auch die klinische Umsetzung muss die Reliabilität gegeben sein, was für das in diesem Projekt untersuchte neuro-ophthalmologische Testsystem aktuell nicht gegeben ist.

Effekte eines bilateralen Trainings auf das individualtaktische Angriffsverhalten im Kinderhandball

AZ: 070502/20-22

Stefan König & Elke Uhl

Pädagogische Hochschule Weingarten, Sportwissenschaft

1 Problem

Studien zum bilateralen Training zeigen, dass sich ein systematisches und spezifisches Training der nicht bevorzugten Körperseite positiv auf die Qualität der Technik und das taktische Verhalten auswirken kann. Besonders bedeutsam scheint diese Trainingsform bei Sportarten, in denen eine funktionelle Dominanz einer Körperseite vorherrscht, wie zum Beispiel im Handball, im Basketball oder im Tischtennis. Bilaterales Training im Handball scheint relevant zu sein, da Verbesserungen einerseits bezüglich der Qualität von Technikausführungen (Hatzl, 2001; Stöckel, 2010; Stöckel & Weigelt, 2012) sowie andererseits hinsichtlich einer individualtaktischen Leistungsentwicklung von Kindern und Jugendlichen zu erwarten sind. Bekannt ist, dass im Rahmen von Lernprozessen einseitiges Üben – und genau das entspricht dem Trainingsalltag – zu geringeren Lern- und Trainingseffekten führt, da die Potenziale eines kontralateralen Transfers, wie eine Differenzierung des psychomotorischen Denkens, eine bewusste und strukturierte Bewegungsvorstellung oder eine erhöhte Aufmerksamkeit beim Technikerwerb, nicht vollständig genutzt werden (Weineck, 2020). Insbesondere scheint die spielerische Kreativität durch eine unilaterale Spielerausbildung nicht maximal ausgeschöpft werden zu können. Daher sind vielfältige und flexible Situationslösungen zu trainieren, insbesondere solche, die auf den Gegner überraschend und außergewöhnlich wirken (Hohmann et al., 2014; König & Memmert, 2019). Des Weiteren sollten im organisierten Nachwuchssport attraktive und neuartige Trainingsinhalte und -methoden angeboten werden, um Begeisterung zu wecken und diese langfristig aufrecht zu halten. Monoto-

nie im Trainingsalltag und eine frühzeitige Spezialisierung hingegen gelten als entscheidende Faktoren für Dropout im Vereinssport (Coté et al., 2007). Auch diesbezüglich besitzt bilaterales Training Potenzial, da Spielen und Üben mit der nicht-dominanten Seite Spielerinnen und Spieler immer wieder mit neuen motorischen Herausforderungen konfrontiert. Tatsache ist auch, dass die Fähigkeit, beidhändig zu agieren, bei der Talentsichtung und -auswahl eine Rolle spielen kann (Pabst & Scherbaum, 2018). Außerdem kommen verschiedene Studien zu der Erkenntnis, dass bilaterales Training sich positiv auf den Regenerationsprozess und die Verletzungsprävention auswirken kann. Durch die überwiegend einseitige Wurfaktivität können muskuläre Asymmetrien entstehen, die zu Überbelastungen auf der dominanten Seite führen. Dadurch können das Verletzungsrisiko erhöht und Bewegungseinschränkungen hervorgerufen werden (Ellenbecker, 2016; Fieseler et al., 2014). Dies gilt es im Hinblick auf eine langfristige Trainingspartizipation und entwicklungsgemäße Nachwuchsförderung dringend zu vermeiden. Schließlich kann ein beidseitiges Training auch zu einem beschleunigten Regenerationsprozess, sowohl hinsichtlich kurzer Ermüdungsphasen als auch bei der Rehabilitation von länger andauernden Verletzungen, führen (Cirer-Sastre et al., 2017; Cuenca-Martinez et al., 2022).

An diesen Überlegungen setzt das Projekt „Effekte eines bilateralen Trainings auf das individualtaktische Angriffsverhalten im Kinderhandball“ an. Ziel ist, die Effekte eines Trainings mit der nicht-dominanten Hand gegenüber einem Training mit der dominanten Hand auf das technisch-taktische Verhalten bei D-Jugend-Handballspielerinnen und -spielern

zu untersuchen, um auf diese Weise das Wettkampfverhalten im Allgemeinen sowie die individualtaktische Angriffskompetenz im Speziellen zu optimieren.

2 Methode

Studiendesign

Mittels einer clusterrandomisierten Interventionsstudie mit Längsschnittcharakter wurden zu vier Messzeitpunkten quantitative Daten zur individualtaktischen Leistungsfähigkeit im Angriffsverhalten von 11- bis 12-jährigen Handballspielerinnen und -spielern (n=163) erhoben. Aufgrund der pandemischen Bedingungen und der begrenzten Förderzeit konnten nur vier von ursprünglich fünf Messzeitpunkten und nur eine 10-wöchige Intervention umgesetzt werden. Außerdem weist die Studie aufgrund dessen einige fehlende Daten auf, sodass nur 125 Probandinnen und Probanden in die Analyse eingeschlossen werden konnten, wovon lediglich 49 vollständige Datensätze vorliegen. Das Studiendesign beinhaltet eine Einteilung in zwei Experimentalgruppen und eine Kontrollgruppe. Das Trainingsprogramm wurde den Testpersonen clusterrandomisiert zugeteilt. Während die Experimentalgruppe 1 das vorgegebene Trainingsprogramm mit der nicht-dominanten Seite umsetzte, realisierte dies Experimentalgruppe 2 mit der dominanten Seite. Eine Kontrollgruppe trainierte regulär ohne jegliche Vorgaben und bilaterale Trainingsinhalte. Zusätzlich wurde durch eine vorausgehende Phase und eine Retentionsphase ohne Intervention das Ergebnis abgesichert; Abb. 1 fasst das Studiendesign zusammen.

Um die richtige Trainingshand zu gewährleisten, wurden die Handballteams gebeten, eine Socke über die „nicht-zu-trainierende“ Hand zu ziehen. Diese Vorgehensweise garantierte, dass zwar mit beiden Händen gefangen, jedoch nicht geworfen werden konnte. In der genannten Vorstudie erfüllte diese Methode die gestellten Erwartungen vollumfänglich.

Datenerhebung: Spieltestsituationen

Als Datenerhebungsinstrument dienten Spieltestsituationen, welche Aufgabenstellungen darstellen, bei denen die Spielidee, die Personenanzahl sowie die Regel- und Situationsbedingungen vorgegeben werden, um bestimmte taktische Verhaltensweisen regelmäßig und zuverlässig in der Umwelt zu provozieren. Sie stellen im Spannungsfeld der Datenerhebungsinstrumente für taktisches Verhalten (Memmert, 2004; Memmert & König, 2019) einen Mittelweg dar, der die Stärken von Spielbeobachtung (externe Validität) und kontrollierten Labortests (interne Validität) verknüpft und eine hohe ökologische Validität aufweist (Memmert, 2010). In Anlehnung an die von Memmert (2004, S. 53 ff.) entwickelten sportspielübergreifenden Spieltestsituationen und konzeptorientierten Expertenratings wurden drei handballspezifische Spieltestsituationen sowie deren Expertenrating entwickelt, in einer Vorstudie getestet und angepasst.

- ▶ *Spieltestsituation 1 (STS 1)* „Raum kooperativ überbrücken“ ist aus der Spielsituation „Ball dem Ziel annähern“ von Memmert (2004, S. 63f.) sowie in Anlehnung an Ruß (2019) weiterentwickelt worden. STS 1

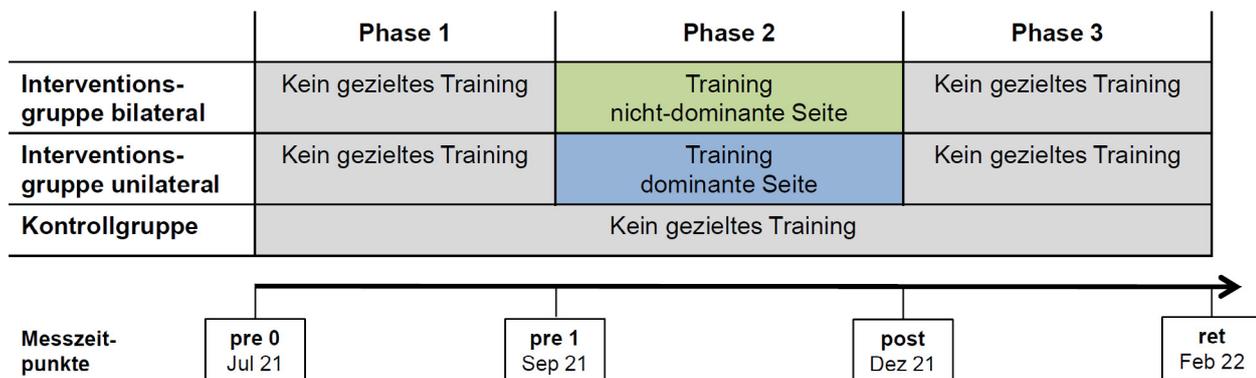


Abb. 1: Realisiertes Studiendesign

provoziert taktische Aufgabenstellungen, bei denen es darauf ankommt, den Ball situationsgerecht und schnell zum Partner weiterzuspielen sowie den Ball in den Abschlussraum zu transportieren. Dabei wird die taktische Basiskompetenz zum sicheren Zusammenspiel mit Mitspielerinnen und Mitspielern, um den Ballbesitz zu behaupten und in torgefährliche Räume vorzudringen, getestet.

- › *Spielsituation 2 (STS 2) „Räume und Lücken erkennen und nutzen“* entstand aus der Spielsituation „Lücken ausnutzen“ von Memmert (2004, S. 67 f.) und wurde handballspezifisch angepasst. STS 2 beinhaltet taktische Aufgabenstellungen, bei denen es darauf ankommt, in der Auseinandersetzung mit den Gegenspielerinnen und Gegenspielern (individuell) Zwischenräume für die Chance eines Abspiels zu nutzen. Dabei wird die taktische Basiskompetenz zum zielgerichteten und zeitlich optimalen Anlaufen und Nutzen von freien Räumen mit Ball sowie zum effektiven Erarbeiten von Durchbruchsräumen getestet.
- › *Spielsituation 3 (STS 3) „Ziel ansteuern und Wurfauswahl“* wurde neu konzipiert. STS 3 provoziert taktische Aufgabenstellungen, bei denen es darauf ankommt, Zeitpunkt, Ort und Art einer Abschlusshandlung auszuwählen. Dabei wird die taktische Basiskompetenz zur schnellen und situationsgerechten Entscheidung über den optimalen Ort und Zeitpunkt des Torwurfs sowie über die optimale Wurfbewegung getestet.
- › *Expertenrating:* Mithilfe einer 9-stufigen Skala wird die ballbesitzende Person wie folgt bewertet:
 - **Hauptkriterium:** Inwiefern ist die WAS-Entscheidung funktional und flexibel [Spieler/Spielerin erreicht das situative Aufgabenziel und zeigt variable, vielseitige, originelle (auch beidhändige) nicht stereotype Lösungen].

- **Nebenkriterien:** Ist die WIE-Entscheidung funktional [1: die Ausführung der Bewegungsstruktur bezweckt eine funktionale Zielerreichung] und das Timing situationsangemessen [2: der zeitliche Abstimmvorgang von Bewegungshandlungen (Abspiel, Laufweg, Torwurf etc.) ist situationsangemessen].

Die Merkmalsausprägungen reichen von „in der Regel situationsangemessene und flexible Lösungen“ (8 Punkte) über „situationsangemessene, und flexible Lösungen halten sich die Waage mit situationsunangemessenen und stereotypen Lösungen“ (4 Punkte) bis zu „mehrheitlich situationsunangemessene und stereotype Lösungen“ (0 Punkte).

Trainingsprogramm

Das von uns entwickelte bilaterale Trainingsprogramm ist für zehn Trainingswochen konzipiert und beinhaltet pro Trainingswoche zwei Einheiten mit einem Trainingsumfang von jeweils 30 Minuten. Was die konkreten Trainingsübungen angeht, so erfolgt eine Orientierung an aktuellen Übungsempfehlungen aus dem Bereich des Kinderhandballs (Memmert & König, 2021; Knobloch et al., 2020; Pabst & Scherbaum, 2018) sowie aus der Rahmentrainingskonzeption des DHB. Der erste Teil ist schwerpunktmäßig technisch orientiert und besteht aus den drei Trainingsbereichen „Einstieg & Prellen“, „Passen & Fangen“ sowie „Werfen & Spielen“. Teil 2 fokussiert die taktischen Basiskompetenzen und besteht aus den drei Trainingsbereichen „Balltransport“, „Überzahl herausspielen“ sowie „Torwurf“ (i.A. an Spielphasen im Kinderhandball – Knobloch et al., 2020, S. 13).

Datenauswertung

Für die statistischen Analysen wurden latente Wachstumskurvenmodelle (LGCM) verwendet, deren Schätzung mittels Mplus 8.8 erfolgt. LGCMs gelten als flexible Lösung für das Problem, Veränderungen über die Zeit abzubilden und zu analysieren (Geiser, 2011; Hox, 2010). Mittels LGCMs konnten folgende Aspekte berücksichtigt werden; „piecewise modeling“ der Zeitabschnitte pre0-pre1, pre1-post und post-ret, Variationen

von Trainingseffekten zwischen Individuen/Gruppen, Vorhersage über die Form der Veränderung („slope“) auf der Basis des Ausgangswerts („intercept“), Entwicklung eines Bestmodells

sene und flexible Lösungen halten sich die Waage mit situationsunangemessenen und stereotypen Lösungen (auf der 9-stufigen Skala zwischen 3 und 5).

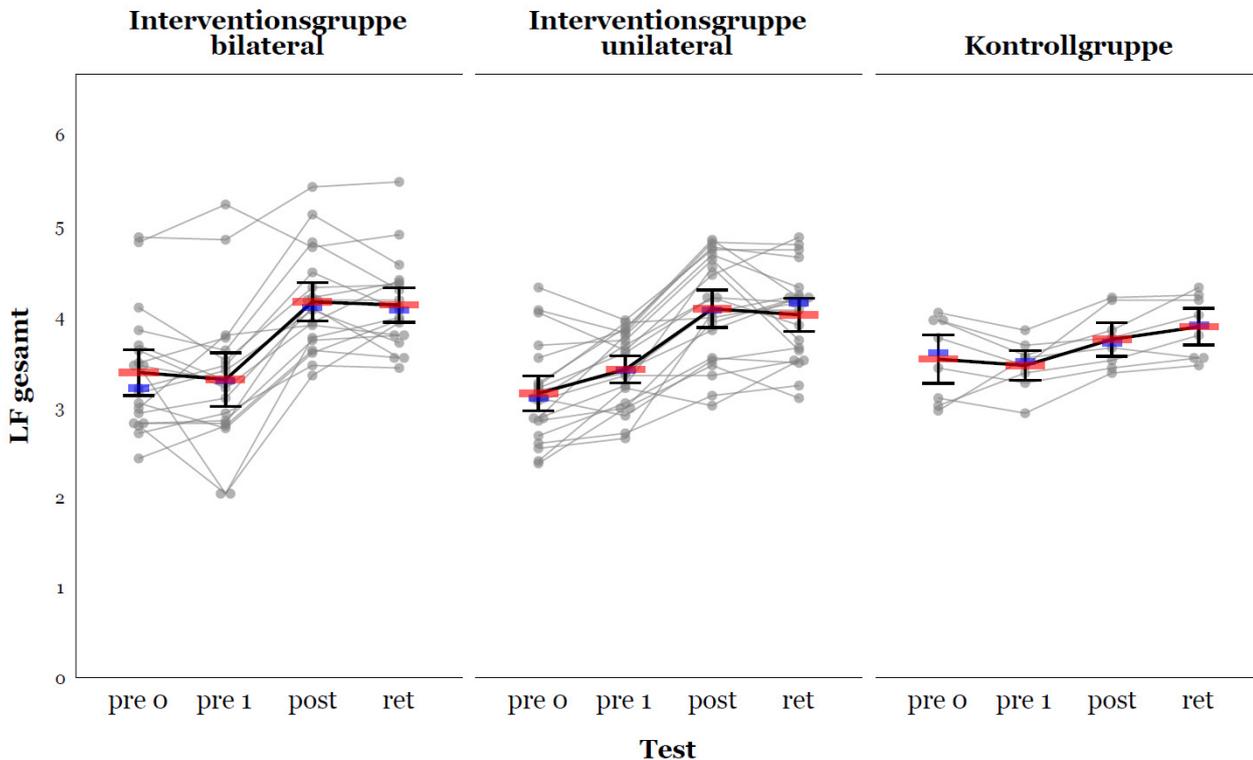


Abb. 2: Deskriptive Darstellung der Leistungsentwicklung des gesamten individualtaktischen Angriffsverhaltens [Fehlerbalken: 90% CI, rote Balken: Mittelwert, blaue Balken: Median].

mittels unterschiedlicher Modell Fits. Die Auswertung erfolgte sowohl für jede Spielsituation als auch für die Leistungsfähigkeit gesamt (STS 1+STS 2+STS 3).

3 Ergebnisse

Deskriptive Ergebnisse

Abb. 2 visualisiert die Leistungsentwicklung des gesamten individualtaktischen Angriffsverhaltens. Gleichartige Verläufe lassen sich auch in den Auswertungen der jeweiligen Spielsituationen feststellen. Sowohl die Streuung der Einzelkurven als auch die Größe der Fehlerbalken (90% CI) deuten darauf hin, dass die Interventionsgruppe bilateral im Hinblick auf die taktische Leistungsfähigkeit am stärksten variiert. Über die Gruppen und die Zeit hinweg liegt das Niveau im mittleren Bereich. Situationsangemes-

Differenzierte Ergebnisse auf Basis des Bestmodells

Beidseitiges Training scheint insgesamt einen bedeutenden positiven Effekt auf die Entwicklung der drei untersuchten Basiskompetenzen zu haben. Im Detail:

- Die beidseitige Trainingsgruppe konnte im Vergleich zur einseitig „normal“ trainierenden Trainingsgruppe die Basiskompetenz „Raum kooperativ überbrücken“ am stärksten verbessern ($\beta=.653$, $p<.001$; $\beta=.547$, $p<.001$). Die Kontrollgruppe, welche ohne spezifisches Technik-Taktiktraining trainierte, verbesserte sich nicht bedeutend ($\beta=.197$, $p=.105$).
- Hinsichtlich der Basiskompetenz „Räume und Lücken erkennen und nutzen“ konnte auch die Interventionsgruppe bilateral die

größte Verbesserung erreichen ($\beta=.878$, $p<.001$), gefolgt von der Interventionsgruppe unilateral ($\beta=.775$, $p<.001$). Die Kontrollgruppe wies die geringste, dennoch ebenfalls eine signifikante Verbesserung auf ($\beta=.655$, $p<.001$).

- Die Kompetenz, das Ziel anzusteuern und die Wurfauswahl zu treffen, scheint mithilfe eines einseitig spezifischen Technik-Taktik-Trainings am stärksten gefördert zu werden ($\beta=.780$, $p<.001$). Auch ein bilaterales Training zeigt einen signifikant positiven Einfluss auf diese Kompetenz ($\beta=.493$, $p=.002$), wohingegen die Kontrollgruppe keine Verbesserung zeigte ($\beta=.088$, $p=.560$).
- Ein positives Trainingsergebnis zeigt sich sowohl bei hohem als auch bei niedrigem Ausgangsniveau. Tendenziell profitieren Spielerinnen und Spieler mit einem höheren Leistungsniveau stärker im Bereich „Raum kooperativ überbrücken“, während Spielerinnen und Spieler mit einem geringeren Leistungsniveau tendenziell stärker im Bereich „Ziel ansteuern und Wurfauswahl“ profitieren.
- Das Niveau der Interventionsgruppe bilateral bleibt auch nach Interventionsende robust, steigt jedoch nicht bedeutend weiter (Der Slope-Faktor 3 liegt im Bereich von $-.117$ bis $.116$; $p >.05$).
- Einen großen Einfluss auf die Leistungsentwicklung hat – wie zu erwarten war – die Trainingshäufigkeit. Inhaltlich betrachtet ist es naheliegend, dass Spielerinnen und Spieler, welche regelmäßig (mindestens 75%) das Training besucht haben, sich hinsichtlich der Leistungsentwicklung von Spielerinnen und Spielern, welche gelegentlich (unter 75%) im Training anwesend waren, unterscheiden. Dies konnte auch statistisch geprüft werden. (Das beste Modell schließt die Trainingshäufigkeit und die Gruppenzuordnung mit ein.)

4 Diskussion und Fazit

Die Trainingsgruppe, die beidseitig trainierte, erzielte die größte Verbesserung bezüglich der Basiskompetenz „Räume und Lücken erkennen und nutzen“, gefolgt von „Raum kooperativ überbrücken“ und „Ziel ansteuern und Wurfauswahl“.

Es wird angenommen, dass insbesondere taktische Aufgabenstellungen, die darauf abzielen, in Auseinandersetzungen mit Gegenspielern Zwischenräume für erfolgreiche Zuspiele zu identifizieren und zu nutzen, von bilateralen Trainingsinhalten profitieren.

Auch die taktische Basiskompetenz für das sichere Zusammenspiel mit Mitspielerinnen und Mitspielern, um den Ballbesitz zu behaupten und in torgefährliche Räume vorzudringen, scheint durch bilaterale Trainingsinhalte positiv beeinflusst zu werden. Die Häufigkeit des Trainings und die Teilnahme sind entscheidende Faktoren zur Leistungssteigerung, die auch in zukünftigen Studien untersucht werden sollten.

Jedoch weisen die beiden Interventionsgruppen nur geringfügige Unterschiede auf, sodass keine der Trainingsgruppen deutlich besser abschneidet. In der Praxis wird oft argumentiert, dass es nicht genug Zeit gibt, um beidseitiges Training durchzuführen. Diese Untersuchung zeigt jedoch, dass sich die Leistungsfähigkeit nicht verschlechtert, wenn weniger Trainingszeit für die dominante Seite zur Verfügung steht, weil bilateral trainiert wird.

Insgesamt lässt sich feststellen, dass das Niveau des individuellen taktischen Angriffsverhaltens über den gesamten Zeitraum hinweg als mittelmäßig einzustufen ist. Situationsangemessene und flexible Lösungen halten sich die Waage mit situationsunangemessenen und stereotypen Lösungen. Die situativen Aufgabenziele werden von den meisten Spielerinnen und Spielern nur teilweise erreicht, wobei insbesondere ein unangemessenes Timing eine Rolle spielt. Zudem be-

steht ein Verbesserungsbedarf des motorischen Repertoires für eine flexible Was- und Wie-Entscheidung. Es sollten weitere Studien mit längeren Interventionszeiträumen durchgeführt werden, um diese Ergebnisse zu replizieren und zu überprüfen, ob ein bilaterales Training langfristig dazu beitragen kann, die Defizite zu beheben.

Weitere Informationen zum Forschungsprogramm und zur praktischen Umsetzung von bilateralem Training sind u.a. im Online-Kurs „Bilaterales Training“ der DHB Online Akademie (<https://www.dhb-online-akademie.de>) zu finden.

5 Literatur

- Cirer-Sastre, R., Beltrán-Garrido, J. V. & Corbi, F. (2017). Contralateral effects after unilateral strength training: A meta-analysis comparing training loads. *Journal of Sports Science and Medicine*, 16, 180–186.
- Coté, J., Baker, J. & Abernethy, B. (2007). Practice and play in the development of sport expertise. In R. Eklund & G. Tenenbaum (Hrsg.), *Handbook of Sport Psychology* (3. Aufl., S. 184–202). Wiley.
- Cuenca-Martínez, F., Angulo-Díaz-Parreño, S., Feijóo-Rubio, X., Fernández-Solís, M. M., León-Hernández, J. V., LA Touche, R., & Suso-Martí, L. (2022). Motor effects of movement representation techniques and cross-education: a systematic review and meta-analysis. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 58(1), 94–107. <https://doi.org/10.23736/S1973-9087.21.06893-3>
- Ellenbecker, T. S. (2016). Perspectives from sports medicine. In *Laterality in Sports* (S. 107–131). Elsevier.
- Fieseler, G., Jungermann, P., Koke, A., Delank, K.-S. & Schwesig, R. (2014). Beweglichkeit der Wurfarmschulter sowie isometrische Kraftentwicklung und ihre Veränderungen unter Trainings- und Saisonbedingungen beim semi-/professionellen Handballspieler. Teil I. Veränderungen in der Saisonvorbereitungsphase. *Sport-Orthopädie – Sport-Traumatologie – Sports Orthopaedics and Traumatology*, 30(3), 238–248. <https://doi.org/10.1016/j.orthtr.2014.03.001>
- Geiser, C. (2011). Datenanalyse mit Mplus. Eine anwendungsorientierte Einführung (2., durchgesehene Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften/Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH.
- Hatzl, T. (2001). Effects of unilateral and bilateral training on shot velocity and shot accuracy in handball. Universität Innsbruck. Unveröffentlichter Forschungsbericht.
- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2014). Einführung in die Trainingswissenschaft (6. Aufl.). Limpert.
- Hox, J. J. (2010). *Multilevel analysis: Techniques and applications (Quantitative methodology series, 2. Aufl.)*. Routledge.
- Knobloch, I., Pieper, M. & Uhrmeister, J. (2020). *Ballschule Handball*. Hofmann-Verlag.
- König, S. & Memmert, D. (2019). Taktik und Taktiktraining im Sport. Anwendungsbereiche, Diagnostik, Trainingsformen, Organisation, Methoden, Anpassungen. In A. Güllich & M. Krüger (Hrsg.), *Bewegung, Training Leistung und Gesundheit* (S. 1–17). Springer.
- Memmert, D. (2004). *Kognitionen im Sportspiel*. Sport & Buch Strauß.
- Memmert, D. (2010). Testing of tactical performance in youth elite soccer. *Journal of Sports Science and Medicine*, 9(2), 199–205.
- Memmert, D. & König, S. (2019). Models of game intelligence and creativity in sport: Implications for skill acquisition. In N. J. Hodges & M-A. Williams (Hrsg.), *Skill acquisition in sport: Research, theory, and practice* (3. Aufl.). Routledge.

- Memmert, D. & König, S. (2021). Handballspiele werden im Kopf entschieden. Kognitives Training, Kreativität und Spielintelligenz im Amateur- und Leistungsbereich. Meyer & Meyer Verlag.
- Pabst, J. & Scherbaum, M. (2018). Kinderhandball. Von den Minis bis zur D-Jugend – ein Leitfaden für Trainer. Philippka-Sportverlag.
- Parrington, L. & Ball, K. (2016). Biomechanical considerations of laterality in sport. *Laterality in Sports* (S. 279–308). Elsevier.
- Ruß, N. (2019). Entwicklung einer taktischen Leistungsdiagnostik im Handball für den E- und D-Jugendbereich (unveröffentlichte Zulassungsarbeit). Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.
- Schorer, J., Tirp, J., Steingröver, C. & Baker, J. (2016). Laterality and its role in talent identification and athlete development. *Laterality in Sports* (S. 87–105). Elsevier.
- Stöckel, T. (2010). Beidseitiges Training im Sport. Die optimale anfängliche Übungsseite beim motorischen Lernen (Beiträge zur Lehre und Forschung im Sport, 175). Hofmann.
- Stöckel, T. & Weigelt, M. (2012). Brain lateralisation and motor learning: Selective effects of dominant and non-dominant hand practice on the early acquisition of throwing skills. *Laterality*, 17(1), 18–37. <https://doi.org/10.1080/1357650X.2010.524222>
- Weineck, J. (2020). Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings (17., überarbeitete und erweiterte Aufl.). Spitta.

Modellierung der Leistungsstruktur in den olympischen Gewehrdisziplinen Luft- und Kleinkalibergewehr

AZ: 070509/19-21

Sina Spancken, Marian Hoffmann, Stefan Müller, & Thorsten Stein (Projektleitung)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Sport und Sportwissenschaft (IfSS),
BioMotion Center

1 Problemstellung

Sportschießen ist in Deutschland weit verbreitet und erfordert von den Sportlerinnen und Sportlern eine hohe Konsistenz und Stabilität in der Fertigkeitdarbietung. Unter den vielen Disziplinen sind 20 olympisch, darunter das Luftgewehr- (LG) und Kleinkaliberschießen (KK). Beim LG werden 60 Schuss innerhalb von 75 min auf eine 10 m entfernte Scheibe freistehend abgegeben. Der Durchmesser der 10,0 beträgt 0,5 mm und der Ringabstand jeweils 2,5 mm (ISSF, 2017). Beim KK werden 60 Schuss innerhalb von 90 min in drei Positionen abgegeben: kniend, liegend, stehend (jeweils 20 Schuss). Die Scheibe ist 50 m entfernt und hat einen 10er Ring von 10,4 mm; der Ringabstand beträgt 8,0 mm (ISSF, 2017). Die Ergebnisse der vergangenen Weltmeisterschaften zeigen, dass im LG für einen Finaleinzug im Durchschnitt 10,5 Ringe getroffen werden mussten, während die durchschnittliche Ringzahl im KK von 9,8 Ringen aufgrund der erschwerten Bedingungen (z.B. Dreistellung, Umwelteinflüsse) niedriger ausfiel (Sius AG, 2023).

Die Kenntnis der Leistungsstruktur, d.h. des inneren Aufbaus der Schussleistung aus leistungsbestimmenden Einflussgrößen und ihren Wechselbeziehungen (Schnabel et al., 2014), ist eine unabdingbare Voraussetzung für die Erstellung von Trainingskonzepten zur Verbesserung der Schussleistung, die Umsetzung der trainingspraktischen Leistungsdiagnostik sowie für die Prozessdiagnostik von Trainingsentwicklungen. Bei der Analyse der Leistungsstruktur gilt es deshalb, die relevanten Leistungskomponenten der Wettkampfleistung zu identifizieren, eben-

so wie die Leistungsvoraussetzungen, die zur Durchführung der Wettkampfleistung benötigt werden (Seidel, 2017).

Aktuell bestehende Trainingspläne sowie die trainingspraktische Leistungsdiagnostik im LG und KK basieren vorwiegend auf Erfahrungswerten von Trainerinnen und Trainern; die wissenschaftliche Fundierung fehlt weitestgehend. Bis dato sind nur einzelne Merkmale der Leistungsstruktur wissenschaftlich untersucht und die vorliegenden Studien sind lediglich explorativ angelegt (Ihalainen et al., 2016). Wissenschaftlich evaluierte Leistungsstrukturmodelle für die olympischen Disziplinen LG und KK liegen weder dem DSB noch in der internationalen Fachliteratur vor. Das Antragsprojekt zielt daher auf die Modellierung und Strukturierung der sportlichen Schussleistung in den beiden olympischen Gewehrdisziplinen, LG und KK, ab.

2 Methode

Leistungsstrukturmodellierung

Mit dem vorliegenden Projekt wird ein theoriebasierter Ansatz verfolgt, der zunächst den Aufbau eines Pyramidenmodells für das LG und KK auf Basis des aktuellen Forschungsstands und der an den Stützpunkten des DSB vorhandenen Expertise vorsieht. Dazu wurde die internationale Fachliteratur systematisch aufgearbeitet (Spancken et al., 2021) und eine Befragung mittels Dominanz-Paar-Vergleich (Hoffmann et al., 2017) mit ausgewählten Trainerinnen und Trainern (Expertengruppe) des DSB durchgeführt, um eine Priorisierung der im systematischen

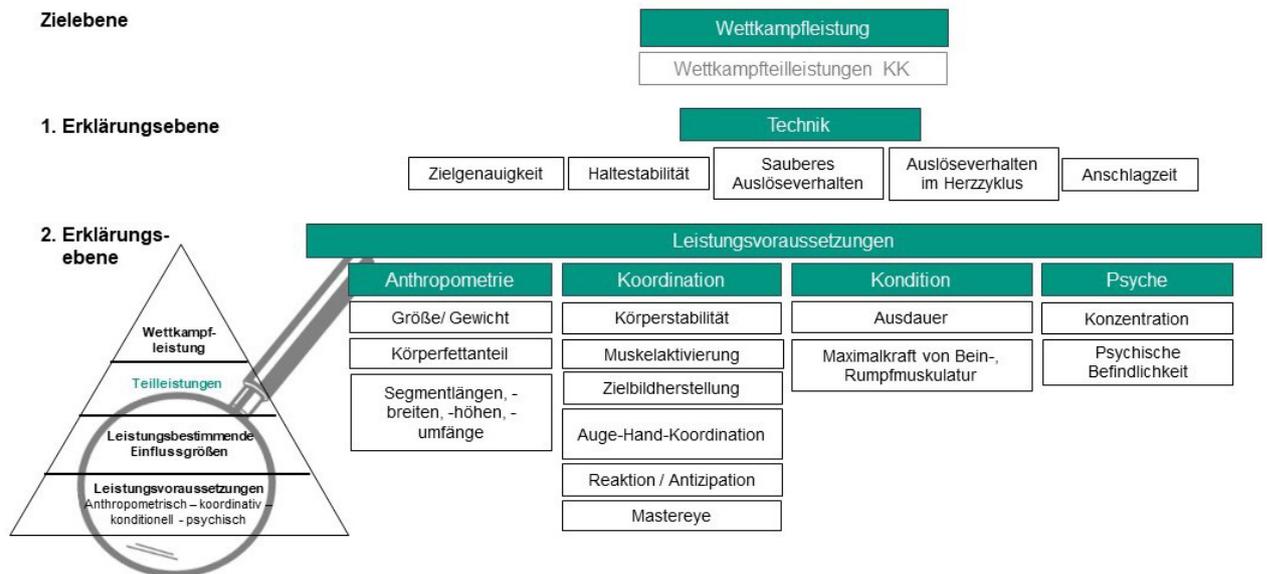


Abb. 1: Leistungsstrukturmodell im LG und KK (Wettkampfteilleistung kniend – liegend – stehend nur im KK).

Review leistungsbestimmenden Einflussgrößen durch sportpraktische Erfahrungen vorzunehmen. Auf Basis dieser Informationen wurde ein Pyramidenmodell entwickelt (Abb. 1; Spancken et al., 2022).

Stichprobe

An der Studie nahmen 36 Bundeskaderathletinnen und -athleten teil, 18 waren im Perspektivkader (PK; 54 % weiblich; $18,5 \pm 1$ Jahre; $171,9 \pm 7,8$ cm; $70,4 \pm 11,9$ kg) und 18 im Nachwuchskader 1 (NK1; 60 % weiblich; $171,6 \pm 8,7$ cm; $72,9 \pm 8,7$ kg). Die beiden Gruppen unterscheiden sich hinsichtlich Leistungsniveau, Trainingserfahrung und Alter. Alle Athletinnen und Athleten schossen beide Disziplinen (Ausnahme 1 LG-Spezialist).

Testprofile und Datenakquise

Die Datenaufnahme fand Corona-bedingt von November 2021 bis November 2022 während der Trainings- und Wettkampfsaison statt. In Tabelle 1 sind die beiden Testprofile dargestellt, die in enger Abstimmung mit einer Expertengruppe des DSB entwickelt wurden. Der Steps-Test, die Spiroergometrie und der Maximalkrafttest fanden an einem bzw. zwei aufeinanderfolgenden Tagen statt. Der Schießtest wurde an einem separaten Tag jeweils am Stützpunkt der Athle-

tinnen und Athleten durchgeführt. Der zeitliche Aufwand pro Athletin und Athlet betrug ca. zehn Stunden.

Der Schießtest startete für alle Athletinnen und Athleten mit dem simulierten LG-Wettkampf über 60 Schuss, gefolgt vom Dreistellungswettkampf des KK mit 30 Schuss pro Anschlag gemäß den ISSF-Regularien. Unmittelbar vor Wettkampfbeginn füllten die Testpersonen einen Fragebogen zur aktuellen psychischen Befindlichkeit aus (Steyer et al., 1997). Während des Wettkampfs waren die Testpersonen beim LG und KK in allen Anschlägen mit dem SCATT-System (<https://www.scatt.com/de>) verbunden und standen/knieten auf einer 3D-Kraftmessplatte (Eigenbau, 100Hz). Das EMG-System (Noraxon Ultium Wireless, 2000 Hz) war lediglich beim LG angebracht. Die Oberflächenelektroden (Ag/Ag-Cl) wurden auf dem Oberkörper auf (auf beiden Seiten des M. rectus abdominis, M. oblique externus abdominis, M. erector spinae, M. brachioradialis und M. flexor carpi ulnaris sowie auf der dominanten Seite am M. trapezius pars descendens und M. deltoideus pars clavicularis) der Testpersonen platziert. Für die Schussleistung, die SCATT-, Kraftmessplatten- und EMG-Daten liegen jeweils 60 bzw. 30 Werte vor.

Die Spiroergometrie wurde im Zuge der sportmedizinischen Untersuchung (Abteilung Sportmedizin, Prävention & Rehabilitation, Universität Mainz) der Athletinnen und Athleten durchgeführt. Gestartet wurde bei einer

Laufgeschwindigkeit von 4,5 km/h, die sich alle 3 min um 1,5 km/h bis zur vollständigen Ausbelastung erhöhte. Nach jeder Stufe wurden innerhalb von 30s Kapillarblut aus dem Ohrläppchen entnommen.

Tabelle 1: Testbatterie mit den absolvierten Tests, den erfassten Faktoren aus dem Leistungsstrukturmodell und den abgegriffenen bzw. berechneten Variablen

| Test | Faktor im Leistungsstrukturmodell | Erfassung durch ... / Abgegriffene / berechnete Variablen |
|------------------|--|--|
| Schießtest | Zielzeit Zielgenauigkeit Haltestabilität Auslöseverhalten | Erfassung durch SCATT-System Zielzeit: Zeit Zielgenauigkeit: 10,0 und 10,5 Haltestabilität: 10a0, 10a5, mm/s, mm/s/250 Auslöseverhalten: DA |
| | Körperstabilität | Erfassung durch 3D-Kraftmessplatte und Berechnung der Variablen Center of Pressure (CoP) für alle Schüsse im Stehend- und Kniend-Anschlag: CoP path length (PL) ML* / AP*, CoP sway ML / AP für Zeitfenster 2-1s und 1-0s vor dem Schuss <small>*ML = medio-lateral (in Schussrichtung); * AP = anterior-posterior (entgegen d. Schussr.)</small> |
| | Muskelaktivität | Erfassung durch EMG-System; Berechnung der zeitlichen Veränderung der Muskelaktivität 2-1s und 1-0s vor dem Schuss |
| | Ausdauer/Psyche | Ermittelt wurde die Herzfrequenz (HF) während des Schießens im Vergleich zur Ruheherzfrequenz und die Herzfrequenzvariabilität |
| | Auslöseverhalten im Herzzyklus | Berechnung des prozentualen Zeitpunkts innerhalb eines RR-Intervalls (Abstand zwischen zwei Herzschlägen), in dem der Schuss fällt |
| Schießtest | Psychische Befindlichkeit | Erfassung von Wachheit-Müdigkeit, Ruhe-Unruhe, Gute-Schlechte Stimmung durch einen Fragebogen unmittelbar vor Wettkampfbeginn |
| | Steps-Test | Erfassung durch Diagnoseprogramm Steps am Computer Zeit in ms Zeit in ms Zeit in ms und Abstand in mm zum Mittelpunkt Abweichung vom Mittelpunkt Zeit in ms |
| Maximalkrafttest | Maximalkraft | Erfassung der isometrischen Maximalkraft der Rumpf- und Oberschenkelmuskulatur mit einem Kraftmessstuhl (Diers myoline professional, DIERS International GmbH) |
| Spiroergometrie | Ausdauer | Erfassung der Herzfrequenz, Geschwindigkeit, Laktat, VO ₂ an der aeroben Schwelle durch eine Spiroergometrie |

Statistische Prüfung

Die erhobenen Daten wurden auf inter- und intraindividuelle Ebene analysiert. Interindividuelle Verfahren untersuchen, wie sich die Ergebnisse zwischen den einzelnen Athletinnen und Athleten verhalten. Als Ergebnis kann bspw. ausgesagt werden, dass Athletinnen und Athleten mit einer höheren Haltestabilität eine höhere Schussleistung haben. Korrelationsanalysen wurden durchgeführt, um Zusammenhänge mit der Schussleistung zu analysieren. Für komplexe statistische Verfahren besteht aufgrund der Größe der akquirierten Stichprobe (36 Bundeskaderathletinnen und -athleten) die Gefahr eines overfittings (69 Variablen). Aus diesem Grund wurden die Variablen zunächst mit einer Hauptkomponentenanalyse mit Varimax-Rotation reduziert und die extrahierten Hauptkomponenten wurden als Input für komplexe statistische Verfahren verwendet. Im Anschluss wurde eine multiple Regression berechnet, um die Schussleistung durch mehrere Prädiktoren vorherzusagen. Aufgrund des Nachteils, dass lediglich zwei Ebenen abgebildet werden können, wurde in einem weiteren Schritt eine Strukturgleichungsanalyse berechnet, um komplexere Zusammenhänge auf mehreren Ebenen darzustellen.

Intraindividuelle Verfahren werden auf der Within-subject- und damit auf einer schussbezogenen Ebene durchgeführt. Hiermit kann ausgesagt werden, welche leistungsbestimmenden Einflussgrößen auf die Schussleistung innerhalb von Athletinnen und Athleten vorliegen. Als Ergebnis kann bspw. die Aussage stehen, dass eine höhere Haltestabilität zu einer höheren Schussleistung innerhalb einer Testperson führt. Auf intraindividuelle Ebene wurde die Mehrebenenmodellierung eingesetzt.

Die Auswertung der Daten erfolgte mithilfe von Microsoft Excel bzw. in Matlab (The MathWorks, Natick, MA, USA), womit die Auswerterroutinen für die Kraftmessplatte und die EMG-Daten programmiert wurden. Die statistische Analyse wurde mit der Software IBM SPSS Statistics (IBM Co., Armonk, New York, USA, Version 25) und der Open Source-Statistikumgebung R (R Development Core Team, 2008) durchgeführt.

3 Ergebnisse

Zu Beginn stand jeweils die Prüfung der Anwendungsvoraussetzungen. Diese beinhaltete die Prüfung auf Normalverteilung der Daten, die Ausreißerbereinigung und die Prüfung auf Linearität und Multikollinearität (nur multiple Regression).

3.1 Analyse der Schussleistungen

Beim LG schießen die NK1-Athletinnen und -Athleten im Mittel $617,8 \pm 4,6$ Ringe und die PK-Athletinnen und -Athleten im Durchschnitt $621,3 \pm 5,5$ Ringe. Eine Unterschiedsprüfung mittels t-Test ergab einen signifikanten Unterschied zwischen NK1- und PK-Athletinnen und -Athleten ($p = .047$). Beim KK schießen die NK1-Athletinnen und -Athleten im Mittel 871 ± 9 Ringe und die PK-Athletinnen und -Athleten im Durchschnitt 877 ± 8 Ringe. Eine Unterschiedsprüfung mittels t-Test ergab einen signifikanten Unterschied zwischen NK1- und PK-Athletinnen und -Athleten ($p = .043$). Bei beiden Disziplinen besteht jedoch kein Einfluss des Geschlechts, d.h., männliche Athleten unterscheiden sich nicht signifikant von weiblichen Athletinnen hinsichtlich der Schussleistung (LG NK1 $p = .295$, PK $p = .695$; KK NK1 $p = .352$, PK $p = .237$). Auf der Basis dieser Ergebnisse wurden für die folgenden Analysen männliche und weibliche Testpersonen innerhalb eines Kaders zusammengefasst und die beiden Kader in den weiteren Modellierungs- und Analyseschritten getrennt behandelt.

3.2 Leistungsstrukturmodellierung Luftgewehr

Korrelationsanalysen mit der Schussleistung wurden getrennt nach Kader durchgeführt. Die zentralen Erkenntnisse sind, dass bei den PK-Athletinnen und -Athleten mehr Variablen ($n = 34$) in Zusammenhang mit der Schussleistung stehen als bei den NK1-Athletinnen und -Athleten ($n = 21$). Nach Cohen (1988) sind alle Korrelationskoeffizienten $> .5$ als groß einzuordnen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Ausgewählte Korrelationskoeffizienten ($r > .5$) für das Luftgewehr

| Kategorie | NK1-Athletinnen und -Athleten | PK-Athletinnen und -Athleten |
|--------------|---|---|
| Technik | COP PL AP 1-0s $r = -.651$ | SCATT 10a5 (Haltestabilität) $r = .715$ SCATT DA (Auslöseverhalten) $r = -.762$ Auslöseverhalten im Herzzyklus $r = .751$ |
| Koordination | Muskelaktivität gerader Bauch re 1-0s $r = .622$ Reaktionsfähigkeit $r = -.603$ | |
| Kondition | Maximalkraft Rumpf in Lateralflexion links $r = .691$ | Höhe HF in Bezug zur Ruhe-HF $r = -.752$ |

Die im Abschnitt Statistische Prüfung beschriebenen multiplen Regressionen und Strukturgleichungsanalysen sowie die Mehrebenenmodellierungen sind noch nicht vollständig berechnet und werden noch im Laufe des Jahres 2023 bei internationalen Fachzeitschriften eingereicht.

3.3 Modellprüfung Kleinkaliber

Korrelationsanalysen mit der Schussleistung wurden getrennt nach Anschlägen und Kadern durchgeführt. Die zentralen Erkenntnisse sind, dass in den Riemenansschlägen (kniend und liegend) weniger Variablen (kniend NK1 $n = 7$, PK $n = 3$; liegend NK1 $n = 4$, PK $n = 3$) in Zu-

sammenhang mit der Schussleistung stehen als im Stehendanschlag (NK1 $n = 8$, PK $n = 10$). Die Leistungshomogenität scheint deshalb in den Riemenansschlägen höher zu sein. Nach Cohen (1988) sind alle Korrelationskoeffizienten $> .5$ als groß einzuordnen. Im Folgenden werden die größten Zusammenhänge pro Anschlag aufgezeigt (Tabelle 3).

Die im Abschnitt Statistische Prüfung beschriebenen multiplen Regressionen und Strukturgleichungsanalysen sowie die Mehrebenenmodellierungen sind noch nicht vollständig berechnet und werden noch im Jahr 2023 bei internationalen Fachzeitschriften eingereicht.

Tabelle 3: Ausgewählte Korrelationskoeffizienten für die drei KK-Anschläge

| Kniendanschlag | | | |
|-----------------|--|--|--|
| | Kategorie | NK1-Athletinnen und -Athleten | PK-Athletinnen und -Athleten |
| Technik | | SCATT 10,0, 10,5, mm/s, mm/s/250 (Haltestabilität) $-.547 > r < .706$ SCATT DA (Auslöseverhalten) $r = -.845$ | SCATT 10,5 (Zielgenauigkeit) $r = .502$ SCATT DA (Auslöseverhalten) $r = -.501$ |
| Liegendanschlag | | | |
| | Kategorie | NK1-Athletinnen und -Athleten | PK-Athletinnen und -Athleten |
| Technik | | | SCATT DA (Auslöseverhalten) $r = -.496$ |
| Koordination | | | Antizipationsfähigkeit $r = .600$ |
| Kondition | Maximalkraft Rücken $r = .541$ | | |
| Psyche | Wachheit $r = .550$ Ruhe $r = .625$ | | Ruhe $r = .592$ |
| Stehendanschlag | | | |
| | Kategorie | NK1-Athletinnen und -Athleten | PK-Athletinnen und -Athleten |
| Technik | | | SCATT 10a5 (Haltestabilität) $r = .631$ |
| Kondition | | Maximalkraft Beinflexion li / re $r = -.484 / r = -.731$ Maximalkraft Beinextension li $r = .690$ | Maximalkraft Lateralflexion Rumpf li $r = .627$ |
| Psyche | | | Ruhe $r = .792$ |

4 Diskussion und Ausblick

Ziel dieses Projekts war die Entwicklung und Prüfung eines Leistungsstrukturmodells für die olympischen Gewehrdisziplinen LG und KK. Hierzu wurden (1) die internationale Fachliteratur erstmals systematisch analysiert und die Erkenntnisse open-access publiziert (Spancken et al., 2021). (2) Die Befunde der systematischen Literaturanalyse wurden mit einer Experten-Gruppe des DSB besprochen und mittels eines Dominanz-Paar-Vergleichs wurde versucht, eine Priorisierung der leistungsbestimmenden Einflussgrößen auf der Basis sportpraktischer Expertise vorzunehmen. (3) Aus diesen Vorarbeiten wurde erstmals ein Leistungsstrukturmodell für LG und KK entwickelt und publiziert (Spancken et al., 2022). (4) Es wurde in enger Absprache mit dem DSB iterativ ein Testprofil für die olympischen Disziplinen LG und KK entwickelt. Dabei mussten die beiden Anforderungen so ausbalanciert werden, dass das Testprofil einerseits zur Prüfung des entwickelten Leistungsstrukturmodells eingesetzt und andererseits zukünftig auch in der Routinediagnostik im DSB angewendet werden kann. Dabei sollte insbesondere die technologische Ausstattung des Bundesstützpunktes in Wiesbaden mitgedacht werden, da hier im Rahmen der Auftaktlehrgänge die trainingspraktische Leistungsdiagnostik durchgeführt wird. (5) Die Ergebnisse einer Pilotsudie wurden aufgearbeitet und auf einer Trainertagung allen Landes- und Bundes-trainerinnen und -trainern präsentiert und die Befunde gemeinsam diskutiert. (6) Trotz mehrmaliger Corona-bedingter Verschiebungen (individuelle Erkrankungen aller Beteiligten und zeitweise Lockdowns) von Messterminen und unter Beachtung der individuellen Trainings- und Saisonplanung ist es gelungen, dass 36 der 43 Bundeskaderathletinnen und -athleten das entwickelte Testprofil absolviert haben (zeitlicher Umfang pro Testperson 10h). (7) Alle erhobenen Daten sind fertig aufbereitet und es wurden eine Auswertungsstrategie entwickelt und entsprechende Auswertungsskripte erstellt.

Aufgrund der schwierigen Randbedingungen wird aktuell noch an den statistischen Analysen gearbeitet. Erste Ergebnisse sind aktuell beim 28. Jah-

reskongress des European College of Sport Science sowie beim 26. Hochschultag der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft eingereicht. Darüber hinaus wird gerade an zwei internationalen Zeitschriftenbeiträgen gearbeitet, die im Laufe des Sommers eingereicht werden. Die Ergebnisse dieser Analysen werden abschließend mit den Trainerinnen und Trainern des DSB besprochen, um den Wissenstransfer in die Sportpraxis sicherzustellen. Ein weiterer Artikel für die Zeitschrift *Leistungssport* ist diesbezüglich in Planung.

5 Literatur

- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. Aufl.). Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Hoffmann, M., Moeller, T., Seidel, I. & Stein, T. (2017). Predicting elite triathlon performance: A comparison of multiple regressions and artificial neural networks. *International Journal of Computer Science in Sport*, 16 (2), 101-116.
- Ihalainen, S., Kuitunen, S., Mononen, K. & Linnamo, V. (2016). Determinants of elite-level air rifle shooting performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 26 (03), 266-274.
- ISFF Rules and Regulations (2017). International Shooting Sport Federation official statutes and regulations. Download unter <https://www.issf-sports.org/documents/rules/2017/ISSFRuleBook2017-2ndPrintV1.2-ENG.pdf>.
- Schnabel, G., Harre, D. & Krug, J. (2014). *Trainingslehre – Trainingswissenschaft. Leistung – Training – Wettkampf* (3. aktualisierte Aufl.). Aachen: Meyer & Meyer.
- Seidel, I. (2017). Struktur und Prognose der sportlichen Leistung. In K. Hottenrott & I. Seidel. *Handbuch Trainingswissenschaft – Trainingslehre* (S. 62-76). Schorndorf: Hofmann-Verlag.

- Sius AG (2022). European Championship Bologna/Tolmezzo. Zitiert nach results.sius.com. <https://results.sius.com/Events.aspx?Championship=EuropeanChampionship20190912BolognaTolmezzoITA>.
- Spancken, S., Hoffmann, M., Müller, S., Steingrebe, H. & Stein, T. (2022). Leistungsbestimmende Merkmale in den olympischen Disziplinen Luft- und Kleinkalibergewehr. *Leistungssport*, 52 (4), 26–31.
- Spancken, S., Steingrebe, H. & Stein, T. (2021). Factors that influence performance in Olympic air-rifle and small-bore shooting: a systematic review. *PLoS One*, 16 (3): e0247353.
- Steyer, R., Schwenkmezger, P., Notz, P. & Eid, M. (1997). *Der Mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen*. Göttingen: Hogrefe, Verl. für Psychologie.

Individualisierte Trainingssteuerung durch differenzierte Diagnostik von Muskel und Sehne

AZ: 070509/20-22

Kolja Weidlich, Falk Mersmann & Adamantios Arampatzis (Projektleitung)

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

1 Problem

Sehnen übertragen die vom Muskel generierten Kräfte auf das Skelett und können durch ihre Elastizität mechanische Energie speichern und zurückführen, wodurch die Arbeitsweise des Muskels hinsichtlich des Kraftpotenzials entscheidend mit beeinflusst wird (Bohm et al., 2018; Kawakami & Fukunaga, 2006). Trainingsinduzierte Veränderungen der Muskelkraft können jedoch das sensible Zusammenspiel der Muskel-Sehnen-Einheit stören, sofern sich die Widerstandsfähigkeit der Sehne nicht entsprechend der Muskelkraft entwickelt. Sehnen können sich prinzipiell an mechanische Belastung anpassen und zeigen, basierend auf Veränderungen der Materialeigenschaften oder des Querschnitts, eine Adaptation ihrer Steifigkeit – der Widerstandsfähigkeit der Sehne (Bohm et al., 2015). Eine ausgewogene Adaptation von Muskel und Sehne ist durch den unterschiedlichen Gewebeumsatz als Antwort auf mechanische Belastungsformen allerdings nicht notwendigerweise gegeben (Arampatzis et al., 2007; Heinemeier et al., 2013). Steigt beispielsweise die Muskelkraft ohne adäquate Zunahme der Widerstandsfähigkeit der Sehne, steigt auch die unter Muskelanspannung auftretende Dehnung und damit die Beanspruchung der Sehne, wodurch degenerative Prozesse im Gewebe initiiert werden könnten (Wang et al., 2013; Wren et al., 2003). Insbesondere bei Athletinnen und Athleten aus Sportarten mit plyometrischem Belastungsprofil, welches zur Stimulation der Adaptation von Sehnen eher ungünstig scheint (Bohm et al., 2014), häufen sich die Berichte von Dysbalancen der Muskel-Sehnen-Adaptation und damit einer erhöhten Beanspruchung (d.h.

Dehnung) der Sehnen (Charcharis et al., 2019; Karamanidis & Epro, 2020; Mersmann et al., 2016; 2017b, Pentidis et al., 2021). Bei männlichen jugendlichen Athleten gibt es bereits Belege, dass derartige Dysbalancen die strukturelle Integrität des Sehnengewebes beeinträchtigen können (Mersmann et al., 2019, 2021) und das Risiko, Überlastungsbeschwerden zu entwickeln, erhöhen (Mersmann et al., 2022). Es scheint demnach gerade in Risikosportarten für Tendinopathien sinnvoll, die Widerstandsfähigkeit von Sehnen gezielt zu fördern.

Ein entscheidender Faktor für die Adaptation von Sehnen ist die Magnitude der durch die Muskelanspannung erzeugten Dehnung der Sehne, die zwischen 4,5 und 6,5% (der Ruhelänge) betragen sollte, um einen effektiven Stimulus für die Sehne zu bieten (Arampatzis et al., 2007, 2010; Wang et al., 2013). Die hohe Prävalenz von Muskel-Sehnen-Dysbalancen bei Athletinnen und Athleten impliziert jedoch, dass es individuell recht unterschiedlich sein kann, bei welchem Krafteinsatz (bezogen auf das isometrische Maximum) diese günstige Dehnungsmagnitude erreicht wird (Arampatzis et al., 2020). Ziel dieses Forschungsprojektes war es demnach, mit einem gezielten Training für die Adaptation der Sehne bei männlichen erwachsenen Volleyball-Athleten die Belastung basierend auf dem individuellen Kraft-Dehnungs-Verhältnis der Patellarsehne so anzupassen, dass die Sehne mit etwa 5,5 bis 6,5 % Dehnung im Training adaptionswirksam beansprucht wird. Dabei wurde die Hypothese aufgestellt, dass sich durch das individualisierte Sehnentraining Dysbalancen von Muskel und Sehne abbauen bzw. vermeiden lassen.

2 Methode

Es wurden zwei Gruppen bestehend aus männlichen erwachsenen Volleyballspielern eingeschlossen, wobei eine das individualisierte Muskel-Sehnen-Training (n=15, 27,5 ± 7,8 Jahre, 1,87 ± 0,07 m, 84,3 ± 7,7 kg) absolvierte und die andere als Kontrollgruppe (n=13, 30,7 ± 1,9 Jahre, 1,90 ± 0,08 m, 82,2 ± 7,9 kg) diente. Die Interventionsgruppe absolvierte drei sehnenspezifische Trainingseinheiten pro Woche, die aus fünf Sätzen mit je vier isometrischen Knieextensionen (3 s Belastung, 3 s Entlastung) bestanden. Der Zielbereich der Belastung wurde für jeden Athleten basierend auf der Kraft-Dehnungs-Relation individuell so gewählt, dass die Dehnung im Training etwa 5,5 bis 6,5 % erreichte. Zur Gewährleistung einer möglichst exakten Belastungskontrolle wurde das Training mit mobilen isometrischen Trainingsgeräten durchgeführt, die ein direktes Feedback über die erzeugten Kräfte und so über die individuelle Belastung ermöglichten. An vier Terminen der Wettkampfsaison (M1-4; alle 12 Wochen) wurden in beiden Gruppen die maximale isometrische Muskelkraft der Knieextensoren, sowie die Steifigkeit und maximale Dehnung der Patellarsehne bestimmt. Nach jeweils sechs Wochen erfolgte in der Interventionsgruppe eine weitere Muskel-Sehnen-Diagnostik zur Aktualisierung der individuellen Trainingsbelastung.

Für die Bestimmung der Muskelkraft wurden drei maximale willkürliche isometrische Knieextensionen (MVC) bei einem Kniewinkel von 60° (0° = Knie gestreckt) in einem mobilen Diagnostiksystem durchgeführt und das resultierende Drehmoment im Kniegelenk berechnet (Arampatzis et al., 2020). Zudem wurde bei fünf

zusätzlichen Kontraktionen mit kontinuierlichem Kraftanstieg die Längenänderung der Patellarsehne mit einer linearen Ultraschallsonde (7,5 MHz, 10 cm Breite, ESAOTE MyLab 60) aufgezeichnet und nachfolgend die Elongation gemessen. Die Ruhelänge der Patellarsehne wurde durch einen Spline durch die unteren Ansatzpunkte der Sehne und zwei zusätzliche Markierungen entlang der Untergrenze der unbelasteten Sehne berechnet (Mersmann et al., 2017b) und dann die Dehnung der Patellarsehne (Elongation normiert auf die Ruhelänge) ermittelt. Die Steifigkeit wurde als Anstieg der Kraft-Längenänderungsrelation zwischen 50 % und 85 % der maximalen Sehnenkraft berechnet.

Die interventionsbedingten Veränderungen (M1-M4) wurden mit einem linearen gemischten Modell analysiert. Im Falle einer signifikanten Zeit-Gruppen-Interaktion oder eines Haupteffekts der Zeit wurden Post-hoc-Tests mit Benjamini-Hochberg-Korrektur angewandt. Nach Überprüfung auf Normalverteilung mit dem Kolmogorow-Smirnow-Test wurde die Korrelation zwischen der maximalen Dehnung bei M1 und der Veränderung der Steifigkeit von M1 zu M4 mit dem Pearson-Korrelationskoeffizienten (r) berechnet.

3 Ergebnisse

Das maximale Kniegelenkmoment zeigte keinen Haupteffekt der Gruppe (p = 0,155) - oder Zeit*Gruppen-Interaktion (p = 0,374), jedoch einen Haupteffekt der Zeit (p < 0,001). In den Post-hoc-Tests erreichte jedoch nur der Vergleich von M1 zu M4 in der Kontrollgruppe das Signifikanzniveau (p < 0,001) (Tabelle 1).

Tabelle 1: Das maximale Kniegelenkmoment während der MVC an den vier Messzeitpunkten (M1-M4)

| | Kontrolle | | | | Intervention | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|--------------|------------|------------|-----------|
| | M1 n=11 | M2 n=11 | M3 n=10 | M4 n=11 | M1 n=10 | M2 n=10 | M3 n=10 | M4 n=9 |
| Moment* (Nm) | 301± 34 | 303± 55 | 296,4± 38 | 331,5± 34a | 304± 93 | 337± 54 | 340± 58 | 352± 50 |
| Die Zahlen sind Mittelwerte ± Standardabweichung der gegebenen experimentellen Daten. *Haupteffekt der Zeit; a signifikanter Unterschied zu Baseline. | | | | | | | | |

Die Kraft, die auf die Patellarsehne während der MVC übertragen wird, zeigte keinen Haupteffekt der Gruppe ($p = 0,110$) oder Zeit*Gruppen-Interaktion ($p = 0,319$), jedoch einen Effekt der Zeit ($p < 0,001$), der in einer signifikanten Zunahme der Sehnenkraft in der Kontrollgruppe zwischen M1 und M4 ($p < 0,001$) resultierte (Abb. 1, A). In der Interventionsgruppe wurden in der Sehnenkraft keine signifikanten Unterschiede innerhalb der vier Messungen festgestellt (Abb. 1, A). Für die Steifigkeit der Patellarsehne gab es einen signifikanten Haupteffekt der Zeit ($p = 0,033$) und der Zeit*Gruppen-Interaktion ($p = 0,017$) ohne signifikanten Haupteffekt der Gruppe ($p = 0,269$). Die Post-hoc-Analyse zeigte eine Zunahme der Patellarsehnensteifigkeit ausschließlich in der Interventionsgruppe von M1 zu M4 ($p < 0,01$) (Abb. 1, B).

In der maximalen, während der MVC erreichten Patellarsehnenendehnung wurde ebenfalls eine signifikante Zeit*Gruppen-Interaktion gefunden ($p < 0,001$). In der Post-hoc-Analyse zeigte sich für die Kontrollgruppe eine signifikante Zunahme der Dehnung zwischen M1 und M3 ($p = 0,028$) und für die Interventionsgruppe eine signifikante Abnahme ($p = 0,017$) von M1 zu M4 (Abb. 1, C). Die maximale Patellarsehnenendehnung in M1 und die relative Änderung der Steifigkeit von M1 zu M4 zeigten einen signifikanten Zusammenhang in der Interventionsgruppe ($r = 0,69$, $p = 0,041$), jedoch nicht in der Kontrollgruppe ($r = 0,51$, $p = 0,155$, Abb. 2).

4 Diskussion

In der vorliegenden Längsschnittstudie wurden die Effekte individualisierter Belastungen für die Patellarsehne auf Muskel-Sehnen-Dysbalancen bei männlichen erwachsenen Volleyballathleten untersucht. Die Einbindung eines gezielten, auf die individuellen Muskel-Sehneigenschaften abgestimmten Belastungsprogrammes in das Training führte zu einer Zunahme der Patellarsehnensteifigkeit und einer Abnahme der Dehnung bei maximalen Muskelanspannungen. In der Kontrollgruppe zeigte sich hingegen eine deutliche Zunahme der Dehnung zum dritten Messzeitpunkt und damit ein erhöhtes poten-

zielles Verletzungsrisiko. Unsere Hypothese konnte demnach bestätigt werden.

Eine Dysbalance von Muskelkraft und Sehnensteifigkeit kann die Sehnenendehnung und dementsprechend die mechanische Beanspruchung der Sehne erhöhen, insbesondere bei Sportlern, die hohen plyometrischen Belastungen ausgesetzt sind (Mersmann et al., 2017a). Sehnenendehnungen von mehr als 9 % bei maximaler Muskelanspannung gelten als Indikator für potenziell schädliche Muskel-Sehnen-Dysbalancen (Arampatzis et al., 2020). Aktuelle Daten zufolge steigt das Risiko, Überlastungsbeschwerden der Sehne zu entwickeln, bei derart hohen Dehnungen um den Faktor 2,3 (Mersmann et al., 2022). In der vorliegenden Studie wurden erstmals gezielte, individualisierte Belastungen der Patellarsehne in das Training dieser Athleten integriert, mit dem Ziel, eine möglichst adaptionswirksame Beanspruchung zu erzeugen, die im Verlauf einer Wettkampfsaison zu einer signifikanten Reduktion der maximal erreichten Dehnung in der Interventionsgruppe führte. In der Kontrollgruppe wurde hingegen eine signifikante Zunahme der maximal erreichten Dehnung von M1 zu M3 verzeichnet.

Die positiven Interventionseffekte gegen das Auftreten muskulotendinöser Dysbalancen und hoher Sehnenendehnung beruhten auf Veränderungen der Sehnensteifigkeit, welche in der Interventionsgruppe signifikant zunahm, jedoch trotz zunehmender Sehnenkraft keine systematischen Änderungen in der Kontrollgruppe zeigte. Die Folge war eine Zunahme der Patellarsehnenendehnung während der MVC in der Kontrollgruppe, die bei den meisten Athleten in Dehnungswerten über der kritischen Schwelle von 9% resultierten. Das plyometrische Belastungsprofil im Volleyball scheint experimentellen Studien zufolge keinen günstigen Stimulus für die Adaptation der Sehne darzustellen (Bohm et al., 2014). Durch die individualisierte Belastung, die gezielt Sehnenendehnungen in dem als besonders adaptionswirksam angenommenen Bereich hinsichtlich Magnitude (5,5 % bis 6,5 %) und Dauer (~ 3 s) auslösen sollte, konnte das Training um effektive Belastungsreize für die Sehne ergänzt werden. In der In-

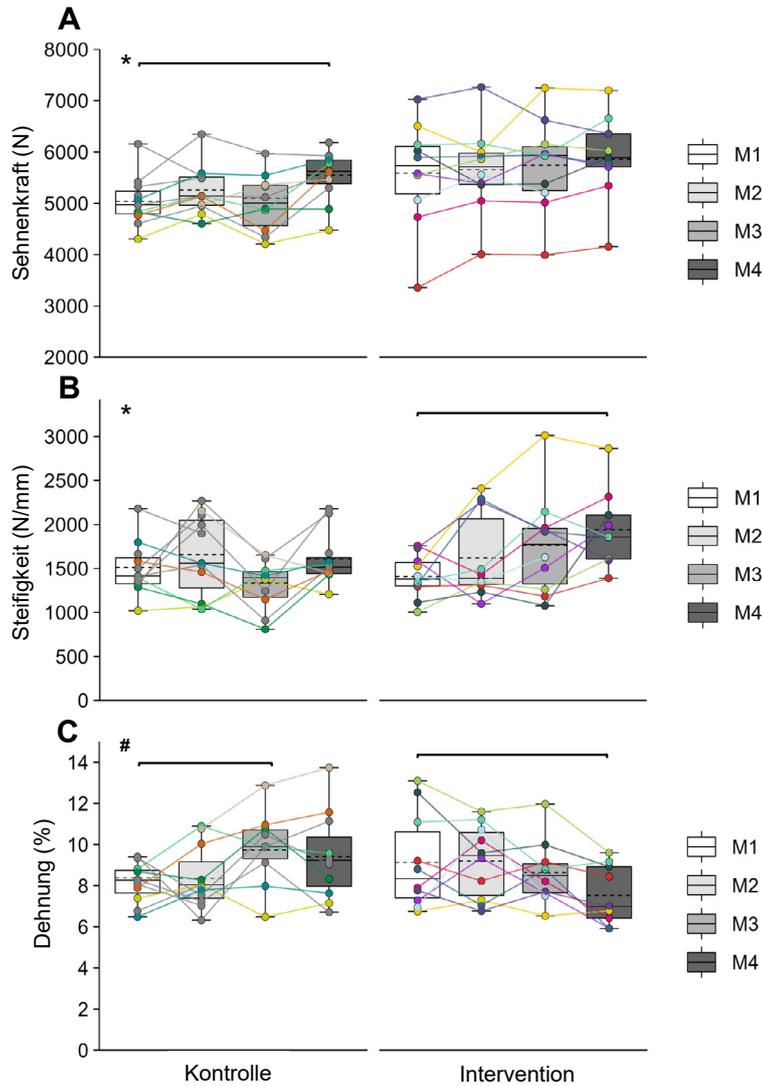


Abb. 1: Übertragene Kraft auf die Patellarsehne während der maximalen isometrischen Knieextension (A), Steifigkeit (B) und maximale Dehnung (C) der Patellarsehne der Kontrollgruppe (links) und Interventionsgruppe (rechts) im Verlauf einer Wettkampfperiode jeweils im Abstand von 12 Wochen (M1 bis M4). Die farbigen Marker und zugehörigen Linien zeigen die individuellen Werte und innerhalb der Boxen sind der geschätzte Mittelwert des gemischt-linearen Modells (gestrichelt) und der Median der Stichprobe (uni) dargestellt. *Signifikanter Haupteffekt der Zeit; # Signifikante Zeit*Gruppen-Interaktion; die Klammern indizieren signifikante Unterschiede der Post-hoc-Vergleiche.

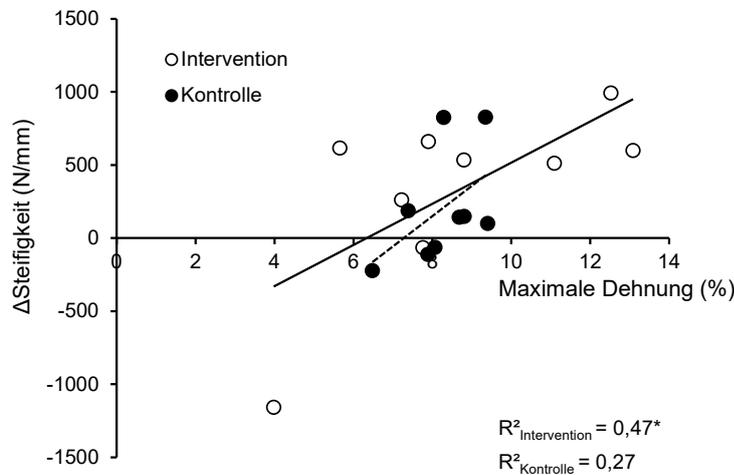


Abb. 2: Zusammenhang zwischen der maximalen Dehnung der Patellarsehne bei M1 und der Patellarsehnensteifigkeitsänderung von M1 zu M4. Eine signifikante Korrelation zeigte sich nur in der Interventionsgruppe ($p = 0,041$).

terventionsgruppe wurde so trotz Zunahme der Muskelkraft (16 %) die Dehnung und damit die mechanische Beanspruchung der Sehne reduziert. Insbesondere Athleten, die zum Studienbeginn hohe Dehnungswerte aufwiesen, zeigten eine deutliche Zunahme der Sehnensteifigkeit durch die Trainingsintervention. Es bestand eine Korrelation ($r = 0,69$, $p = 0,041$) der maximalen Sehnenstreckung bei M1 und der relativen Zunahme der Sehnensteifigkeit in der Interventionsgruppe, jedoch nicht in der Kontrollgruppe. Daher konnten insbesondere die Athleten mit ausgeprägten Muskel-Sehnen-Dysbalancen und erhöhter Beanspruchung des Sehngewebes den größten Nutzen aus der individualisierten Trainingsintervention ziehen.

Mit diesem Forschungsprojekt konnte gezeigt werden, dass durch gezielte und anhand der individuellen Sehneneigenschaften regulierte Belastungen die Widerstandsfähigkeit der Patellarsehne erhöht und dadurch die Dehnung bei maximalen Muskelkräfteeinsätzen reduziert werden kann. Bei einer gegebenen Belastung reduziert sich damit die mechanische Beanspruchung der Sehne. Die individuelle Belastung, bestehend aus isometrischen Knieextensionen in fünf Sätzen mit jeweils vier Wiederholungen über drei Sekunden Belastungsdauer mit einem Zielwert der Sehnenstreckung zwischen 5,5 % und 6,5 %, konnte nahtlos in die vorhandene Trainingsroutine der Athleten integriert werden.

Individualisierte Sehnentrainingsprogramme können somit zur Prävention von Muskel-Sehnen-Dysbalancen und den damit assoziierten potenziell negativen Konsequenzen für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Athlet*innen genutzt werden.

5 Literatur

Arampatzis, A., Bohm, S., & Mersmann, F. (2018). Individualisierte Trainingssteuerung durch differenzierte Muskel-Sehnen-Diagnostik. *Leistungssport*, 48, 17–21.

Arampatzis, A., Karamanidis, K., & Albracht, K. (2007). Adaptational responses of the human Achilles tendon by modulation of the applied cyclic strain magnitude. *Journal of Experimental Biology*, 210, 2743–2753. <https://doi.org/10.1242/jeb.003814>

Arampatzis, A., Mersmann, F., & Bohm, S. (2020). Individualized Muscle-Tendon Assessment and Training. *Frontiers in Physiology*, 11, 723. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00723>

Arampatzis, A., Peper, A., Bierbaum, S., & Albracht, K. (2010). Plasticity of human Achilles tendon mechanical and morphological properties in response to cyclic strain. *Journal of Biomechanics*, 43, 3073–3079.

Bohm, S., Marzilger, R., Mersmann, F., Santuz, A., & Arampatzis, A. (2018). Operating length and velocity of human vastus lateralis muscle during walking and running. *Scientific Reports*, 8, 5066. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-23376-5>

Bohm, S., Mersmann, F., & Arampatzis, A. (2015). Human tendon adaptation in response to mechanical loading: A systematic review and meta-analysis of exercise intervention studies on healthy adults. *Sports Medicine - Open*, 1, 7.

Bohm, S., Mersmann, F., Tettke, M., Kraft, M., & Arampatzis, A. (2014). Human Achilles tendon plasticity in response to cyclic strain: effect of rate and duration. *Journal of Experimental Biology*, 217, 4010–4017.

Charcharis, G., Mersmann, F., Bohm, S., & Arampatzis, A. (2019). Morphological and Mechanical Properties of the Quadriceps Femoris Muscle-Tendon Unit From Adolescence to Adulthood: Effects of Age and Athletic Training. *Frontiers in Physiology*, 10, 1082. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01082>

- Heinemeier, K. M., Bjerrum, S. S., Schjerling, P., & Kjaer, M. (2013). Expression of extracellular matrix components and related growth factors in human tendon and muscle after acute exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 23, e150–61. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2011.01414.x>
- Karamanidis, K., & Epro, G. (2020). Monitoring Muscle-Tendon Adaptation Over Several Years of Athletic Training and Competition in Elite Track and Field Jumpers. *Frontiers in Physiology*, 11, 2281–13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.607544>
- Kawakami, Y., & Fukunaga, T. (2006). New insights into in vivo human skeletal muscle function. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 34, 16–21.
- Mersmann, F., Bohm, S., & Arampatzis, A. (2017a). Imbalances in the Development of Muscle and Tendon as Risk Factor for Tendinopathies in Youth Athletes: A Review of Current Evidence and Concepts of Prevention. *Frontiers in Physiology*, 8, 987.
- Mersmann, F., Bohm, S., Schroll, A., Marzilger, R., & Arampatzis, A. (2016). Athletic Training Affects the Uniformity of Muscle and Tendon Adaptation during Adolescence. *Journal of Applied Physiology*, 121, 893–899.
- Mersmann, F., Charcharis, G., Bohm, S., & Arampatzis, A. (2017b). Muscle and Tendon Adaptation in Adolescence: Elite Volleyball Athletes Compared to Untrained Boys and Girls. *Frontiers in Physiology*, 8, 613. <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00417>
- Mersmann, F., Domroes, T., Pentidis, N., Tsai, M.-S., Bohm, S., Schroll, A., & Arampatzis, A. (2021). Prevention of strain-induced impairments of patellar tendon micro-morphology in adolescent athletes. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(8), 1708–1718. <https://doi.org/10.1111/sms.13979>
- Mersmann, F., Domroes, T., Tsai, M. S., et al. (2022). High-level patellar tendon strain as risk factor for tendinopathy in adolescent athletes - a prospective longitudinal approach. In F. Dela, M. F. Piacentini, J. W. Helge, Á. Calvo Lluch, E. Sáez, F. Pareja Blanco, & E. Tsolakidis (Eds.), *Book of Abstracts of the 27th Annual Congress of the European College of Sport Science* (p. 104).
- Pentidis, N., Mersmann, F., Bohm, S., Schroll, A., Giannakou, E., Aggelousis, N., & Arampatzis, A. (2021). Development of Muscle-Tendon Adaptation in Preadolescent Gymnasts and Untrained Peers: A 12-Month Longitudinal Study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 53(12), 2565–2576. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002742>
- Wang, T., Lin, Z., Day, R. E., Gardiner, B., Landao-Bassonga, E., Rubenson, J., et al. (2013). Programmable mechanical stimulation influences tendon homeostasis in a bioreactor system. *Biotechnology and Bioengineering*, 110, 1495–1507. <https://doi.org/10.1002/bit.24809>
- Wren, T. A. L., Lindsey, D. P., Beaupré, G. S., & Carter, D. R. (2003). Effects of creep and cyclic loading on the mechanical properties and failure of human Achilles tendons. *Annals of Biomedical Engineering*, 31, 710–717.

Kognitiv-motorisches Interferenztraining zur Verbesserung von spielbezogenen Schnelligkeitsleistungen

AZ: 070703/21-22

Mark Brinkbäumer (Projektmitarbeiter), Marie-Therese Fleddermann (Projektleiterin) & Karen Zentgraf (Projektleiterin)

Goethe-Universität Frankfurt, Fachbereich 05, Bewegungs- & Trainingswissenschaft

1 Problem

Schnelligkeit spielt in Sportspielen eine zentrale Rolle (Dawes, 2019). Diese Schnelligkeit bezieht sich nicht nur auf die motorischen, sondern auch auf die wahrnehmungskognitiven Anforderungen (Young et al., 2015). Die Anforderungen an die spielbezogene Schnelligkeit haben vor dem Hintergrund des schneller werdenden Eishockeyspiels (mehr Angriffe pro Zeit, kürzere Handlungszeiten, schnelleres Umschalten von Defensiv- in Offensivhandlungen) enorm zugenommen (Vigh-Larsen & Mohr, 2022). Diese beinhalten sowohl die motorisch schnelle Handlungsexekution als auch die schnelle Auswahl der Option, die sich bei Überwachung des Spielfelds nach diesen Optionen ergeben. Die zeitliche Überlappung motorischer, perzeptueller und kognitiver Handlungsprozesse wird als Multitasking definiert und geht typischerweise mit einer Verringerung der Leistung in einer oder mehreren Domänen einher (Koch et al., 2018). Diese Leistungseinbußen werden als Multitasking- oder Doppeltätigkeitskosten beschrieben. Sportler:innen sind also permanent Multitasking oder Doppeltätigkeitsszenarien ausgesetzt (Moreira et al., 2021 für einen systematischen Literaturüberblick im Leistungssport).

Zahlreiche Theorien versuchen, die zugrundeliegenden Mechanismen zu erklären (Koch et al., 2018). Kahneman (1973) führte die Kosten bei gleichzeitiger Bearbeitung zweier Aufgaben auf die Aufteilung der Aufmerksamkeit zurück, die seiner Theorie nach eine begrenzte zentrale Verarbeitungsressource ist. Navon (1984) entwickelte das Konzept einer zentralen Ressource

weiter und postulierte, dass es nicht eine, sondern mehrere domänenspezifische Ressourcen gibt. Wickens (2008) schlägt in seiner „multiplen Ressourcen-Theorie“ vier Dimensionen vor: 1) „Phasen der Verarbeitung“ (unterscheiden zwischen Wahrnehmungs- und kognitiven Aufgaben sowie der Auswahl und Ausführung von Handlungen), 2) „Codes der Verarbeitung“ (unterscheiden zwischen räumlichen Aktivitäten und verbalen/sprachlichen Aktivitäten; kommen in der Wahrnehmung, dem Arbeitsgedächtnis und der Handlung zum Ausdruck), 3) „Modalitäten der Wahrnehmung“ (erkennen unterschiedliche Ressourcen für die auditive und visuelle Wahrnehmung an), 4) „Visuelle Kanäle“ (weisen auf einen Unterschied zwischen fokalem und peripherem Sehen innerhalb der visuellen Ressourcen hin). Wenn zwei Aufgaben aus unterschiedlichen Dimensionen schöpfen, sind weniger Leistungseinbußen zu erwarten, als wenn auf eine ähnliche oder gleiche Dimension zugegriffen wird. Werden also von unterschiedlichen Aufgaben gleiche Phasen, Codes, Modalitäten oder visuelle Kanäle zeitlich überlappend genutzt, sind in mindestens einer der Aufgaben Kosten, z. B. Verlangsamungen oder höhere Fehlerraten, zu erwarten. Ein weiterer Erklärungsansatz ist, dass Doppeltätigkeitskosten durch eine Interferenz (also gegenseitige Störungen) zwischen den Repräsentationen entstehen, die bei zentralen Operationen während der Ausführung beteiligt sind (Göthe et al., 2016; Hazeltine et al., 2006; Ruthruff et al., 2006).

In einer Übersichtsarbeit bestätigte sich das Auftreten akuter Leistungseinbußen in kognitiv-motorischen Doppeltätigkeiten auch bei Leistungssportlern, trotz regelmäßiger Exposition

in Training und Wettkampf (Moreira et al., 2021). In einer der in der Überblicksarbeit eingeschlossenen Studien untersuchten Qiu et al. (2018) die Auswirkungen unterschiedlicher Kompetenzniveaus von Basketballspielern auf die Leistung bei Multiple-Object-Tracking-Aufgaben und stellten fest, dass Experten eine bessere Leistung zeigten als Amateure, die wiederum besser abschnitten als Anfänger. Diese Ergebnisse stehen im Einklang mit den Ergebnissen von Schaefer und Amico (2022), die auch feststellten, dass Tennis-Experten besser abschnitten als Amateure. Dies deutet darauf hin, dass eine überdurchschnittliche Doppeltätigkeitsleistung ein valider Indikator für ein hohes Expertiselevel im Spilsport sein kann. Ein Interferenztraining mittels chronischer Doppelaufgaben- (DT) Belastung scheint zur Reduktion von Kosten (DTK) als auch zur Verbesserung beteiligter kognitiver Leistungsparameter führen zu können (Fleddermann et al., 2019).

Dementsprechend waren die Ziele dieses Projekts:

1. die Entwicklung und Durchführung einer umfassenden Diagnostik zur Erfassung von DTK unter kognitiv-motorischen Interferenzbedingungen im Eishockey sowie
2. die Durchführung zweier Trainingsinterventionen von Eishockeybundes-kaderathlet:innen zur Verbesserung der spielbezogenen Schnelligkeit (und reduzierten DTK).

Das Training zur Erhöhung der Kapazität in DT-Situationen basiert auf theoretischen Überlegungen zur Entstehung von Interferenz. Wiederholte Exposition ist wichtig, aber die Spezifität der Exposition ist unklar. In diesem Projekt werden zwei Trainingsinterventionen durchgeführt: eine Virtual-Reality- (VR) DT-Trainingsintervention und eine On-Ice-DT-Trainingsintervention. VR-Training wird bereits im Sport eingesetzt und kann ein effektives Trainingswerkzeug sein (Buns, 2020; Le Noury et al., 2022; Puranto et al., 2023). Es gibt jedoch nur wenige Studien, die die Trainingseffekte systematisch untersuchen. Einige Studien ha-

ben gezeigt, dass VR-Training die sportartspezifischen Leistungen verbessern kann (Petri et al., 2019; Pastel et al., 2022). Beide Interventionsarme in diesem Projekt adressieren mehrere Aspekte des komplexen Spielverhaltens, indem sie Perzeption und Motorik integrieren. Die VR-DT-Trainingsintervention konzentriert sich auf die Wahrnehmungsverarbeitung, während die On-Ice-DT-Trainingsintervention auf die motorische Bewegungsschnelligkeit abzielt. Beide Interventionen werden voraussichtlich zumindest auf ihren spezifischen Ebenen Leistungsverbesserungen bewirken.

Aus den zuvor genannten Zielen dieses Projekts ergaben sich folgende Arbeitshypothesen:

1. Eishockeybundes-kaderathlet:innen weisen DTK sowohl unter eishockeyspezifischen als auch -unspezifischen Interferenzbedingungen auf.
2. Diese DTK sind nicht durch das motorische Leistungslevel zu erklären, sondern treten unabhängig davon auf.
3. Insofern auftretende DTK durch einen Ressourcenansatz zu erklären sind, sollten diese mit der kognitiven Leistungsfähigkeit zusammenhängen.
4. Bei beiden Interventionsarmen sind jeweils interventionsspezifische Effekte nachzuweisen, die sich insgesamt in geringeren DTK äußern.

1.1 Untersuchungsablauf

Das Projekt wurde im längsschnittlichen Untersuchungsdesign durchgeführt. Die Messungen wurden an einem der DEB-Kaderlehrgangstage durchgeführt. Dabei wurden zu Beginn kognitive Gruppentests durchgeführt und die subjektive körperliche und mentale Bereitschaft der Spieler:innen abgefragt, gefolgt von der Erfassung der anthropometrischen Merkmale und einer Erwärmung. Danach absolvierten die Spieler:innen in Kleingruppen Off-Ice- und On-Ice-Leistungstests, die jeweils in vier Blöcke unterteilt waren. Im weiteren Verlauf der Lehr-

gänge durchliefen die Spieler:innen jeweils ein VR- und DT-Training. Vor und nach jedem Training wurde mindestens ein DTK-Testparadigma zur Erfassung der akuten Effekte durchgeführt.

1.2 Probandinnen und Probanden

An dem Projekt nahmen insgesamt 165 Bundeskaderathlet:innen des DEB teil. Die Spieler:innen waren Teil der Nationalmannschaften A-weiblich (n=40), U18-weiblich (n=43), U20-männlich (n=36) und U18-männlich (n=46). Von diesen Spieler:innen absolvierten 19 Spieler:innen die chronische VR-Intervention, 17 Spieler:innen die chronische DT-Intervention und 89 Spieler:innen (22 weiblich, 67 männlich) beide akuten Trainingsinterventionen.

1.3 Leistungsdiagnostik

Es wurde eine umfassende Leistungsdiagnostik durchgeführt, die kognitive Tests (Einzel- und Gruppentest), motorische Tests (Off- und on-Ice) sowie DT-Tests (off- und on-Ice) beinhaltete. Die kognitiven Gruppentests umfassten den d2-R-Test (Brickenkamp et al., 2010) zur Erfassung der Konzentrations- und Aufmerksamkeitsleistung unter Zeitdruck und den Zahlenverbindungs-test (ZVT) nach Oswald & Roth (1987) zur Erfassung der Verarbeitungsgeschwindigkeit. Zusätzlich wurden der Corsi-Block-Test (Schellig, 2011) vorwärts und rückwärts zur Erfassung des räumlichen Arbeitsgedächtnisses und der motorischen Inhibition mit dem von Verbruggen und Logan (2008) entwickelten Test zur Messung der Stop-Signal-Reaktionszeit (SSRT, mit den von Hepp & Zentgraf, 2019, eingeführten Modifikationen) durchgeführt. Off-Ice wurden zudem der Counter-Movement-Jump und der Drop-Jump zur Erfassung der Sprungkraft gemessen sowie ein 30-Meter-Linearsprint durchgeführt.

Außerdem wurde Tapping zur Erfassung der Frequenzschnelligkeit der Beine als motorische Einzelaufgabe, aber auch als DT, gepaart mit einer kognitiven Speed-Reading- und Stroop-Aufgabe, durchgeführt. Diese Testung ermöglichte die Erfassung von generischen DT-Kosten in einem nicht eishockeyspezifischen Paradigma.

On-Ice wurden vier verschiedene Stationen getestet, die ebenfalls die Berechnung von DT-Kosten erlaubten, im Kontrast zum Tapping allerdings in einem eishockeyspezifischen Kontext. Der Transition-Agility-Test ist ein eishockeyspezifischer Richtungswechseltest, der mit und ohne Puck durchgeführt wird. Der Test beinhaltet lineares Sprinten, den Wechsel aus Defensiv- und Offensivaktion sowie Vorwärts- und Rückwärtsfahren (Bloch et al., 2019).

Des Weiteren wurde ein Richtungswechseltest (RWT), modifiziert nach Willberg, Kohler und Zentgraf (2022), als motorischer Einzeltest und mit zwei DT-Aufgaben durchgeführt. Die erste zusätzliche Aufgabe beinhaltet, dass während des RWT frontal in einem 135-Grad-Winkel acht LED-Lichter in verschiedener Reihenfolge aufleuchten. Die Lichter waren von links nach rechts mit Zahlen von „1“ bis „8“ beschriftet. Während die Testperson also schnellstmöglich den Parcours durchlief, musste sie sich die Sequenz einprägen und anschließend die Zahlenreihen verbal wiedergeben. Die zweite zusätzliche Aufgabe beinhaltete, dass während des Durchlaufens des Parcours frontal in einem Abstand von fünf Metern eine Leinwand aufgebaut war, auf der während des Laufs eine Sequenz von acht Ziffern („1“ bis „8“, keine doppelten Ziffern) nacheinander eingeblendet wurden. Die Spieler:innen hatten die Aufgabe, diese Zahlen schnellstmöglich wahrzunehmen und laut verbal wiederzugeben.

Der Sprinttest wurde ebenfalls in drei Varianten durchgeführt. Als Einzelaufgabe beinhaltete der Test einen schnellstmöglichen linearen Sprint über 30m auf dem Eis. In der zweiten Variante des Tests wurde die Einzelaufgabe durch eine zusätzliche kognitive Aufgabe erweitert. Die Spieler:innen trugen In-Ear-Bluetoothkopfhörer, über die ihnen während des Sprints eine achtstellige Sequenz von Zahlen vorgespielt wurde. In der dritten Variante des Tests waren entlang der Sprintstrecke sieben LED-Lichter links und rechts in gleichmäßigem Abstand aufgestellt. Die Lichter leuchteten während des Sprints jedes Mal in gleicher Reihenfolge (Start → Ziel) auf. Die Farbe der Lichter variierte allerdings zwischen rot, blau und gelb. Nach Be-

endigung des Sprints musste die Testperson die Farbreihenfolge wiedergeben.

Außerdem wurde die Station „Lateral Shuttle“ in zwei Varianten durchgeführt. In der einfachen Variante fuhren die Spieler:innen seitlich zwischen zwei einen Meter langen Linien, die fünf Meter voneinander entfernt auf das Eis gezeichnet wurden, hin und her. Gestartet wurde zwischen den beiden Linien, mit der rechten Kufe auf der Linie. Innerhalb des Zeitfensters von 15 Sekunden sollten maximal viele „Lateral Shuttles“ durchgeführt werden. Die zweite Variante zeichnete sich dadurch aus, dass zusätzlich zu der ersten Variante frontal vier Tore mit je einem LED-Licht aufgestellt waren. Die Spieler:innen starteten wie zuvor, dieses Mal mit Puck, und hatten die Aufgabe, beim Erleuchten eines LED-Lichts den Puck sofort in das erleuchtete Tor zu schießen.

Während des Projekts wurden neben einer umfassenden Leistungsdiagnostik auch Spieldaten der Spieler:innen erfasst, um mögliche Trainingseffekte zu analysieren. Um die Effekte des Trainings zu überprüfen, wurden die Parameter +/- Verhältnis pro Spiel, Tore pro Spiel und Vorlagen pro Spiel berechnet und in vier Projektzeiträume (Prä-Intervention, VR-Intervention, DT-Intervention, Post-Intervention) unterteilt. Die Veränderung zwischen den Zeiträumen wurde als Steigerungsrate in % berechnet, woraus sich drei Steigerungsraten ergaben: 1) Prä/VR, 2) VR/DT und 3) DT/Post.

1.4 Trainingsintervention

Die Spieler:innen absolvierten ein VR-Training und ein DT-Training.

Das VR-Training wurde mithilfe des Brillen-Systems von SenseArena© (Prague, Czech Republic) durchgeführt. Die Trainingseinheiten wurden in normaler Sportbekleidung durchgeführt. Eine Trainingseinheit dauerte ca. 20 Minuten und beinhaltete verschiedene Spiel- und Aufgabensituationen aus den Kategorien „Warm Up“, „Reaction“, „Reading“, „Multitask“, „Player Tracking“, „Offensive Zone“, „Defensive Zone“ und „Small Area Games“.

Das DT-Training verbindet motorische Aktionen mit kognitiv-perzeptuellen Aufgaben und könnte ein effektives Trainingsmittel zur Verbesserung der sportlichen Leistung insbesondere in interaktiven Sportarten sein (Fleddermann & Zentgraf, 2018; Fleddermann, Heppe & Zentgraf, 2019). In dieser Intervention wird das eishockeyspezifische Schnelligkeitstraining mit perzeptuell-kognitiven Anforderungen kombiniert; es findet auf dem Eis mit voller Ausrüstung statt. Im Rahmen des Trainings sind die Spieler:innen instruiert, parallel zu eishockeyspezifischen Bewegungen bestimmte Wahrnehmungsaufgaben zu bearbeiten. Die Wahrnehmungsaufgaben ähneln den Interventionsansätzen von Formenti et al. (2019).

Ursprünglich waren die Trainingsinterventionen über einen Zeitraum von jeweils acht Wochen geplant. Aufgrund Corona-bedingter Änderungen im Spielbetrieb, Abbrüchen/Verlegungen internationaler Wettkämpfe sowie Abbrüchen/Verlegungen von Kaderlehrgängen war die weitere Durchführung langfristiger Interventionen nicht möglich, sodass zur Umsetzung der Interventionen in Absprache mit dem DEB zur Überprüfung der akuten Trainingseffekte gewechselt wurde.

1.5 Statistische Verfahren

Alle Analysen wurden mittels SPSS (IBM SPSS Statistics, Version 26) durchgeführt. Die Auswertung für die motorischen Tests erfolgte getrennt für männliche und weibliche Spieler:innen. Deskriptive Statistiken sind als Mittelwert \pm Standardabweichung angegeben. Das Signifikanzniveau liegt bei $p < .05$, insofern keine Korrektur für Mehrfach-Vergleiche vorgenommen wurde. Ziel der Auswertung des Querschnitts war es, auf Basis neu entwickelter Diagnostiken zu überprüfen, ob auch Eishockeyspieler:innen auf höchstem Leistungsniveau Leistungseinbußen in komplexen Aufgabenszenarien bzw. Doppeltätigkeitsszenarien aufzeigen. Hierzu wurden mittels t-Test mit Messwiederholung bzw. Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests die Unterschiede zwischen den verschiedenen „einfachen“ und „komplexen“ Aufgaben untersucht. Zudem sollten diverse Zusammenhänge zwischen der

Vielzahl von Tests dieser umfassenden Leistungsdiagnostik untersucht werden. Diese Zusammenhänge werden im Folgenden näher untersucht: 1) motorische Leistung und Kosten, 2) kognitive Leistung und Kosten, 3) „generische“ Kosten und eishockeyspezifische Kosten. Die Untersuchung der Zusammenhänge wurde mittels Korrelation bzw. multipler linearer Regression durchgeführt. Zur Überprüfung der Trainingseffekte der Acht-Wochen-Interventionen wurde zum einen die Veränderung von Prä- zu Postmessung in der umfassenden Leistungsdiagnostik analysiert. Insbesondere die Unterschiede der auftretenden Kosten wurden mittels t-Test mit Messwiederholung untersucht. Zudem wurde die Spielleistung erfasst und zwischen den Projektzeiträumen (Prä-Intervention, VR-Intervention, DT-Intervention, Post-Intervention) mittels Varianzanalyse mit Messwiederholung verglichen, um auf mögliche Transfer-Effekte der Trainingsintervention zu schließen. Zur Überprüfung der akuten Trainingseffekte wurde eine 2x2-Varianzanalyse durchgeführt. Es wurde mit der abhängigen Variable „Kosten“ und den Faktoren „Zeit“ (Prä, Post) und „Intervention“ (VR, DT) jeweils für Tapping-Speed-Reading und Tapping-Stroop gerechnet.

2 Ergebnisse

2.1 Querschnittsanalyse

In den motorischen Tests zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen Spielern und Spielerinnen. Die Sprunghöhe der Spielerinnen im CMJ betrug $29,27 \pm 3,95$ cm und der RSI $1,27 \pm 0,32$. Den Linearsprint absolvierten die Spielerinnen in $4,75 \pm 0,22$ sec. Die Sprunghöhe der Spieler im CMJ betrug $42,19 \pm 5,09$ cm und der RSI $1,52 \pm 0,32$. Den Linearsprint absolvierten die Spieler in $4,22 \pm 0,13$ sec.

In den kognitiven Tests zeigen sich keine Geschlechterunterschiede. Im Corsi-Block-Test zeigt das Kollektiv $5,99 \pm 0,89$ Punkte CBT-Spanne vw., $5,75 \pm 0,96$ Punkte CBT-Spanne rw. und $445,19 \pm 67,09$ msec 2-Wahlreaktionszeit. Die Stop-Signal-Reaktionszeit beträgt $237,35 \pm 56,75$

msec, die d2-R-Konzentrationsleistung zeigt einen Rohwert von $180,14 \pm 32,65$ und der ZVT-Rohwert liegt bei $50,21 \pm 7,58$.

Für alle DT-Paradigmen, außer Sprint/Sprint Audio, ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen Einzel- und DT-Aufgabe bzw. DT-Kosten ($p < .05$).

Bei den Daten der Spieler zeigen sich schwache bis mittlere signifikante negative Zusammenhänge zwischen CMJ und Sprint on-Ice ($r=.36$), Transition-Agility-Skate-Test ($r=.10$) sowie Lateral Shuttle ($r=.22$). Beim DJ sind schwache signifikante negative Zusammenhänge mit dem RWT ($r=.10$), Transition-Agility-Skate-Test ($r=.14$) und Lateral Shuttle ($r=.22$) zu konstatieren. Tapping zeigt einen mittleren signifikanten negativen Zusammenhang mit dem Lateral Shuttle ($r=.22$). Sprint off-Ice korreliert mittelstark mit Sprint on-Ice ($r=.34$).

Beim Zusammenhang der kognitiven Leistung und Kosten zeigen sich schwache signifikante Korrelationen zwischen Sprint-Audio-Kosten & 2-CRT ($r=.18$), Sprint-Lichter-Kosten & d2-R ($r=.04$), RWT-Lichter-Kosten & CBT rw. ($r=.05$), Lateral-Shuttle-Kosten & ZVT ($r=.05$), Lateral-Shuttle-Kosten & SSRT ($r=.04$) und Tapping-Stroop-Kosten & d2-R ($r=.35$). Ebenso konnte kein signifikantes Regressionsmodell zur Prädiktion der Kosten in den verschiedenen Paradigmen gefunden werden ($p > .05$). Lediglich für Lateral-Shuttle-Kosten wurde ein signifikantes Regressionsmodell gefunden ($p < .05$), allerdings erreichte keiner der Prädiktoren das Signifikanzniveau.

2.2 Trainingseffekte Acht-Wochen-Intervention

Nach achtwöchiger VR-Trainingsintervention zeigen sich keine signifikanten Unterschiede in den drei getesteten Paradigmen zwischen Eingangs- und Ausgangsmessung. Dennoch ist ein leichter Trend zu sinkenden Kosten in Abb. 1 von Sprint Lichter (Abb. 1, links) und Transition Agility Test (Abb. 1, mittig) zu sehen.

Für die achtwöchige DT-Intervention gibt es nur eine Einzelfallanalyse einer Spielerin mit Prä-

Tabelle 1: Tapping-DT-Tests

| | Spielerinnen | | Spieler | |
|-----------------------------|--------------|--------------|---------|--------------|
| | N | MW ± SD | N | MW ± SD |
| Tapping (Hz) | 71 | 11,90 ± 0,94 | 70 | 12,95 ± 1,33 |
| - Speed Reading (Hz) | 19 | 10,38 ± 1,02 | 70 | 11,48 ± 1,36 |
| - Speed Reading Kosten (Hz) | 19 | 1,38 ± 0,93 | 70 | 1,48 ± 1,08 |
| - Stroop (Hz) | 19 | 10,31 ± 1,05 | 61 | 11,36 ± 1,51 |
| - Stroop Kosten (Hz) | 19 | 1,44 ± 0,92 | 61 | 1,44 ± 1,12 |

Tabelle 2: On-Ice-Tests

| | Spielerinnen | | Spieler | |
|------------------------|--------------|--------------|---------|--------------|
| | N | MW ± SD | N | MW ± SD |
| Sprint (s) | 67 | 4,73 ± 0,25 | 62 | 4,24 ± 0,12 |
| - Audio (s) | 27 | 4,60 ± 0,14 | 0 | - |
| - Kosten Audio (s) | 27 | 0,09 ± 0,09 | 0 | - |
| - Lichter (s) | 60 | 4,98 ± 0,28 | 61 | 4,43 ± 0,16 |
| - Kosten Lichter (s) | 60 | 0,21 ± 0,18 | 61 | 0,19 ± 0,14 |
| RWT (s) | 70 | 9,89 ± 0,55 | 61 | 8,89 ± 0,41 |
| - Beamer (s) | 68 | 10,35 ± 0,50 | 61 | 9,13 ± 0,34 |
| - Kosten Beamer (s) | 68 | 0,45 ± 0,40 | 61 | 0,24 ± 0,32 |
| - Lichter (s) | 36 | 11,02 ± 0,43 | 50 | 9,54 ± 0,45 |
| - Kosten Lichter (s) | 36 | 0,84 ± 0,50 | 50 | 0,71 ± 0,43 |
| Lateral Shuttle (s) | 69 | 1,77 ± 0,12 | 57 | 1,49 ± 0,14 |
| - Torabschluss (s) | 69 | 1,87 ± 0,10 | 57 | 1,53 ± 0,13 |
| - Kosten Torschuss (s) | 69 | 0,10 ± 0,90 | 57 | 0,05 ± 0,09 |
| Transition Agility (s) | 70 | 14,77 ± 0,65 | 61 | 13,22 ± 0,44 |
| - mit Puck (s) | 70 | 15,97 ± 0,89 | 61 | 14,04 ± 0,55 |
| - Kosten Puck (s) | 70 | 1,20 ± 0,56 | 61 | 0,81 ± 0,39 |

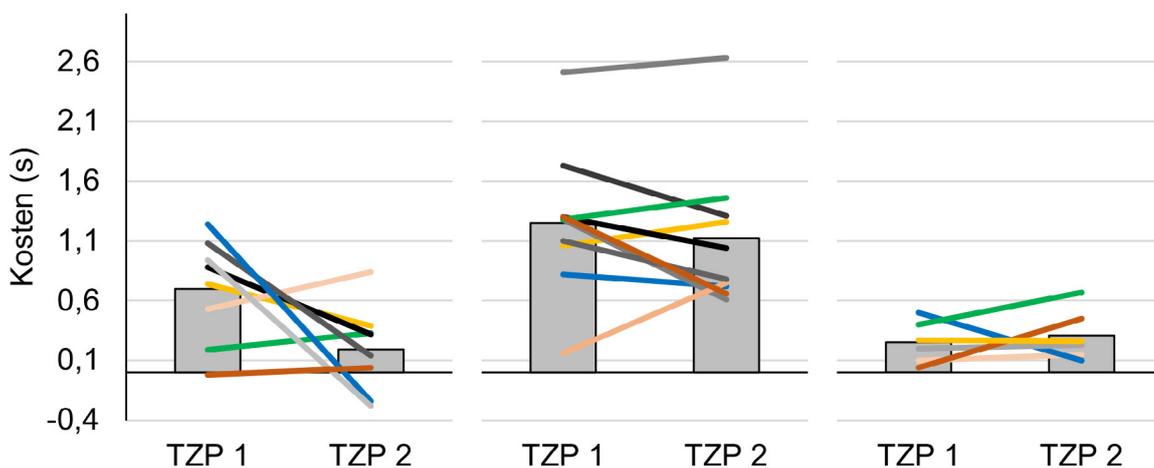


Abb. 1: Individualverläufe Prä-Postmessung: Sprint Lichter (links), Transition Agility Test (mittig), RWT Beamer (rechts). Graue Balken = MW.

und Postmessung. Diese zeigte eine Reduktion der Kosten im Sprint-Lichter-Paradigma von 0,1 sec auf 0,06 sec, eine Reduktion der Kosten im Lateral-Shuttle-Paradigma von 0,038 sec auf 0,002 sec und einen Anstieg der Kosten im Transition-Agility-Skate-Test von 1,26 sec auf 1,81 sec. Die Varianzanalysen der Spielleistungen zeigen keine signifikanten Interventionseffekte der Steigerungsraten von Verhältnis +/- pro Spiel, Tore pro Spiel und Vorlagen pro Spiel, weder von Prä/VR zu VR/DT, noch von VR/DT zu DT/Post. Zwischen VR/DT und DT/Post zeigen sich leichte Trends zu einer Verbesserung aller Variablen im Vergleich zur Kontrollgruppe.

2.3 Akute Trainingseffekte der Interventionen

Zur Überprüfung der akuten Trainingseffekte durchliefen die Spieler:innen je eine Einheit des

VR- und DT-Trainings. Vor und nach jeder Einheit wurden DTK mittels des Tapping-Speed-Reading und Tapping-Stroop erfasst. Die Ergebnisse im Tapping-Speed-Reading entwickelten sich von $1,62 \pm 1,06$ sec auf $1,64 \pm 0,92$ sec. Dies bedeutet einen Anstieg von $0,01 \pm 0,87$ sec. Bei Tapping-Stroop ist ein Anstieg von $0,19 \pm 0,80$ sec bzw. $0,16 \pm 0,92$ sec zu verzeichnen, was einen Anstieg von $0,16 \pm 0,92$ sec bedeutet. Abb. 2 und 3 zeigen bei den Einzelverläufen ein heterogenes Bild der Veränderung der Kosten. Die Varianzanalyse zeigt keine signifikanten Interaktionseffekt zwischen Messzeitpunkt und Intervention, weder für den Faktor „Messzeitpunkt“ noch für „Intervention“ sind Haupteffekte zu sehen.

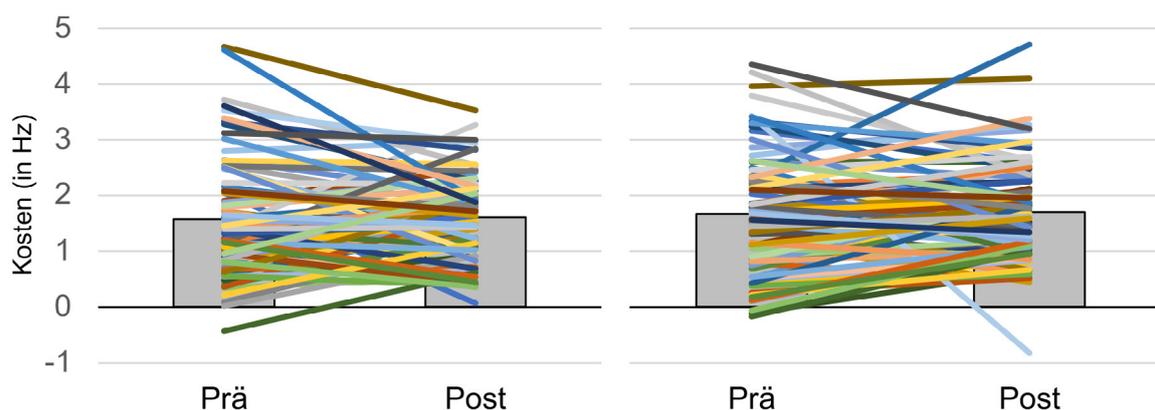


Abb. 2: Prä-Post-Einzelverläufe der Kosten im Speed-Reading/Tapping-Paradigma bei der VR- (rechts) & DT-Trainingseinheit (links) auf die DTK. Graue Balken = MW.

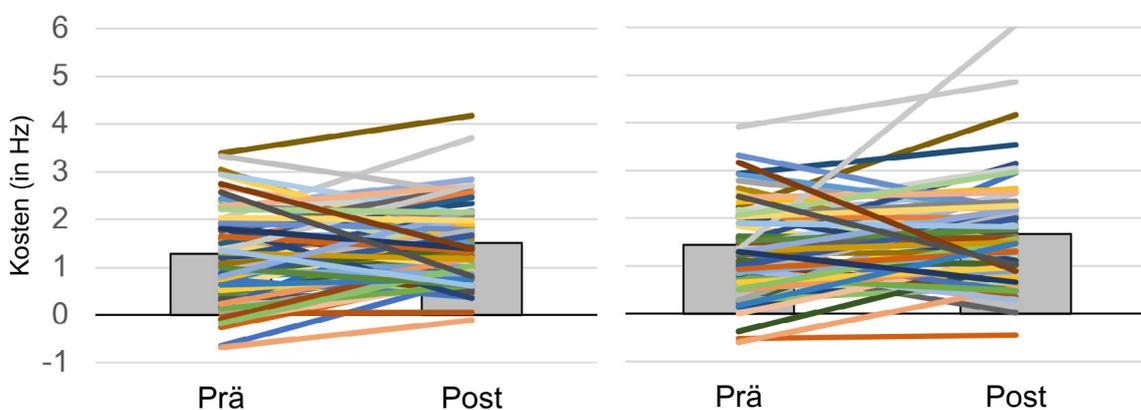


Abb. 3: Prä-Post-Einzelverläufe der Kosten im Stroop/Tapping-Paradigma bei der VR- (rechts) & DT-Trainingseinheit (links) auf die DTK. Graue Balken = MW.

3 Diskussion

3.1 Diskussion Querschnittsanalyse

Bei allen Paradigmen, außer bei der Paarung Sprint/Sprint-Audio, zeigen sich signifikante Unterschiede zwischen „einfachen“ und „komplexen“ Aufgaben. Somit werden bei Spitzen-Eishockeyspieler:innen sowohl in eishockeyspezifischen als auch in unspezifischen Paradigmen Doppeltätigkeitskosten (DTK) bestätigt. Diese Ergebnisse bestätigen Hypothese 1 und unterstützen das Narrativ, dass auch bei regelmäßiger DT-Exposition Spitzen-Spielsportler:innen auf hohem Niveau DTK zeigen, was von Moreira et al. (2021) in ihrer Übersichtsarbeit festgehalten wird.

Die weitgehend schwachen Zusammenhänge zwischen motorischer Leistung und auftretenden Kosten unterstützen die Ansicht, dass Kosten unter Interferenzbedingungen ein eigenständiges Konstrukt darstellen, das unabhängig vom motorischen Leistungsniveau relevant ist. Aufgrund dieser Daten kann Hypothese 2, dass DTK unabhängig vom motorischen Leistungsniveau auftreten, bestätigt werden, was die Suche nach neuen Trainingsmethoden zur Reduktion von Kosten, die sich von klassischen, weitgehend motorisch ausgerichteten Trainingsmethoden unterscheiden, unterstützt.

Entgegen den Annahmen von Ressourcentheorien (Kahnemann, 1973; Wickens, 2008) zeigen sich in diesen Projektdaten keine klaren Zusammenhänge zwischen kognitiven Leistungen und Doppeltätigkeitskosten. Folglich muss Hypothese 3 verworfen werden. Diese Erkenntnis entspricht nicht den Erwartungen aus der Arbeit von Fleddermann, Heppe & Zentgraf (2019), in der – andersherum – eine Veränderung der Verarbeitungsgeschwindigkeit durch eine DT-Intervention festgestellt wurde. Moreira et al. (2019) diskutieren einen Zusammenhang zwischen kognitiven Leistungsparametern, insbesondere der Arbeitsgedächtnisleistung, und der Leistung in kognitiv-motorischen Interferenzszenarien.

Möglicherweise sind die Interferenzaufgaben so spezifische Kombinationen aus Kognition und Motorik, dass allgemeine kognitive Parameter keine großen Teile der Varianz aufklären können. Da kein direkter Zusammenhang zwischen den Kosten und den getesteten kognitiven Leistungen zu sehen ist, könnte eine Testung von kognitiv-motorischen Interferenzaufgaben eine nützliche Ergänzung einer Testbatterie darstellen, um eine bislang vernachlässigte Dimension der kognitiv-motorischen Leistung von Spitzensportlern zu erfassen. Ein anderer Erklärungsansatz könnte sein, dass die ausgewählten kognitiven Parameter nicht die adäquate Wahl zur Aufklärung der Kosten-Varianz darstellen. Es konnte kein signifikantes Regressionsmodell identifiziert werden, das eine Vorhersage von generischen Kosten durch eishockeyspezifische Kosten zulassen würde. Auch umgekehrt war keine Vorhersage möglich. Da kein signifikantes Regressionsmodell gefunden werden konnte, ist zu vermuten, dass die kognitiv-motorische Interferenzleistung eine spezifische Fertigkeit darstellt und nicht als allgemeine Fähigkeit betrachtet werden kann. Dementsprechend kann spekuliert werden, dass eine sportartspezifische Testung erforderlich ist, um spielrelevante DTK zu bewerten. Der Grad der Spezifität, der hier beobachtet wurde, unterstützt die Theorie der Wahrnehmungs-Aktions-Kopplung, die besagt, dass die kognitiv-perzeptuelle Expertise von Sportler:innen auf der Kopplung spezifischer wahrgenommener Stimuli an spezifische motorische Aktionen beruht.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Ergänzung einer leistungsdiagnostischen Testbatterie durch Doppelaufgaben-Tests sinnvoll sein könnte, da diese Fertigkeit unabhängig von kognitiver und motorischer Leistung zu sein scheint. Wenn ein/e Spieler:in trotz unauffälliger Ergebnisse in motorischen Tests keine hohe spielbezogene Schnelligkeitsleistung zeigt, könnte ein Defizit in der Doppelaufgaben-Koordination durch eine DT-Messung identifiziert werden. Dieses Defizit kann als Leistungsreserve betrachtet werden, die durch Training verbessert und durch Veränderungen in DTK evaluiert werden kann.

3.2 Diskussion Trainingseffekte Acht-Wochen-Intervention

Die VR-Trainingsintervention zeigt keine signifikanten Unterschiede in den Messungen für das RWT-Beamer-Paradigma, das Sprint-Lichter-Paradigma und die Transition-Agility. Allerdings zeigen diese Paradigmen einen Trend zur Reduktion der Kosten, was auf einen positiven Trainingseffekt hindeuten könnte. Die Spielleistung zeigte keine signifikanten Unterschiede, aber es gab Trends für eine Verbesserung der Steigerungsrate.

Trotz der Tatsache, dass Buns (2020), Petri et al. (2019) und Pastel (2022) VR-Training als effektives Trainingsmittel anerkennen, sollten die positiven Trends der vorliegenden Studie nur vorsichtig als Hinweis auf eine Wirksamkeit des VR-Trainings interpretiert werden. Darüber hinaus haben die genannten Autoren keine Interferenzkosten als abhängige Variable untersucht. In Anbetracht der vorliegenden Daten konnte die Hypothese 4 für die achtwöchige VR-Trainingsintervention nicht bestätigt werden.

Die DT-Trainingsintervention zeigt eine Reduktion der Kosten im Sprint-Lichter-Paradigma und im RWT-Beamer-Paradigma, während sie im Transition-Agility-Paradigma zunahm. Es gab keine signifikanten Unterschiede in der Spielleistung. Die Trends in den Daten könnten darauf hindeuten, dass ein Interferenztraining mit VR- und DT-Training sinnvoll sein könnte, um Leistungsreserven auszuschöpfen. Allerdings ist die Evidenz hierfür schwach und es sollten vorher alle anderen Defizite adressiert werden. Ein negativer Transfer von VR- oder DT-Trainingsinterventionen wird nicht erwartet.

3.3 Akute Trainingseffekte der Interventionen

Die Ergebnisse der Varianzanalyse zeigten, dass sowohl das VR- als auch das DT-Training keine signifikanten Veränderungen der Interferenzleistung hervorrufen. Hypothese 4 muss somit für die Akuteffekte von VR- und DT-Training verworfen werden. Es konnte kein Warm-Up-

Effekt oder eine Leistungssteigerung nach einer vorgeschalteten kognitiven Aktivität festgestellt werden, wie es in anderen Studien gezeigt wurde (Chuntonov, 2015; Hine & Itoh, 2018; Emirzeoğlu & Ülger, 2021). Möglicherweise führt das VR-Training zu einer kognitiven Ermüdung, die sich negativ auf die Leistung auswirken kann. Dies ist zu beachten, wenn ein kognitives Warm-Up mittels VR- oder DT-Training implementiert werden soll. Eine reduzierte Trainingszeit könnte hier eher dazu beitragen, Ermüdung zu vermeiden und positive Spielergebnisse zu erzielen. Es ist jedoch zu beachten, dass die Effekte unmittelbar nach dem Training auftraten und möglicherweise nach einer größeren Pause förderlicher sein könnten. In der Praxis werden zwischen dem Warm-Up und dem Spiel/Training in der Regel 15-30 Minuten vergehen, in denen der/die Spieler:in die Eishockey-Ausrüstung anlegt. Daher kann eine kurze VR- oder DT-Trainingseinheit möglicherweise immer noch positive Effekte haben, obwohl die Testpersonen durch das Testparadigma zusätzlich belastet werden. Insgesamt kann eine Implementation eines kognitiven Warm-Ups mittels VR- oder DT-Training nicht uneingeschränkt empfohlen werden, da weitere Untersuchungen notwendig sind, um die Auswirkungen auf die Leistung zu bestimmen.

4 Literatur

- Bloch, H., Klein, C., Kühn, N., & Schwarzenbrunner, K. (2019). Diagnostik und Betreuung im Eishockey. *Verwaltungs-Berufsgenossenschaft*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23066.80326>
- Buns, M. (2020). Impact of Virtual Reality Training on Real-World Hockey Skill: An Intervention Trial. *Journal of Sports Science*, 8, 8-16. <https://doi.org/10.17265/2332-7839/2020.01.002>
- Chuntonov, O. (2015). *Introducing the Cognitive Warm-Up: Increasing Reading Training Effectiveness for Dyslexic Individuals*. University of Haifa (Israel).

- Dawes, J. (Ed.). (2019). *Developing agility and quickness*. Human Kinetics Publishers.
- Emirzeoğlu, M., & Ülger, Ö. (2021). The acute effects of cognitive-based neuromuscular training and game-based training on the dynamic balance and speed performance of healthy young soccer players: a randomized controlled trial. *Games for Health Journal*, 10(2), 121-129. <https://doi.org/10.1089/g4h.2020.0051>
- Fleddermann, M. T., & Zentgraf, K. (2018). Tapping the full potential? Jumping performance of volleyball athletes in game-like situations. *Frontiers in Psychology*, 9, 1375. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.01375>
- Fleddermann, M.-T., Heppe, H., & Zentgraf, K. (2019). Off-court generic perceptual-cognitive training in elite volleyball athletes: task-specific effects and levels of transfer. *Frontiers in Psychology*, 10, 1599. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01599>
- Formenti, D., Duca, M., Trecroci, L., Ansaldi, L., Bonfanti, L., Alberti, G., & Iodice, P. (2019). Perceptual vision training in non-sport-specific context: Effect on performance skills and cognition in young females. *Scientific Reports* 9, 18671. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55252-1>
- Göthe, K., Oberauer, K., & Kliegl, R. (2016). Eliminating dual-task costs by minimizing crosstalk between tasks: The role of modality and feature pairings. *Cognition*, 150, 92-108. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.02.003>
- Hazeltine, E., Ruthruff, E., & Remington, R. W. (2006). The role of input and output modality pairings in dual-task performance: Evidence for content-dependent central interference. *Cognitive Psychology*, 52(4), 291-345. <https://doi.org/10.1016/j.cogpsych.2005.11.001>
- Hepp, H., & Zentgraf, K. (2019). Team handball experts outperform recreational athletes in hand and foot response inhibition: A behavioral study. *Frontiers in Psychology*, 10, 971. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00971>
- Hine, K., & Itoh, Y. (2018). Warm-up cognitive activity enhances inhibitory function. *PloS One*, 13(10), e0206605. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0206605>
- Kahneman, D. (1975). *Attention and Effort* (Bd. 88, Nummer 2). Prentice Hall. <https://www.jstor.org/stable/1421603?origin=crossref>
- Koch, I., Poljac, E., Müller, H., & Kiesel, A. (2018). Cognitive structure, flexibility, and plasticity in human multitasking – An integrative review of dual-task and task-switching research. *Psychological Bulletin*, 144(6), 557-583. <https://doi.org/10.1037/bul0000144>
- Le Noury, P., Polman, R., Maloney, M., & Gorman, A. (2022). A narrative review of the current state of extended reality technology and how it can be utilised in sport. *Sports Medicine*, 52(7), 1473-1489. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01669-0>
- Moreira, P. E. D., Dieguez, G. T. de O., Bredt, S. da G. T., & Praça, G. M. (2021). The acute and chronic effects of dual-task on the motor and cognitive performances in athletes: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1732. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041732>
- Navon, D. (1984). Resources – A theoretical soup stone? *Psychological Review*, 91, 216-234. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.91.2.216>

- Oswald, W. D., & Roth, E. (1987). Der Zahlen-Verbindungs-Test (ZVT); ein sprachfreier Intelligenz-Test zur Messung der „kognitiven Leistungsgeschwindigkeit“; Handanweisung. Verlag für Psychologie, Hogrefe.
- Pastel, S., Petri, K., Chen, C. H., Wiegand Cáceres, A. M., Stirnatis, M., Nübel, C., ... & Witte, K. (2022). Training in virtual reality enables learning of a complex sports movement. *Virtual Reality*, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00679-7>
- Petri, K., Emmermacher, P., Danneberg, M., Masik, S., Eckardt, F., Weichelt, S., ... & Witte, K. (2019). Training using virtual reality improves response behavior in karate kumite. *Sports Engineering*, 22, 1-12. <https://doi.org/10.1007/s12283-019-0299-0>
- Putranto, J. S., Heriyanto, J., Achmad, S., & Kurniawan, A. (2023). Implementation of virtual reality technology for sports education and training: Systematic literature review. *Procedia Computer Science*, 216, 293-300. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.12.139>
- Qiu, F., Pi, Y., Liu, K., Li, X., Zhang, J., & Wu, Y. (2018). Influence of sports expertise level on attention in multiple object tracking. *PeerJ*, 6, e5732. <https://doi.org/10.7717/peerj.5732>
- Ruthruff, E., Hazeltine, E., & Remington, R. W. (2006). What causes residual dual-task interference after practice? *Psychological Research*, 70(6), 494-503. <https://doi.org/10.1007/s00426-005-0012-8>
- Schaefer, S., & Amico, G. (2022). Table tennis expertise influences dual-task costs in timed and self-initiated tasks. *Acta Psychologica*, 223. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2022.103501>
- Schellig, D. (2011). Corsi-Block-Tapping-Test. Wiener Testsystem (Vienna Test System).
- Verbruggen, F., & Logan, G. D. (2008). Response inhibition in the stop-signal paradigm. *Trends in Cognitive Sciences*, 12(11), 418-424. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2008.07.005>
- Vigh-Larsen, J. F., & Mohr, M. (2022). The Physiology of Ice Hockey Performance: An Update. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. <https://doi.org/10.1111/sms.14284>
- Willberg, C., Kohler, A., & Zentgraf, K. (2022). Construct validity and applicability of a team-sport-specific change of direction test. *Journal of Human Kinetics*, 85, 115-126. <https://doi.org/10.2478/hukin-2022-0115>
- Wickens, C. D. (2008). Multiple resources and mental workload. *Human Factors*, 50(3), 449-455. <https://doi.org/10.1518/001872008X288394>
- Young, W. B., Dawson, B., & Henry, G. J. (2015). Agility and change-of-direction speed are independent skills: Implications for training for agility in invasion sports. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 10(1), 159-169. <http://doi.org/10.1186/s40798-021-00304-y>

Trainingsformen im Hochleistungsbadminton – Systematische Analyse von Belastung und Beanspruchung unter Variation der Belastungsnormative

AZ: 070715/21-23

Antonia Edel¹, Thimo Wiewelhove² & Alexander Ferrauti¹ (Projektleitung)

¹Ruhr-Universität Bochum, Lehr- und Forschungsbereich Trainingswissenschaft

²IST Hochschule Düsseldorf, Lehr- und Forschungsbereich Fitness und Gesundheit

1 Einleitung

Sachkenntnisse über die zeitliche Struktur, die zählbaren bzw. messbaren technomotorischen Aktivitäten und deren Kinematik sowie über die physiologisch quantifizierbaren Reaktionen während des Badmintonwettkampfs und -trainings liefern eine wertvolle Orientierung für die Trainingssteuerung. Denn allgemein besteht ein Konsens darüber, dass Trainingsinhalte die Belastungen und Beanspruchungen des Wettkampfs möglichst eng abbilden sollten, damit neben der badmintonspezifischen Technik und Taktik von Schlägen und Beinarbeit im Training auch die häufigsten Laufwege, Aktionen und Stoffwechselwege berücksichtigt werden (Ferrauti, Maier & Weber, 2001a). Ein hierzu publiziertes Review der Arbeitsgruppe liefert einen ersten Orientierungsrahmen, zeigte allerdings auch, dass eine differenziertere Analyse von Trainingsformen bislang fehlt (Edel, Song, Wiewelhove & Ferrauti, 2019).

Nicht jede Trainingsform ist für jedes Trainingsziel geeignet. Bereits geringfügige Variationen der zugrundeliegenden Belastungsnormative können Akutreaktionen und demnach Reizsetzungen einer identischen Übungs- oder Drillform maßgeblich verändern (Ferrauti, Bergeron, Pluim & Weber, 2001b). Daher stellt sich die bedeutsame Frage, welche Reizhöhe durch gängige Trainingsformen im Hochleistungsbadminton induziert wird und welchen Einfluss die Auslenkung der Belastungsnormative (z. B. Reizdauer und Pausendauer) auf die Belastung und Beanspruchung besitzt, um je nach Trainingsziel eine

höchstmögliche Trainingseffizienz bei Einhaltung einer ausreichenden Wettkampfnähe zu gewährleisten. Erst die systematische Analyse der durch gängige Trainingsformen induzierten Belastungen und Beanspruchungen ermöglicht die Erstellung praxisnaher Leitlinien und Orientierungshilfen für die Trainingssteuerung im Hochleistungsbadminton.

Übergeordnetes Ziel des beantragen Projekts war somit die Erstellung praxisnaher Leitlinien und Hilfestellungen für die Trainingssteuerung im Hochleistungsbadminton. Hierzu sollte geklärt werden, welche Belastungen und Beanspruchungen durch gängige Trainings- bzw. Drillformen induziert werden und welchen Einfluss die Auslenkung der Belastungsnormative für jede einzelne Trainingsform (z. B. Reizdauer und Pausendauer) besitzt, um je nach Trainingsziel eine höchstmögliche Trainingseffizienz bei Einhaltung einer ausreichenden Wettkampfnähe zu erzielen. Zudem sollte ein vollständiges und aktuelles Profil der Belastungen und Beanspruchungen im Badmintonwettkampfspiel erstellt werden, welches unter anderem als valider externer Orientierungspunkt für die Trainingsanalysen fungieren kann.

2 Methodik

Insgesamt wurden die Trainingseinheiten von 16 Athleten und 8 Athletinnen des deutschen Olympia-, Perspektiv- und Nachwuchskaders (Herren: 21,5 ± 3,5 Jahre; 180,9 ± 6,8 cm; 74,1 ± 7,9 kg; Damen: 20,3 ± 3,8 Jahre; 169,6 ± 5,3 cm; 62,1 ± 7,2 kg) messtechnisch begleitet. Davon

haben 11 der Spielerinnen und Spieler an den Spiel- und 19 Spielerinnen und Spieler an den Trainingsanalysen teilgenommen.

Studiendesign

Die Datenerhebung erfolgte im normalen Trainingsbetrieb. Für die Wettspiellanalysen absolvierten die Spielerinnen und Spieler ein simuliertes Wettspiel (2 Sätze über 15 min Dauer) gegen vergleichbar spielstarke Gegner nach offiziellen Badminton-Spielregeln des DBV. Für die Trainingsanalysen wurden in Absprache mit den Bundestrainerinnen und -trainern drei fundamentale Trainingsformen ausgewählt. Diese waren das Multifeeding, als klassischer Ausdauer-Drill, Zwei-Gegen-Eins-Komplex, als Drill zur Verbesserung der badmintonspezifischen Schnelligkeit (nachfolgend mit 2vs1-Komplex abgekürzt), und Zwei-Gegen-Eins-Abwehr, das üblicherweise auf eine Verbesserung der Technik im Abwehrverhalten abzielt (im Folgenden mit 2vs1-Abwehr abgekürzt). Unter Beibehaltung der Gesamttrainingsdauer wurde jede der drei Trainingsformen mit unterschiedlichen Belastungsnormativen durchgeführt (Multifeeding T10/10, T30/30 und T50/50; 2vs1-Komplex T60/30, T60/20, T60/40, T120/30 und 2vs1-Abwehr T120/40, T60/20 und T180/60 [jeweils benannt nach Belastungszeit/Pausenzeit in Se-

kunden]). Somit absolvierten die Spielerinnen und Spieler an zehn Untersuchungstagen insgesamt zehn Trainingseinheiten in randomisierter Reihenfolge (Abb. 1).

Messverfahren

Bei den Trainings-Wettspielen und in jeder Trainingseinheit wurden dieselben Parameter der zeitlichen, technomotorischen, kinematischen, physiologischen und psychologischen Beanspruchung gemessen und dokumentiert. Hierfür kamen videobasierte systematische Spielanalysen (Videokamera: Canon, LEGRIA HF G3, Krefeld, Deutschland), ein lokales Positionsbestimmungssystem mit integriertem Beschleunigungssensor (Kinexon GmbH, München, Deutschland), ein mobiles Spirometriegerät (MetaMax 3B-R2, Cortex Biophysik GmbH, Leipzig, Deutschland), ein Brustgurt mit Pulssensor (H10, Polar Electro GmbH, Büttelborn, Deutschland), die Analyse von Blutproben hinsichtlich der Blutlaktatkonzentration (Biosen C-line, EKF-diagnostic GmbH, Barleben, Deutschland) sowie die Erfragung des Anstrengungsempfindens (Rate of perceived exertion, RER) mittels Borg-Skala von 6 bis 20 zum Einsatz. Die Datenerhebung erfolgte je nach Parameter vor, während und/oder nach den Belastungsserien (bzw. -intervallen) und -pausen.

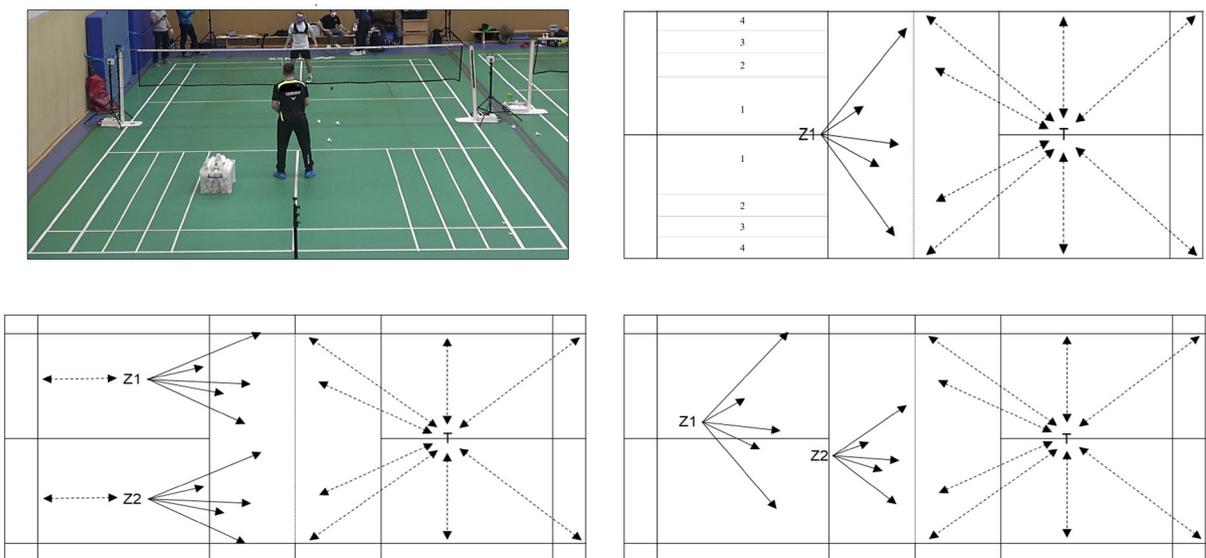


Abb. 1: Versuchsaufbau und schematische Darstellung des Ablaufs der drei Trainingsformen „Multifeeding“ (oben), 2vs1-Komplex (unten links) und 2vs1-Abwehr (unten rechts). Die Zuspieler*innen (Z) standen jeweils auf der linken Seite des Spielfeldes, während die Trainierenden (T) die rechte Spielfeldhälfte bedienten. Beim Multifeeding wurden das hintere Spielfeld in vier Trefferzonen eingeteilt, wobei die Trefferzone 4 als Zielzone für Smash-Schläge definiert wurde.

Datenaufbereitung und statistische Analysen

Vor der statistischen Analyse wurde die Verteilung der einzelnen Parameter in der Stichprobe mittels Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung geprüft. Unterschiede zwischen den Geschlechtern sowie zwischen den einzelnen Trainingsvariationen wurden im Falle einer Normalverteilung mittels Zweifaktorieller Varianzanalyse mit Messwiederholung (rANOVA) getestet. Im Falle nicht-parametrischer Daten wurde anstelle der rANOVA der Friedman-Test verwendet. Gepaarte t-Tests (für parametrische Daten) und Wilcoxon-Tests (für nichtparametrische Daten) wurden für Post-hoc-Vergleiche verwendet. Das Signifikanzniveau wurde auf 5 % ($p < 0,05$) festgelegt und für Post-hoc-Tests mithilfe der Tukey-Korrektur angepasst ($p_{\text{tukey}} < 0,05$). Für signifikante Post-hoc-Tests wurden die mittlere Differenz (MD) sowie das Konfidenzintervall (95% CI) errechnet. Die Ermittlung der Anteile der aeroben und anaerob-alaktaziden Energiebereitstellung erfolgte über die spirometrisch erfassten Daten (indirekte Kalorimetrie). Die aerob zur Verfügung gestellte Energie wurde über das Integral der Sauerstoffaufnahmekurve während der Belastung berechnet. Der Anteil der anaerob-alaktazid zur Verfügung gestellten Energie wurde über die Sauerstoffaufnahmekurve der Nachbelastungsphase (EPOC) ermittelt (siehe hierzu Latzel, Hoos, Stier, Kaufmann, Fresz, Reim & Beneke, 2018).

3 Ergebnisse

Da sich die Kaderzugehörigkeit im Jahresverlauf ändert und einzelne Spielerinnen und Spieler aufgrund von Verletzungen ausfielen, konnten nicht alle Spielerinnen und Spieler an jeder der insgesamt elf geplanten Untersuchungstermine teilnehmen. In die statistische Auswertung wurden je nur die Spielerinnen und Spieler aufgenommen, die alle Variationen einer Trainingsform durchgeführt hatten (Wettspiellanalyse $n=11$; Multifeeding $n=19$; 2vs1-Komplex $n=9$; 2vs1-Abwehr $n=6$).

Wettspiellanalyse

Insgesamt wurden 802 Ballwechsel aus zehn Spielen analysiert. Der Großteil der Ballwech-

sel hatte eine Dauer von unter 12 s (87 ± 5 %) und nur 6 ± 3 % dauerten länger als 15 s. Am häufigsten wurden Pausenzeiten zwischen 9 und 12 Sekunden (42 ± 13 %) gemessen, gefolgt von einer Dauer zwischen 12 und 15 Sekunden (20 ± 8 %) und 18 ± 8 % aller Pausen dauerten länger als 15 Sekunden. Die durchschnittliche Anzahl der Ballwechsel betrug 89 ± 13 Ballwechsel pro Spiel, die mittlere Ballwechsel- und Pausendauer lagen bei $6,6 \pm 1,2$ und $11,9 \pm 1,6$ s. Die aktive Spielzeit in Relation zur Gesamtspielzeit war 36 ± 3 % und es wurden $6,4 \pm 1,3$ Schläge pro Ballwechsel mit einer Schlagfrequenz von $0,93 \pm 0,03$ ausgeführt. Die Analyse der Laufbewegungen ergab, dass die Spielerinnen und Spieler eine Strecke zwischen maximal 1.494 und minimal 1.225 Meter pro Spiel (30min) zurückgelegt haben, was einer Distanz von durchschnittlich 14 bis 17 Meter pro Ballwechsel bei einer mittleren Laufgeschwindigkeit von $3,84 \pm 0,33$ m/s entspricht. Die maximal gemessene Laufgeschwindigkeit von 4,35 m/s wurde bei einem männlichen Spieler gemessen. Die höchsten Beschleunigungswerte bei Beschleunigungs- und Abbremsbewegungen von $4,18$ m/s² und $-3,95$ m/s² wurden von einer weiblichen Spielerin erreicht. Die durchschnittlichen Spitzenwerte der Beschleunigungs- und Abbremsbewegungen waren bei $2,90 \pm 0,76$ und $-2,66 \pm 0,31$ m/s². Die Gesamtzahl der (vertikalen) Sprünge pro 30-minütiger Spielzeit betrug $19,9 \pm 9,3$.

Im Verlauf des Wettspiels stiegen Herzfrequenz- und Sauerstoffaufnahme (VO_2) mit zunehmender Dauer der Ballwechsel an und nahmen während der Pausen zwischen den einzelnen Ballwechseln wieder ab (im Mittel: HF 152 ± 10 S/min, VO_2 $35,7 \pm 6,0$ ml/min/kg). Die Spielerinnen und Spieler verbrauchten im Mittel 675 ± 98 J/kg/min ($0,16 \pm 0,02$ kcal/kg/min), wobei 57 ± 8 % der Gesamtenergiemenge aerob und 42 ± 9 % anaerob-alaktazid bereitgestellt wurden. Die Blutlaktatwerte nach dem Training reichten von 0,53 mmol/L bis 4,46 mmol/L, womit der Anteil der laktaziden Energiebereitstellung im Mittel bei $1 \pm 0,8$ % lag. Es konnten keine Unterschiede zwischen den Sätzen oder in Abhängigkeit des Geschlechts festgestellt werden.

Multifeeding

Beim Multifeeding wurden drei Belastungsprotokolle untersucht, die sich in der Belastungs- und Pausendauer (10, 30 oder 50 Sekunden) bei gleichem Belastungs-Pausen-Verhältnis unterschieden. Es konnte kein Einfluss der Variation der Belastungsnormative auf die mittlere VO_2 ($44,0 \pm 6,0$ bis $45,9 \pm 7,0$ ml/min/kg), die HF (164 ± 13 bis 165 ± 11) oder das Anstrengungsempfinden (RPE: 16 ± 2 bis 17 ± 2) beobachtet werden. Jedoch hatte die Intervalllänge einen Effekt auf den Respiratorischen Quotienten (RER) ($0,90 \pm 0,05$ bis $0,96 \pm 0,04$) und die Laktatkonzentration ($3,6 \pm 2,0$ mmol/L bis $7,3 \pm 2,3$ mmol/L). Diese stiegen jeweils mit zunehmender Intervalllänge an [RER: MD (95% CI) = $0,03-0,06$ (0,01; 0,05), pTukey < 0,01-0,03; Laktat: MD (95% CI) = $1,53-3,23$ (0,57; 4,31) mmol/L, pTukey < 0,01-0,03].

Insgesamt legten die Spielerinnen und Spieler in 600 s Spielzeit 756 ± 168 m (T10/10), 704 ± 130 m (T30/30) und 655 ± 108 m (T50/50) zurück. Die zurückgelegten Strecken und die durchschnittlichen Laufgeschwindigkeiten der 10- und 30-sekündigen Protokolle waren vergleichbar (T10/10: 76 ± 17 m/min und $1,3 \pm 0,3$ m/s; T30/30: 70 ± 13 m/min und $1,2 \pm 0,2$ m/s), während Distanz und Geschwindigkeit im 50-sekündigen Protokoll (65 ± 11 m/min und $1,1 \pm 0,2$ m/s) im Vergleich zu T10/10 signifikant niedriger waren [MD (95% CI) = 12 (4; 20) m/min; pTukey = 0,04]. Die Spielerinnen und Spieler absolvierten in T10/10 weniger Sprünge pro Minute ($6,7 \pm 3,1$) als in T30/30 ($8,8 \pm 3,8$), während sich die Sprunghäufigkeit zwischen T30/30 und T50/50 ($8,5 \pm 4,2$) nicht unterschied [MD (95% CI) = $2,9$ (1,4; 4,4) Sprünge/min, pTukey < 0,01]. Es wurden keine Unterschiede in der Schlagfrequenz ($0,55 \pm 0,06$ S/s bis $0,58 \pm 0,05$ S/s), der Fehlerquote ($16,3\% \pm 6,0\%$ bis $18,7\% \pm 4,0\%$) oder der Anzahl der Smash-Schläge im Verhältnis zu allen Schlägen (zwischen $22,4\% \pm 6,0\%$ und $23,8\% \pm 7,9\%$) festgestellt. Die Treffgenauigkeit in den vordefinierten Zonen (Abb. 1) unterschied sich nicht zwischen T10/10, T30/30 und T50/50.

Zwei-gegen-Eins-Komplex

Beim 2vs1-Komplex wurden in zwei Variationen der Standardvariante bei gleichbleiben-

der Belastungsdauer (60 s) die Pausenzeiten variiert (30, 20 und 40 s) sowie in einer weiteren Variation bei identischer Pausendauer (30 s) die Belastungszeit erhöht (120 s). Die Protokolle mit dem größten (T120/30 = 4:1) und dem kleinsten (T60/40 = 3:2) Belastungs-Pausen-Verhältnis unterschieden sich signifikant hinsichtlich VO_2 und RER [VO_2 : MD (95%CI) = $8,3$ (35,9; 53,7) ml/min/kg, pTukey = 0,01; RER: MD (95%CI) = $0,05$ (0,90; 1,01), pTukey = 0,03], jedoch nicht hinsichtlich des RPE (15 ± 1 bis 16 ± 2). Der signifikante Gruppeneffekt bezogen auf die Laktatkonzentration (zwischen $3,6 \pm 1,3$ und $5,2 \pm 2,1$ mmol/L) konnte im Post-hoc-Test nicht nachgewiesen werden. Zwischen den Protokollen konnte außerdem kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der mittleren Laufleistung (Distanz: 54 ± 32 bis 78 ± 43 m und Laufgeschwindigkeit: $0,7 \pm 0,4$ bis $2,1 \pm 0,8$ m/s), der mittleren Anzahl hochintensiver Aktionen (Sprünge: $1,0 \pm 0,5$ bis $3,4 \pm 1,7$ pro Minute und Smash-Rate: 6 ± 4 % bis 10 ± 6 %) oder der technomotorischen Qualität (Fehlerrate bezogen auf die Gesamtzahl der Schläge: 7 ± 2 % bis 8 ± 2 %) festgestellt werden.

Zwei-gegen-Eins-Abwehr

Beim 2vs1-Abwehr-Drill wurden die Belastungs- (120, 60 und 40 s) und Pausendauern (40, 20 und 60 s) bei gleichbleibendem Belastungs-Pausen-Verhältnis (3:1) variiert. Die maximale Herzfrequenz (Hfmax) war in der Standardvariante (T120/40) höher als in der Variation mit der kürzeren Belastungsdauer (T60/40) [Hfmax: MD (95%CI) = $7,4$ (159; 191) S/min; pTukey = 0,04]. Mit Ausnahme der maximalen Herzfrequenz führte die Anpassung von Belastungsdauer und Pausenzeiten bei gleichbleibendem Belastungs-Pausenverhältnis jedoch zu keinen signifikanten Unterschieden in den gemessenen Parametern. Die Sauerstoffaufnahme lag im Mittel bei 45 ± 5 ml/min/kg, der RER zwischen $0,95 \pm 0,04$ und $0,98 \pm 0,04$, die mittlere Herzfrequenz zwischen 172 ± 11 und 179 ± 10 S/min, die Laktatkonzentration zwischen $3,2 \pm 1,6$ und $4,4 \pm 1,5$ mmol/L und das RPE zwischen 16 ± 2 und 17 ± 2 . Die Analyse der Belastungsstruktur hat ergeben, dass die Spielerinnen und Spieler im Mittel zwischen 35 ± 1 und 55 ± 26 m/min zurückgelegt haben, $0,8 \pm 0,3$ bis $1,4 \pm 1,1$ Sprünge/min absolvierten und

0,41 ± 0,04 bis 0,44 ± 0,01 Schläge/s ausführen. Die Fehlerrate betrug dabei zwischen 9 ± 1 und 9 ± 3 %. Abb. 2 und 3 zeigen die mittleren Laktatkonzentrationen, RPE, Laufdistanzen und

Fehlerquoten der einzelnen Trainingsprotokolle aller überprüften Trainingsformen sowie der Trainingswettspiele im zusammenfassenden Vergleich.

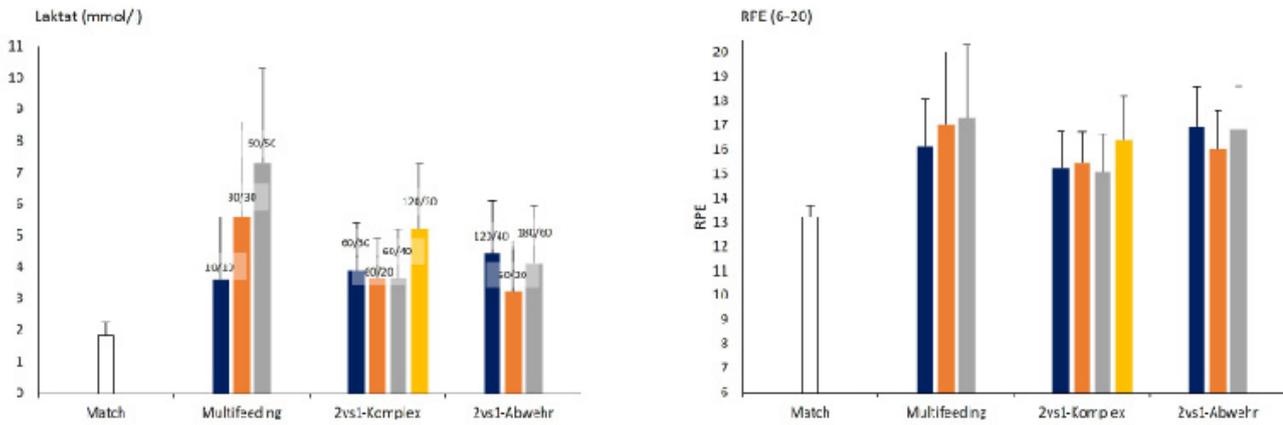


Abb. 2: Vergleich der Laktatkonzentrationen und des Belastungsempfindens (RPE) zwischen den einzelnen Protokollen, den Trainingsformen und dem Trainingswettspiel („Match“).

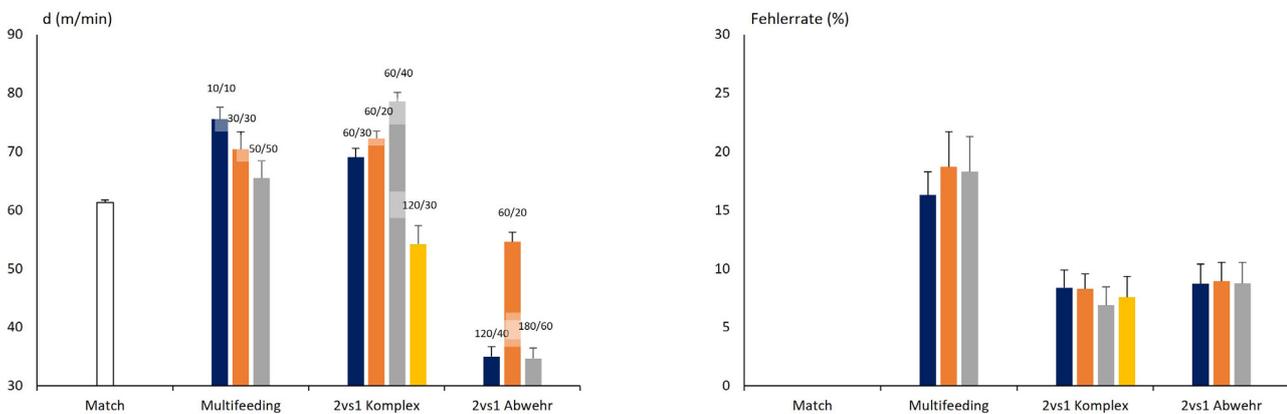


Abb. 3: Vergleich der Laufdistanzen (d) und der Fehlerrate zwischen den einzelnen Protokollen, den Trainingsformen und dem Trainingswettspiel („Match“).

4 Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Studie bestand darin, ein Update des Aktivitätsprofils unter besonderer Berücksichtigung der physiologischen Reaktionen im Badmintonwettspiel zu erstellen und ausgewählte Trainingsformen hinsichtlich ihrer Belastungs- und Beanspruchungsstruktur zu überprüfen. Die Ergebnisse der Studie beto-

nen die intermittierende und schnelle Natur des Spiels. Insbesondere eine hohe Arbeitsdichte, hochfrequente Schlagserien und wiederholte hochintensive Lauf- und Sprungbewegungen führen zu einer hohen physiologischen Beanspruchung. Um den hierfür erforderlichen Energiebedarf zu decken und die hohe Intensität während des Wettspiels aufrechtzuerhalten, wurde eine hohe Bedeutung der anaerob-

alaktaziden sowie der aeroben und weniger der anaerob-laktaziden Ausdauerkapazität ersichtlich. Im Training werden hingegen meist deutlich höhere Laktatkonzentrationen als im Wettspiel erreicht. Die Belastungsnormative im Badmintontraining sollten demnach bei einzelnen Trainings-Drills überdacht werden, um die angestrebten Trainingsziele zu erreichen.

Der Wechsel zwischen kurzen Phasen hoher Anstrengung (meist <12 s) und aktiver Erholung (meist 9-12 s) sind bezeichnend für die intermittierende Spielstruktur. Die physiologischen Parameter spiegeln diese intermittierende Spielstruktur wider. Herzfrequenz und Sauerstoffaufnahme passten sich im Spielverlauf variabel an die Intensität und Dauer der Ballwechsel an und sanken während der Erholungsphasen schnell wieder ab. Die durchschnittlichen Spitzen- und Mittelwerte von Herzfrequenz (171 ± 7 und 152 ± 10 S/min) und Sauerstoffaufnahme ($57,8 \pm 8,8$ und $35,7 \pm 6,0$ ml/min/kg) betonen die hohe kardiovaskuläre und respiratorische Beanspruchung des Sports. Die differenzierte Analyse des Energiestoffwechsels hat gezeigt, dass ein erheblicher Anteil der aeroben Kapazität für die Wiederauffüllung der anaeroben Phosphatspeicher in den Ruhephasen genutzt wird. Insgesamt wurden $56,5 \pm 8,4$ % der Gesamtenergiemenge aerob, $42,4 \pm 8,7$ % anaerob-alaktazid und $1,0 \pm 0,8$ % über laktazide Stoffwechselprozesse bereitgestellt. Zwar kann mittels punktueller Messungen die Laktat-Kinetik nicht vollständig abgebildet werden, weshalb der laktazide Anteil mit den verwendeten Berechnungsmodellen vermutlich unterschätzt wurde, die Ergebnisse betonen jedoch die Bedeutsamkeit einer schnellen Resynthese der Phosphatspeicher (Adenosintriphosphat und Kreatinphosphat) in der Muskulatur.

Die Trainingsanalyse hat weiter gezeigt, dass alle untersuchten Trainingsformen, unabhängig von der Auslenkung der Belastungsnormative, einen trainingsrelevanten Reiz auf das aerobe System haben. Beim Multifeeding kommt das Trainingsprotokoll mit der kürzesten Belastungszeit (T10/10 mit 10 s Belastung und 10 s Pause) der mittleren Wettspielbeanspruchung am nächsten. Die Protokolle mit Belastungs-

zeiten von 30 Sekunden und darüber hinaus führen hingegen zu einer Laktatakkumulation, die die mittleren und teils auch die maximalen Beanspruchungen des Wettspiels überschreiten. Als Konsequenz oder Pacing-Strategie reduzieren die Spielerinnen und Spieler beim Multifeeding mit den längsten Belastungszeiten (50 s) sowohl Laufdistanz als auch mittlere Laufgeschwindigkeit, was bei vergleichbarer Schlagfrequenz zu einer schlechteren Positionierung zum Ball führt und dadurch mit einer verminderten Schlagqualität einhergeht. Da trotzdem kein Anstieg der Fehlerrate zu erkennen war, kann davon ausgegangen werden, dass andere Qualitätsmerkmale wie beispielsweise die Schlaghärte oder Schlaggeschwindigkeit zugunsten der Treffsicherheit reduziert wurden. Außerdem kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Zuspelerinnen und -spieler in Reaktion auf die sukzessiv zunehmende Ermüdung der Trainierenden gezielt oder unbewusst ihr Zuspield anpassten, sodass Bälle mit geringerer Anzahl an Schritten erreicht werden konnten.

Potenzielle Pacing-Strategien werden in der Analyse der beiden 2vs1-Trainingsformen deutlicher. Unabhängig von der Schwerpunkt- bzw. Zielsetzung der Übung (2vs1-Komplex als Schnelligkeitstraining und 2vs1-Abwehr als Technikschiulung) werden bei diesen Übungsformen klassischerweise noch längere Belastungsphasen als beim Multifeeding (60 s bis 180 s) gewählt. Entsprechend wurden im Vergleich zum Wettspiel deutlich geringere Schlagfrequenzen gemessen. Aufgrund der vorgegebenen Belastungsstruktur wird auch beim 2vs1 vor allem das kardiorespiratorische System beansprucht, während die Schlag- und Laufgeschwindigkeiten eher geringgehalten werden. Es scheint logisch, dass bei einer derart hohen metabolischen Beanspruchung maximale Laufgeschwindigkeiten und -beschleunigungen sowie eine bestmögliche Technikausführung nicht mehr möglich sind. Demnach können alle drei untersuchten Trainingsformen eher als aerobes und – je nach Auslenkung der Belastungsnormative – teils auch anaerob-laktazides Ausdauertraining charakterisiert werden. Die Trainingsziele „Verbesserung der badmintonspezifischen Schnelligkeit/Agilität“ und „Verbesserung der

Technik“ werden mit traditionellen Trainingsformen nicht oder nur unzureichend adressiert. Allenfalls kann hier von einem Schnelligkeits- bzw. Technik-Ausdauertraining unter erschwerten metabolischen Bedingungen gesprochen werden. Basierend auf den Ergebnissen dieser Untersuchungen sollte demnach (1.) die Zielsetzung der traditionellen 2vs1-Trainingsformen neu definiert werden, (2.) alternative Trainingsformen genutzt werden, um die Ziele „Schnelligkeit“ und „Technik“ zu erfüllen und (3.) beim badmintonspezifischen Ausdauertraining die Wahl der Belastungsnormative nicht unreflektiert getroffen werden.

5 Schlussfolgerungen für die Trainingspraxis

Die Belastungs- und Beanspruchungsstruktur differiert erheblich zwischen Wettspiel und typischen Trainingsformen im Badminton. Während der aerobe und anaerob-alkalotazide Energiestoffwechsel im Wettspiel klar dominiert, nimmt bei allen untersuchten Trainingsformen die Bedeutung des anaerob-laktaziden Stoffwechsels einen höheren Stellenwert ein. Technomotorische Unterschiede (geringere Schlagfrequenzen und Bewegungsgeschwindigkeiten) stehen möglicherweise damit im Zusammenhang. Die Veränderung der Belastungsnormative in dem in der Praxis üblichen Ausmaß verursacht hingegen nur geringfügige Veränderungen von Belastungs- und Beanspruchungsstruktur, sodass deren Bedeutung überschätzt wird. Möglicherweise führen Pacing-Methoden der Spieler zur Kompensation bzw. Angleichung von (überhöhten) Trainingsreizen.

Im Rahmen der Periodisierung sind speziell in der Hauptwettkampfphase die Trainingsformen und deren Belastungsnormative enger an die Wettspielanforderungen anzulehnen, auch um maximale Bewegungsgeschwindigkeiten zu gewährleisten (z. B. Multifeeding T10/10 mit 10 s Belastung und 10 s Pause). Nur zu ausgewählten Saisonzeitpunkten und unter klarer Zielsetzung sollten neben den mittleren auch die maxima-

len und supramaximalen Beanspruchungen trainiert werden. Beispielsweise im Rahmen der Saisonvorbereitung können Trainingsformen mit einer längeren Belastungsdauer zur Verbesserung der Laktattoleranz im Einzelfall sinnvoll sein. Insgesamt sollte der Fokus der Trainingsausrichtung in badmintonspezifischen Ausdauer-Drills zukünftig jedoch auf die im Wettspiel am häufigsten genutzten Stoffwechselaktivitäten (aerobe und alkalotazide Energiestoffwechsel) gelegt werden, da bei längeren Belastungszeiten Einbußen der Laufgeschwindigkeit sowie möglicherweise der Schlaghärte zu tolerieren sind.

6 Projektbezogene Transfermaßnahmen

Durch einen engen Austausch mit den Hauptverantwortlichen des DBV-Bundesstützpunkts in Mühlheim an der Ruhr sowie den Bundestrainer*innen sollte ein möglichst rascher Transfer der Ergebnisse in die Trainingspraxis gewährleistet werden. In diesem Zuge wurde der Projektfortschritt regelmäßig (mehrmals pro Jahr) im Rahmen des sogenannten DBV-Wissenschaftsaustauschs den verantwortlichen Trainerinnen und -trainern berichtet. Zudem wurden die Ergebnisse auf nationalen und internationalen Kongressen präsentiert sowie in internationalen Fachzeitschriften mit Peer-Review-Verfahren veröffentlicht. Weitere Transfermaßnahmen in Kooperation mit dem DBV sind geplant (u. a. Beiträge bei Trainerinnen- und -trainer-Aus- und -Weiterbildungen).

Nationale und internationale Kongressbeiträge

Edel, A., Wiewelhove, T. & Ferrauti, A. (2022).

On-court drills in elite badminton players – impact of interval length on internal and external load. In F. Dela, M. F. Piacentini, J. W. Helge, A. Calvo Lluch, E. Saez & E. Tsolakidis (Eds.), *Book of Abstracts of the 27th Annual Congress of the European College of Sports Science* (pp. 287). European College of Sport Science.

Edel, A., Freis, N., Kaufmann, S., Hoos, O., Wiewelhove, T. & Ferrauti, A. (2023). Metabolic profile in badminton match play. In G. Guilhem, G. Rabita, F. Brocherie, E. Tsolakidis, A. Ferrauti, J.W. Helge & M.F. Piacentini (Eds.), *Book of Abstracts of the 28th Annual Congress of the European College of Sports Science* (pp. 820). European College of Sport Science.

Edel, A., Kaufmann, S., Hoos, O., Wiewelhove, T. & Ferrauti, A. (2023). Metabolisches Profil im Badminton: Vergleich eines kontinuierlichen und eines intermittierenden Modells basierend auf der PCr-La-O₂-Methode. Abstractband des 26. sportwissenschaftlichen Hochschultags der DVS, 2.-22. September. *German Journal of Exercise and Sport Research*.

Publikationen in internationalen

Fachzeitschriften mit Peer-Review-Verfahren

Edel, A., Song, Y., Wiewelhove, T., & Ferrauti, A. (2019). Activity profiles and physiological responses during match play in four popular racquet sports: A literature review. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 49(3), 221–231.

Edel, A., Weis, J. L., Ferrauti, A., & Wiewelhove, T. (2023). Training drills in high performance badminton – effects of interval duration on internal and external loads. *Frontiers in Physiology*, 14, 1189688.

Edel, A., Freis, N., Kaufmann, S., Hoos, O., Wiewelhove, T., Ferrauti, A. (2023). Metabolic profiles in badminton match play and training drills. *International Journal of Sports Physiology and Performance* (under review).

7 Literatur

Edel, A., Song, Y., Wiewelhove, T. & Ferrauti, A. (2019). Activity profiles and physiological responses during match play in four popular racquet sports. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 49(3), 221–231.

Ferrauti, A., Bergeron, M. F., Pluim, B. M., & Weber, K. (2001). Physiological responses in tennis and running with similar oxygen uptake. *European Journal of Applied Physiology*, 85(1), 27–33.

Ferrauti, A., Pluim, B. M. & Weber, K. (2001). The effect of recovery duration on running speed and stroke quality during intermittent training drills in elite tennis players. *Journal of Sports Sciences*, 19(4), 235–242.

Latzel, R., Hoos, O., Stier, S., Kaufmann, S., Fresz, V., Reim, D. & Beneke, R. (2018). Energetic profile of the basketball exercise simulation test in junior elite players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(6), 810–815.

Diagnostik und Training der Antizipation bei Handballtorhüter:innen

AZ: 070716/21-23

Kim Huesmann¹, PD Dr. Florian Loffing^{1,2} & Prof. Dr. Jörg Schorer¹ (Projektleitung)

¹Institut für Sportwissenschaft, Carl von Ossietzky Universität Oldenburg

²Psychologisches Institut, Deutsche Sporthochschule Köln

1 Einleitung und Problemdefinition

„Ein guter Torhüter ist die halbe Miete“ ist eine Sportweisheit, der viele Sportler:innen zustimmen würden. Die Anforderungen an Torhüter:innen verschiedener Sportarten sind vielfältig: Sie müssen das Spiel überblicken, Angriffe der eigenen Mannschaft einleiten und gegnerische Torwürfe und -schüsse abwehren. Im Hinblick auf die letztgenannte Aufgabe besteht in der sportwissenschaftlichen Forschungsliteratur weitestgehend Konsens darüber, dass der hohe zeitlich-räumliche Druck in Abwehrhandlungen von Torhüter:innen verlangt, dass sie die gegnerische Handlung vorhersagen, also antizipieren müssen, um zur richtigen Zeit am richtigen Ort zu sein (Schorer, 2007; Schorer, Panten, Neugebauer, & Loffing, 2018). Höherklassige Torhüter:innen sind im Vergleich zu niedrigerklassigen Torhüter:innen besser darin, gegnerische Handlungen zu antizipieren, wobei sie sowohl kinematische (d.h. bewegungsbezogene; z.B. Hatzl, 2000; Loffing & Hagemann, 2014) als auch u. a. mit der aktuellen Handlungssituation verbundene kontextbezogene Informationen (z.B. Werfer:innenposition, Blockkonstellation oder gegnerische Handlungspräferenzen; Huesmann, Schorer, Büsch, Witt, & Loffing, 2023; Mann, Schaefers, & Cañal-Bruland, 2014) für ihre Vorhersagen berücksichtigen.

Ein in Vorbereitung auf dieses Projekt und im Rahmen der dem Projekt hinzugefügten Studien durchgeführtes Review hat gezeigt, dass Antizipationsstudien im Handball insbesondere auf Torhüter:innen im Erwachsenenbereich und die standardisierte 7m-Wurfsituation fokussieren (Huesmann, Schorer, Büsch, & Loffing,

in Vorbereitung). Zur Antizipation von Rückraumwürfen, die in vergleichsweise deutlich dynamischeren und komplexeren Situationen abzuwehren sind, liegen bisher wenige Arbeiten vor (Gutierrez-Davila, Rojas, Ortega, Campos, & Parraga, 2011; Hatzl, 2000; Huesmann, Loffing, Büsch, Schorer, & Hagemann, 2022; Rojas, Gutiérrez-Davila, Ortega, Campos, & Párraga, 2012). Eine solche Forschungslücke besteht insbesondere für Torhüter:innen aus dem Nachwuchsbereich, die perspektivisch an die Leistung der erwachsenen Expert:innen anknüpfen sollen und für die aus der Handball-Praxis wiederholt Anpassungsprobleme beim Übergang vom Nachwuchs- zum Seniorenbereich berichtet werden. Ziel dieses Projekts war es, das abwehrtaktische Verhalten von Handballtorhüter:innen im Nachwuchs- und Erwachsenenbereich zu beschreiben, eine Diagnostik zur Erfassung der Antizipationsleistung von Torhüter:innen zu entwickeln sowie daran anknüpfend ergänzende (videobasierte) Trainingsmaßnahmen zur Reduktion der vermuteten „Lücke“ zwischen den perceptiv-kognitiven Anforderungen im Nachwuchs- und Erwachsenenbereich zu erarbeiten.

2 Arbeitsprogramm

Entsprechend der Zielsetzung des Projekts gliederte sich das ursprüngliche Arbeitsprogramm in drei Studien: In Studie 1 sollte eine systematische Spielanalyse vorhandener Nationalmannschaftsspiele durchgeführt, in Studie 2 die Antizipation von Handballtorhüter:innen der ersten vier Ligen im Nachwuchs- und Erwachsenenbereich diagnostiziert und in Studie 3 ein Training der Antizipation von Torhüter:innen aus dem Nachwuchs- und Erwachsenenbereich

entwickelt und evaluiert werden. Für die Durchführung der Arbeiten in den Studien 1-3 wurden Videoaufnahmen von Nationalmannschaftsspielen durch den Deutschen Handballbund e.V. zur Verfügung gestellt. Die Aufnahmen standen aufgrund der COVID-19-Pandemie und damit einhergehender Spielverschiebungen und -absagen erst im Januar 2022 vollständig zur Verfügung (ursprünglicher Plan im April 2021). Daher ergänzte das Projektteam das beantragte Arbeitsprogramm nach Rücksprache mit dem Projektpartner und dem Bundesinstitut für Sportwissenschaft um drei die Zielsetzung unterstützende Untersuchungen. Die Ergebnisse des Reviews wurden bereits im vorherigen Kapitel kurz beschrieben. In Studie 4 wurden Expert:inneninterviews zur Antizipation von Rückraumwürfen durchgeführt und in Studie 5 wurde darauf aufbauend schließlich eine Online-Befragung zum Einfluss der Werfer:innenposition und Blockposition auf die Antizipation von Rückraumwürfen durchgeführt.

Studie 1: Entwicklung einer systematischen Spielanalyse

In Studie 1 wurde ein Diagnostiktool zur systematischen Erfassung der Torhüter:innentaktik entwickelt. In Zusammenarbeit mit dem Projektpartner wurden Variablen identifiziert, die für die Analyse der Torhüter:innentaktik relevant sind. Auf der Basis von Videoaufzeichnungen von Handballspielen werden neben Informationen zum Spiel und den Spieler:innen Informationen zur Position des:der Werfer:in und Blockspieler:innen, Position des:der Torhüter:in, Zeitpunkt des Ballabwurfs, Zeitpunkt der Initiierung der Abwehrbewegung, der Wurftechnik, der Wurfrichtung und dem Wurfengang protokolliert. Basierend auf den eingelesenen Daten kann die Wurfsituation mithilfe einer Grafik in einer Excel-Datei nachgestellt werden. Zudem können Informationen wie der Winkel und die Distanz zwischen Werfer:innen und Blockspieler:innen, die Ballfluggeschwindigkeit und -dauer sowie die Antizipationsleistung (Initiation der Abwehrbewegung in Relation zum Abwurfzeitpunkt; Handlungserfolg ja oder nein?) berechnet und zur Verfügung gestellt werden. Die Informationen der syste-

matischen Spielanalyse können Trainer:innen und Spieler:innen hilfreiche Informationen zur Torhüter:innenleistung liefern (z.B. für die Vor- und Nachbesprechung).

Studie 2: Diagnostik der Antizipation von Handballtorhüter:innen im Nachwuchs- und Erwachsenenbereich

Das Ziel der Studie war es, die Antizipation von Rückraumwürfen bei Torhüter:innen aus dem Nachwuchs- und Erwachsenenbereich zu diagnostizieren. Der Fokus lag dabei auf erwarteten Unterschieden zwischen dem Nachwuchs- und Erwachsenenbereich sowie der Untersuchung des Einflusses der Werfer:innenposition auf die Antwortrichtigkeit und -auswahl in einem videobasierten Antizipationstest. An der Studie nahmen insgesamt $N = 78$ Torhüter:innen ($n = 28$ weiblich, $n = 50$ männlich) teil. Davon stammten $n = 36$ aus dem Nachwuchsbereich (MAlter = 17.22 Jahre; SD = 0.71) und $n = 42$ aus dem Erwachsenenbereich (MAlter = 25.03 Jahre; SD = 5.14) der ersten vier deutschen Ligen.

In dem Test wurden insgesamt 144 Videos von Rückraumwürfen in zufälliger Reihenfolge präsentiert. Die Videos brachen jeweils zu einem von drei verschiedenen Abbruchzeitpunkten relativ zur Aktion des Wurfers ab (t_1 = Stemschritt; t_2 = Umkehrpunkt des Wurfarmes; t_3 = Ballabwurf). Die Teilnehmer:innen hatten die Aufgabe, nach Abbruch eines Videos die Wurfrichtung per Mausklick auf dem Computermonitor vorherzusagen. Bei den Videos handelte es sich um Aufnahmen von Spielen der deutschen Herren-Nationalmannschaft. Die in dem Test gezeigten Rückraumwürfe wurden gleichverteilt von den Positionen Rückraum rechts (RR), Rückraum Mitte (RM) und Rückraum links (RL) und auf alle vier Torecken ausgeführt. Die interessierenden unabhängigen Variablen waren der Abbruchzeitpunkt (t_1 , t_2 , t_3), die Wurfposition (RL, RM, RR; Angabe stets aus Wurfersicht) und die Torhüter:innen-Gruppe (Nachwuchs- vs. Erwachsenenbereich). Als abhängige Variablen wurden die Antwortrichtigkeit (prozentualer Anteil richtiger Vorhersagen der Wurfseite links vs. rechts) und die Wahl der Abwehrseite (operationalisiert über den prozentualen Anteil an

Vorhersagen für die aus Torhüter:innen-Sicht linke Seite) betrachtet. Es wurde erwartet, dass die Antwortrichtigkeit von t1 zu t2 zu t3 ansteigt, dass die Torhüter:innen aus dem Erwachsenenbereich eine höhere Antwortrichtigkeit zeigen als die Torhüter:innen aus dem Nachwuchsbereich und dass die Wurfposition einen Einfluss auf die Antwortauswahl hat.

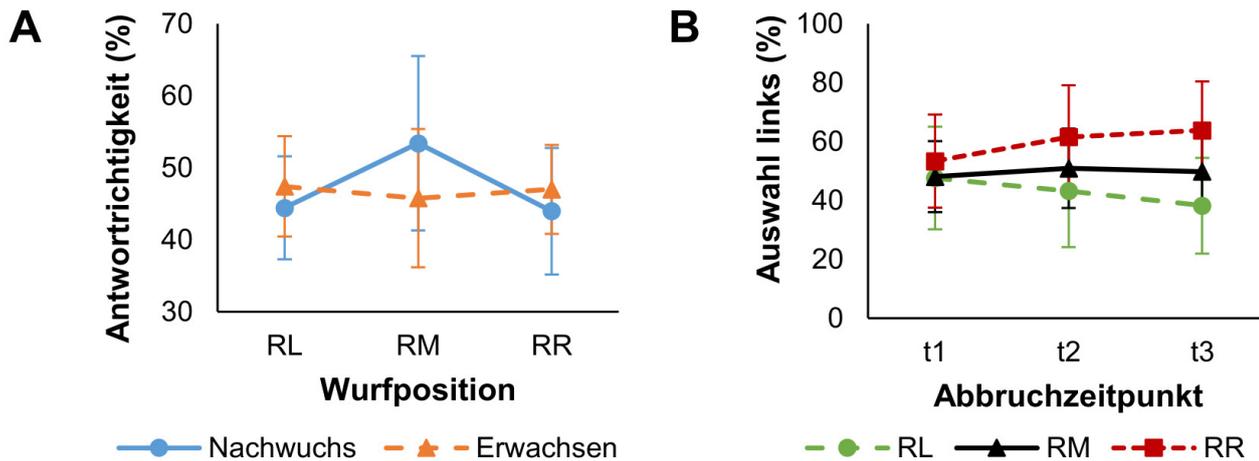


Abb. 1: (A) Interaktionseffekt zwischen Position und Gruppe für die Antwortrichtigkeit und (B) Interaktionseffekt zwischen Position und Abbruchzeitpunkt für die Auswahl der linken Torseite. Die Fehlerbalken repräsentieren jeweils die Standardabweichungen.

Die Ergebnisse zeigen den erwarteten Haupteffekt für die Abbruchzeitpunkte $F(2, 152) = 29.35$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .28$. Die Antwortrichtigkeit stieg von t1 ($M = 43.43\%$, $SD = 7.67\%$) über t2 ($M = 45.89\%$, $SD = 6.54\%$) zu t3 ($M = 51.66\%$, $SD = 7.09\%$) an, muss aber insgesamt als sehr niedrig eingestuft werden. Es wurde kein Unterschied zwischen dem Nachwuchs- und Erwachsenenbereich und kein Interaktionseffekt zwischen Gruppe und Abbruchzeitpunkt gefunden. Es gab jedoch einen Haupteffekt für Position, $F(1.39, 106.05) = 4.81$, $p = .019$, $\eta_p^2 = .06$ (Greenhouse-Geisser-Korrektur), sowie einen Interaktionseffekt zwischen Gruppe und Position, $F(1.39, 106.05) = 8.96$, $p = .001$, $\eta_p^2 = .11$ (Greenhouse-Geisser-Korrektur; siehe Abb. 1). Hier fällt auf, dass Torhüter:innen aus dem Nachwuchsbereich von der Position RM eine bessere Antizipationsleistung zeigten als Torhüter:innen aus dem Erwachsenenbereich, wobei dieser Effekt sich bei den Positionen RR und RL tendenziell umkehrt.

Die Ergebnisse zur Antwortauswahl zeigen einen Haupteffekt für Position, $F(1.25, 95.27) = 26.16$,

$p < .001$, $\eta_p^2 = .26$ (Greenhouse-Geisser-Korrektur) sowie eine Interaktion zwischen Abbruchzeitpunkt und Position, $F(3.48, 264.39) = 15.92$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .17$ (Greenhouse-Geisser-Korrektur).

Die Torhüter:innen tendieren ungeachtet ihres Altersbereichs besonders zu den Abbruchzeitpunkten t2 und t3 dazu, von RL einen Wurf in

die rechte Torecke und von RR einen Wurf in die linke Torecke zu antizipieren. Dies entspricht jeweils der Erwartung von Würfen in die „kurze Ecke“. Eine solche Tendenz konnte für Würfe von der Position RM, für die es keine „kurze Ecke“ gibt, nicht festgestellt werden.

Studie 3: Training der Antizipation von Handballtorhüter:innen

Das Training der Antizipation von Handballtorhüter:innen wurde aufgrund der im Projektverlauf verzögerten Verfügbarkeit umfangreicher Videoaufzeichnungen sowie aufgrund ausgebliebener Gruppenunterschiede zwischen dem Nachwuchs- und Erwachsenenbereich und einer womöglich auf kontextbezogene Informationen wie generelle Handlungswahrscheinlichkeiten zurückzuführende Tendenz der Antizipation von RL-/RR-Würfen auf die kurze Ecke nicht wie ursprünglich geplant umgesetzt. Stattdessen wurden zunächst die Erkenntnisse aus Studie 2 (Diagnostik) genutzt, um unter Einbezug hochklassiger Handballspieler:innen die

Videoauswahl für die Diagnostik anzupassen. Die überarbeitete Diagnostik dient der Erfassung der Antizipationsleistung in den Prä-, Post- und Retentionstest, die ein zurzeit explorativ mit Torhüter:innen aus dem Nachwuchs- und Erwachsenenbereich durchgeführtes videobasiertes Training flankieren. Für dieses Training wurden Handballtorhüter:innen aus den ersten bis vierten Ligen der jeweiligen Altersbereiche rekrutiert.

Studie 4: Interviews zur Antizipation von Rückraumwürfen im Handball

Das Ziel dieser Studie war es, herauszufinden, welche Informationsquellen Handballtorhüter:innen auf höchstem Niveau als relevant für die Antizipation von Rückraumwürfen erachten. Da die Ergebnisse dieser Studie bereits publiziert wurden (Huesmann et al., 2023), fokussieren wir mit Verweis auf den frei zugänglichen Volltext hier auf zentrale Aussagen. Es wurden semi-strukturierte Interviews mit $N = 6$ erfahrenen Handballtorhüter:innen und Torhüter:innentrainer:innen (allesamt (ehemalige) hochklassige Torhüter:innen) zur Antizipation und der Nutzung von Informationsquellen für die Antizipation bei Rückraumwürfen durchgeführt. Die Interviews wurden anschließend transkribiert, kodiert und die Ergebnisse mittels einer thematischen Analyse sowohl induktiv als auch deduktiv kategorisiert (Braun & Clarke, 2006; Braun, Clarke & Weate, 2016). Die Ergebnisse zeigen, dass eine Vielzahl von kinematischen und kontextuellen Hinweisen für die Antizipation relevant sind und entweder vor dem Spiel, oder vor bzw. während des Wurfs verfügbar sind. Die Teilnehmer:innen gaben an, Informationen aus dem Angriff (z. B. Sprung des:der Werfer:in; Aufgabenverteilung der gegnerischen Mannschaft) und der Verteidigung (z. B. Strategien der Abwehrspieler:innen, Blockposition) für die Antizipation von Rückraumwürfen zu nutzen. Darüber hinaus wurden mehrere Faktoren identifiziert, die die Verfügbarkeit und Nutzung von Informationsquellen beeinflussen. Die Ergebnisse bieten eine Grund-

lage für (a) künftige Forschungsarbeiten zur Integration kinematischer und kontextbezogener Hinweise und zu deren Verwendung in der realen (Wettkampf-)situation und (b) die Entwicklung von Trainingsprogrammen zur Förderung der Antizipation von Torhüter:innen (Huesmann et al., 2023).

Studie 5: Online-Befragung zum Einfluss der Werfer:innen- und Blockposition auf die Antizipation von Rückraumwürfen bei Handballtorhüter:innen

Das Ziel der Studie 5 war es, die Bedeutung ausgewählter kontextbezogener Informationen auf die Antizipation von Rückraumwürfen im Rahmen der Möglichkeiten der COVID-19-Pandemie weiter zu erforschen. Speziell sollte der Einfluss der Werfer:innen- und Blockposition sowie der Werfer:innen-Händigkeit auf die Abschätzung der Wurfrichtungswahrscheinlichkeiten von Rückraumwürfen bei Handballtorhüter:innen unterschiedlicher Altersbereiche untersucht werden. Es nahmen $N = 110$ Handballtorhüter:innen aus dem Nachwuchs- ($n = 43$; 14 weiblich, 28 männlich, 1 keine Angabe; Alter: $M = 16.98$ Jahre; $SD = .89$) und Erwachsenenbereich ($n = 67$; 28 weiblich, 38 männlich, 1 keine Angabe; Alter: $M = 24.78$ Jahre; $SD = 4.81$) an einer Online-Befragung teil. Den Torhüter:innen wurden Bilder von links- und rechtshändigen Rückraumwürfen aus drei Positionen (RR, RM, RL) und zwei Blockpositionen (Wurfarmblock, kein Wurfarmblock) gezeigt. Die Teilnehmer:innen wurden gebeten, für jedes Bild einzuschätzen, zu wie viel Prozent sie einen Wurf in die vier Ecken des Tores erwarten würden. Die Ergebnisse der Studie werden zurzeit aufbereitet und sollen anknüpfend an Studie 4 (Huesmann et al., 2023) den Einfluss bestimmter kontextbezogener Informationen für die Wurfrichtungsvorhersage und anknüpfend an Studie 2 den Befund einer Tendenz zur Antizipation der „kurzen Ecke“ überprüfen.

3 Diskussion und Ausblick

Das Projekt „Diagnostik und Training der Antizipation bei Handballtorhüter:innen“ mit seinen geplanten Studien und den durch die Corona-Pandemie und die damit einhergehenden Verzögerungen entwickelten Studien liefert neue Einblicke in die Antizipation von Rückraumwürfen bei Handballtorhüter:innen aus dem Nachwuchs- und Erwachsenenbereich. Die Ergebnisse liefern weitere Evidenz für die Relevanz kinematischer und situativer Informationen für sowie deren Interaktion bei der Antizipation in komplexen Spielsituationen wie Rückraumwürfen (besonders Studien 2 und 4). Die Ergebnisse werfen Forschungsfragen zu Expertiseunterschieden zwischen dem hochklassigen Nachwuchs- und Erwachsenenbereich auf, die in zukünftigen Studien, z. B. mithilfe optimierter Experimentalaufgaben, in denen eine höhere Wahrnehmungs-Handlungskopplung erforderlich ist (Huesmann et al., 2022), untersucht werden sollten. Darüber hinaus erachten wir auch die Erforschung der Wirkung von Trainingsprogrammen zur Verbesserung der Antizipation von Rückraumwürfen als weiterhin relevant. Die verzögert initiierte und zurzeit laufende Trainingsintervention wird auch nach Abschluss des Projekts durch das Projektteam an der Universität Oldenburg weitergeführt und soll perspektivisch wertvolle Informationen zu einem niedrigschwelligen Antizipationstraining für den Nachwuchs- und Erwachsenenbereich liefern.

4 Literatur

- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Braun, V., Clarke, V., & Weate, P. (2016). Using thematic analysis in sport and exercise research. In B. Smith & A. C. Sparkes (Eds.), *Routledge handbook of qualitative research in sport and exercise* (pp. 191-205). Routledge.
- Gutierrez-Davila, M., Rojas, F. J., Ortega, M., Campos, J., & Parraga, J. (2011). Anticipatory strategies of team-handball goalkeepers. *Journal of Sports Sciences*, 29(12), 1321-1328. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.591421>
- Hatzl, T. (2000). Kinematische Analyse von Sprungwürfen als Grundlage für das Wahrnehmungs- und Antizipationstraining des Handballtorwarts. *Spectrum der Sportwissenschaften*, 12, 66-82.
- Huesmann, K., Loffing, F., Büsch, D., Schorer, J., & Hagemann, N. (2022). Varying Degrees of Perception-Action Coupling and Anticipation in Handball Goalkeeping. *Journal of Motor Behavior*, 54(4), 391-400. <https://doi.org/10.1080/00222895.2021.1984868>
- Huesmann, K., Schorer, J., Büsch, D., & Loffing, F. (in Vorbereitung). Expertise and Training of Anticipation in Goalkeeping: A Scoping Review.
- Huesmann, K., Schorer, J., Büsch, D., Witt, J., & Loffing, F. (2023). Expert goalkeepers' and coaches' views on anticipation and cue utilisation facing backcourt throws in handball goalkeeping. *Frontiers in Sports and Active Living*, 5. <https://doi.org/10.3389/fspor.2023.1215696>
- Loffing, F., & Hagemann, N. (2014). Skill differences in visual anticipation of type of throw in team-handball penalties. *Psychology of Sport and Exercise*, 15(3), 260-267. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2014.01.006>
- Mann, D. L., Schaefer, T., & Cañal-Bruland, R. (2014). Action preferences and the anticipation of action outcomes. *Acta Psychologica*, 152, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2014.07.004>

Rojas, F. J., Gutiérrez-Davila, M., Ortega, M., Campos, J., & Párraga, J. (2012). Biomechanical analysis of anticipation of elite and inexperienced goalkeepers to distance shots in handball. *Journal of Human Kinetics*, 34(1), 41-48. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0062-0>

Schorer, J. (2007). *Höchstleistung im Handballtor: Eine Studie zur Identifikation, den Mechanismen und der Entwicklung senso-motorischer Expertise*. Fakultät für Verhaltens- und empirische Kulturwissenschaften.

Schorer, J., Panten, J., Neugebauer, J., & Loffing, F. (2018). Perceptual Expertise in Handball. In L. Laver, P. Landreau, R. Seil, & N. Popovic (Eds.), *Handball Sports Medicine* (pp. 597-614). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-55892-8_41

Auswirkungen der Variation von Form und Masse von Wurfgeräten auf Energieeintrag und -transfer der oberen Extremitäten im Speerwurf

AZ: 070805/21-22

Hans-Peter Köhler & Maren Witt

Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, Abteilung Sportbiomechanik

1 Problemstellung

Zur Generierung hoher Wurfweiten ist eine möglichst hohe Abwurfgeschwindigkeit nötig (Bartonietz, 2000; Killing et al., 2011). Der Trainingsprozess ist somit darauf ausgelegt, die Abwurfgeschwindigkeit systematisch zu steigern, die beteiligten Funktionssysteme auf die perspektivischen Leistungsanforderungen vorzubereiten und eine technische Vervollkommnung vorzunehmen. Um diese Ziele zu erreichen, haben sich in der Trainingspraxis neben einer Vielzahl anderer Trainingsinhalte (semi-)spezifische Würfe mit Geräten unterschiedlicher Massen und Formen etabliert. Problematisch dabei ist jedoch, dass bisher keine Untersuchungen vorliegen, die sich mit den Auswirkungen unterschiedlicher Trainingsgeräte auf die Bewegungs- und Belastungsstruktur auseinandersetzen. Die bisher angenommenen Wirkungsweisen beruhen daher vor allem auf dem Erfahrungswissen von Trainern und Experteneinschätzungen (Lehmann, 2016).

Während zur Auswirkung der Form auf die Bewegungs- und Belastungsstruktur bisher keine Annahmen formuliert wurden, können die Wirkungsweisen schwerer und leichter Wurfgeräte folgendermaßen zusammengefasst werden. Der Einsatz schwerer Wurfgeräte soll den Spannungsaufbau in Form der Wurfarmverzögerung unterstützen (Bartonietz, 2008; Lehmann, 2016). Durch den verzögerten Einsatz der Hauptbeschleunigung werden größere Kräfte für die Beschleunigung des Gerätes benötigt, schwere Geräte sollen somit einen Beitrag zur speziellen Kraftentwicklung sowie durch die Verkürzung der Beschleunigungsphase auch zum speziellen

Schnellkrafttraining leisten (Bartonietz, 2008; Hinz, 1991; Lehmann, 2016). Dem Einsatz leichter Wurfgeräte wird demgegenüber eine Verbesserung der spezifischen, azyklischen Schnelligkeitsfähigkeiten sowie der zugehörigen Steuer- und Regelmechanismen zugeschrieben (Bauersfeld & Voß, 1992). Durch die Verringerung der Masse werden höhere Teilkörper- und Abwurfgeschwindigkeiten erreicht, die den zu erwartenden Geschwindigkeiten im Wettkampf entsprechen bzw. ein entsprechendes Überpotenzial entwickeln und somit einer prognostischen Schnelligkeitsleistung entsprechen (Stark, 1989; Witt, 2008).

Vor diesem Hintergrund wurde für das Projekt das Ziel abgeleitet, die Auswirkungen von Geräten unterschiedlicher Formen und Massen auf die Bewegungs- und Belastungsstruktur des Wurfarmes zu quantifizieren und daraus entsprechende Empfehlungen für die Trainingspraxis abzuleiten.

2 Untersuchungsmethoden

An den Untersuchungen nahmen elf männliche Speerwerfer des Nachwuchskaders 1 bis zum Olympiakader teil. Die Probanden hatten dabei eine durchschnittliche Körpergröße von $1,87 \pm 0,05$ m und eine Körpermasse von $92,64 \pm 11,90$ kg. Alle Teilnehmer wurden vor der Untersuchung über deren Ziele sowie Nutzen und Risiken aufgeklärt. Alle Sportler erklärten schriftlich ihr Einverständnis. Die Untersuchungen wurden vom der Ethikbeirat der Universität Leipzig (2021.05.16_eb_98) für ethisch unbedenklich erklärt.

Vor Beginn der Untersuchungen wurden die Sportler mit insgesamt 20 passiv reflektierenden Markern am Wurfarm und Oberkörper präpariert. Zusätzlich wurden zwei Markercluster jeweils am Ober- und Unterarm befestigt. Während der Speer mit zusätzlichen fünf Markern ausgestattet wurde, blieben die Bälle markerfrei und wurden im Nachhinein als Kugel in der Modellierungsumgebung abgebildet (Roach & Lieberman, 2014). Die Markertrajektorien wurden mit 250 Hz durch zwölf Kameras (Qualisys AB, Götheburg, Schweden) erfasst. Zur Erfassung der Abwurfgeschwindigkeit wurden zusätzlich zwei Kameras orthogonal zueinander aufgestellt, sodass der Abwurfpunkt aus seitlicher und rückwärtiger Perspektive erfasst werden konnte. Diese Kameras zeichneten mit einer Frequenz von 100 Hz auf.

Für die Ballwürfe wurde der Anlauf standardisiert auf einen 3-Schritt-Rhythmus festgelegt, während das Wettkampfgerät aus dem bevorzugten Anlauf geworfen werden sollte.

Ein Körpermodell, bestehend aus Wurfgerät, Hand, Unterarm, Oberarm, Thorax und Abdomen wurde auf die aufgezeichneten Bewegungsdaten angewendet und somit nachfolgend die

Kinematik und Kinetik der Gelenke modelliert. Zur Quantifizierung der Bewegungsstruktur wurden die Phasendauern (Aufsatz Druckbein – Abwurf, Aufsatz Stemmbein – Abwurf), relative Einsatzzeitpunkte der Schulterinnenrotation und Ellenbogenflexion, der maximale Außenrotations- und Ellenbogenflexionswinkel sowie die maximalen Schulterinnenrotations- und Ellenbogenextensionswinkelgeschwindigkeiten berechnet.

Die Quantifizierung der Belastung erfolgte über die Berechnung des horizontalen Flexions- und Innenrotationsmoments der Schulter sowie des Varusmoments des Ellenbogens. Weiterhin wurden nach dem Vorgehen von Wasserberger (2021) die Raten des Eintrages, der Absorption und des Transfers mechanischer Energie berechnet.

Auf die jeweiligen Maxima wurden in der Folge nicht parametrische Verfahren zum Vergleich der unterschiedlichen Geräte eingesetzt. Als Omnibustest diente hierbei der Friedmanntest. Bonferroni-Holm-korrigierte Post-hoc-Vergleiche erfolgten mittels Conover's Test. Das Signifikanzniveau wurde a priori auf $\alpha = 5\%$ gesetzt.

Tabelle 1: Vergleich der kinematischen (Eingangsgeschwindigkeit (v_e), Abwurfgeschwindigkeit (v_a), Zeitdauer vom Zeitpunkt des Druckbeinaufsatzes bis zum Abwurf (t_{sDB}) und des Stemmbeinaufsatzes bis zum Abwurf (t_{sSB}), relativer Einsatzzeitpunkt der Schulterinnenrotation (t_{ir}) und der Ellenbogenextension (t_{ext}), maximaler Ellenbogenflexionswinkel (Φ^{Flex}), maximaler Außenrotationswinkel (Φ^{AR}), maximale Schulterinnenrotationsgeschwindigkeit (Ω^{IR}), Ellenbogenextensionsgeschwindigkeit (Ω^{EXT}) und kinetischen (maximales Schulterinnenrotationsmoment (M^{IR}), maximales hor. Schulterflexionsmoment (M^{hFlex}), maximales Ellenbogenvarusmoment (M^{Var}), maximale Transferleistung (P^T), maximaler Energieeintrag (P^E)) zwischen den verschiedenen Ballmassen und dem Speer.

| | 600 | | 800 | | 1000 | | Speer | |
|----------------------|---------|-----------------------|---------|-------------------|---------|--------------------|---------|-----------------------|
| V_e [ms-1] | 3.2 ± | 0.5 ⁴ | 3.2 ± | 0.4 ⁴ | 3.1 ± | 0.4 ⁴ | 4.6 ± | 0.5 ^{1,2,3} |
| V_a [ms-1] | 25.3 ± | 1.8 ^{2,3,4} | 24.0 ± | 1.8 ³ | 22.7 ± | 2.0 ^{1,2} | 23.3 ± | 1.2 ¹ |
| t_{sDB} [s] | 0.41 ± | 0.04 ³ | 0.42 ± | 0.04 ⁴ | 0.43 ± | 0.05 ⁴ | 0.38 ± | 0.02 ^{2,3} |
| t_{sSB} [s] | 0.15 ± | 0.02 ³ | 0.15 ± | 0.02 ⁴ | 0.16 ± | 0.02 ⁴ | 0.13 ± | 0.02 ^{2,3} |
| t_{ir} [%] | 94.8 ± | 1.2 ⁴ | 94.5 ± | 1.3 ⁴ | 94.4 ± | 1.2 ⁴ | 93.3 ± | 1.6 ^{1,2,3} |
| t_{ext} [%] | 88.1 ± | 2.1 | 88.1 ± | 2.1 | 88.3 ± | 1.8 | 87.5 ± | 1.8 |
| Φ^{AR} [°] | 131.2 ± | 15.6 | 132.3 ± | 14.8 ⁴ | 133.1 ± | 14.9 ⁴ | 125.9 ± | 13.8 ^{2,3} |
| Φ^{Flex} [°] | 99.2 ± | 5.1 ⁴ | 98.7 ± | 4.7 ⁴ | 99.1 ± | 5.4 ⁴ | 105.6 ± | 8.2 ^{1,2,3} |
| Ω^{IR} [°/s] | 3299 ± | 427 | 3277 ± | 369 | 3138 ± | 336 | 3131 ± | 232 |
| Ω^{EXT} [°/s] | 1602 ± | 252 ³ | 1565 ± | 242 | 1448 ± | 244 ^{1,4} | 1642 ± | 158 ⁴ |
| M^{IR} [Nm] | 112.4 ± | 18.1 ^{2,3} | 119.0 ± | 18.4 ¹ | 121.6 ± | 19.9 ¹ | 117.9 ± | 19.5 |
| M^{hFlex} [Nm] | 94.7 ± | 14.5 ⁴ | 88.1 ± | 16.6 ⁴ | 89.9 ± | 22.6 ⁴ | 127.7 ± | 24.0 ^{1,2,3} |
| M^{Var} [Nm] | 108.0 ± | 17.9 ^{2,3,4} | 114.7 ± | 18.3 ¹ | 117.6 ± | 19.7 ¹ | 117.0 ± | 18.1 ¹ |
| P^T [W] | 4644 ± | 933 ⁴ | 4677 ± | 1076 | 4356 ± | 1170 ⁴ | 5419 ± | 1019 ^{1,3} |
| P^E [W] | 508 ± | 340 ⁴ | 511 ± | 225 ⁴ | 536 ± | 205 ⁴ | 994 ± | 501 ^{1,2,3} |

¹ sign. unterschiedl. zu 600g; ² sign. unterschiedl. zu 800g; ³ sign. unterschiedl. zu 1000g; ⁴ sign. unterschiedl. zum Speer

3 Ergebnisse

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter, sowie der Post-hoc-Vergleich sind in Tabelle 1 aufgeführt.

4 Diskussion

Der Vergleich der unterschiedlichen Wurfgeräte untereinander zeigt, dass es sowohl zu einer Änderung der Bewegungs- als auch der Belastungsstruktur kommt. Vergleicht man das Wettkampfgerät mit den unterschiedlichen Bällen, dann fällt auf, dass sich sowohl für den Ellenbogenflexions- als auch den Außenrotationswinkel Veränderungen ergeben. Es muss davon ausgegangen werden, dass hier vor allem die Form eine entscheidende Rolle spielt, da es vor allem für den Speer von entscheidender Bedeutung ist, diesen entlang seiner Längsachse zu

beschleunigen. Zusätzlich ist dabei zu beachten, dass eine Änderung der Körperwinkel zu einer Änderung der Massenträgheit und somit auch zu einer Umverteilung von Antriebsmomenten führen kann (Köhler, 2020; Morriss & Bartlett, 1996; Roach et al., 2013). Vergleicht man das horizontale Flexionsmoment und das Innenrotationsmoment, so scheint sich diese Annahme zu bestätigen. Während in der Innenrotation am Speer verglichen mit den Bällen geringere Werte erzielt werden, kommt es zu einer deutlichen Steigerung des horizontalen Flexionsmoments bei den Ballwürfen. Dies lässt auf veränderte Antriebsbedingungen aufgrund von Form und/oder Körperhaltung schließen.

Beim Vergleich der unterschiedlichen Ballgewichte zeigt sich auf kinematischer Ebene, dass es mit einer Zunahme der Ballmasse zu einer tendenziellen Verlängerung der Hauptphase der Bewegung kommt. Zwar bleiben die

relativen Einsatzzeitpunkte der Teilkörperbewegungen der Schulterinnenrotation und der Ellenbogenflexion gleich, in Kombination der Phasenverlängerung und der relativen Einsatzzeitpunkte ergibt sich jedoch auch eine Verlängerung der absoluten Zeit zwischen den Einsatzpunkten beider Bewegungen und dem Abwurfzeitpunkt. Damit kann die bisherige Annahme, schwerere Geräte würden einen Beitrag zur Wurfarmverzögerung leisten, nicht bestätigt werden. Gleichzeitig kommt es mit einer steigenden Gerätemasse zu einer Vergrößerung der Antriebsmomente, die Annahme zum Beitrag zum speziellen Krafttraining kann somit bestätigt werden.

Bezüglich der Ausbildung azyklischer Schnelligkeitsvoraussetzungen bestätigen die gefundenen Ergebnisse bisherige Annahmen. Sowohl die Winkelgeschwindigkeiten der Schulterinnenrotation als auch der Ellenbogenextension nehmen mit einer Verringerung der Gerätemasse zu. Obwohl die Anlaufgeschwindigkeit deutlich geringer ist als bei einem verlängerten Anlauf, kommt es somit zur Ausbildung von Steuer- und Regelmechanismen, die einer prognostischen Schnelligkeitsleistung entsprechen. Es bietet sich weiterhin der Vorteil, dass das Stemmbein, welches als limitierender Faktor bei einer hohen Anzahl von Würfen betrachtet wird (Bartonietz, 2000), durch die geringeren Geschwindigkeiten entlastet wird.

Die vorliegenden Ergebnisse konnten bisher getroffene Annahmen zur Wirkungsweise unterschiedlicher Ballgewichte auf die Kinematik und Kinetik der Wurfbewegung zum Teil bestätigen, einige Wirkungsweisen konnten nicht bestätigt werden. Vor dem Hintergrund der sich verändernden Antriebsmechanismen, verglichen zwischen Speer und Bällen, sowie der teilweise unterschiedlichen Kinematik ist darauf hinzuweisen, dass ein übermäßiger Einsatz von Bällen vermieden werden sollte, um einen negativen Transfer, vor allem auf die sportliche Technik, zu vermeiden.

5 Literatur

- Bartonietz, K. (2000). Javelin throwing: an approach to performance development. In V. M. Zatsiorsky (Ed.), *Biomechanics in Sport. Performance Enhancement and Injury Prevention* (pp. 401–434). Blackwell Science.
- Bartonietz, K. (2008). Nach der Wurfseason ist vor der Wurfseason! Teil 2. *Leichtathletiktraining*, 19(2+3), 32–40.
- Bauersfeld, M., & Voß, G. (1992). *Neue Wege im Schnelligkeitstraining*. Philippka-Sportverlag.
- Hinz, L. (1991). Die Technik in den Wurf- und Stoßdisziplinen als Leistungs- und Trainingsfaktor. In H. Gundlach (Ed.), *Leichtathletik. Wurf und Stoß* (pp. 30–40). Sportverlag.
- Killing, W., Ritschel, M., Salzer, P., Schult, J., Deyhle, M., Isele, R., Lehmann, F., Badura, M., Heinicke, W., & Müller, F. (2011). *Jugendleichtathletik. Offizieller Rahmentrainingsplan des Deutschen Leichtathletik-Verbandes für die Wurfdisziplinen im Aufbaustraining*. Philippka-Sportverlag.
- Köhler, H.-P. (2020). Untersuchung zur Quantifizierung des Energieeintrags und -transfers innerhalb der oberen Extremitäten und deren Bedeutung für die Wettkampfleistung im Speerwurf der Männer. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:15-qucosa2-708368>
- Lehmann, F. (2016). Leichte oder schwere Wurfgeräte einsetzen? *Leichtathletiktraining*, 27(2+3), 40–46.
- Morriss, C., & Bartlett, R. (1996). Biomechanical Factors Critical for Performance in the Men's Javelin Throw. *Sports Medicine*, 21(6), 438–446.

- Roach, N. T., & Lieberman, D. E. (2014). Upper body contributions to power generation during rapid, overhand throwing in humans. *The Journal of Experimental Biology*, 217, 2139–2149. <https://doi.org/10.1242/jeb.103275>
- Roach, N. T., Venkadesan, M., Rainbow, M. J., & Lieberman, D. E. (2013). Elastic energy storage in the shoulder and the evolution of high-speed throwing in Homo. *Nature*, 498(7455), 483–486. <https://doi.org/10.1038/nature12267>
- Stark, G. (1989). Die Entwicklung von „Überpotential“ – ein neuer trainingspraktischer Aspekt zur Übertragung von Übungseffekten in Lernprozessen. *Theorie und Praxis Leistungssport*, 27(8/9).
- Wasserberger, K. W., Giordano, K. A., de Swart, A., Barfield, J. W., & Oliver, G. D. (2021). Energy generation, absorption, and transfer at the shoulder and elbow in youth baseball pitchers. *Sports Biomechanics*, 00(00), 1–16. <https://doi.org/10.1080/14763141.2021.1933158>
- Witt, M. (2008). Training der Schnelligkeit. In G. Schnabel, D. Harre, & J. Krug (Eds.), *Trainingslehre – Trainingswissenschaft. Leistung, Training, Wettkampf* (pp. 337–346). Meyer & Meyer.

Effekte eines niedrig-intensiven Blood Flow Restriction Trainings auf die Ermüdung und Kraftfähigkeit bei Judoka des deutschen Nationalkaders

AZ: 072038/22

Dr. Christoph Centner¹ (Projektleitung), Simon Jerger¹, PD Dr. Benedikt Lauber^{1,3},
Dr. Boris Feodoroff², Dr. Christophe Lambert⁴ & Prof. Dr. Albert Gollhofer¹

¹Institut für Sport und Sportwissenschaft, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Deutschland

²Institut für Bewegungstherapie und bewegungsorientierte Prävention und Rehabilitation, Deutsche Sporthochschule Köln, Deutschland

³Departement für Neurowissenschaften und Bewegungswissenschaften, Universität Freiburg, Schweiz

⁴Institut für Forschung in der Operativen Medizin (IFOM), Witten, Deutschland

1 Problem

Im Rahmen der Vorbereitung und Entwicklung von Wettkampfleistungen sind Trainingsphasen mit hoher Intensität, Dichte und Frequenz unverzichtbar. Proportional zu Belastung und Beanspruchung führen diese Phasen allerdings zu körperlichen und mentalen Ermüdungszuständen, die einer ausreichenden Regenerationszeit (oft von mehreren Tagen bis Wochen) bedürfen [1, 2], um Leistungseinbußen durch Übertraining sowie psychophysischen Ermüdungssymptomen vorzubeugen [3-5]. Bisherige Studien konnten dabei nachweisen, dass höhere zentrale Ermüdungsprozesse nach hoch-intensivem Krafttraining im Vergleich zu niedrig-intensivem Krafttraining eintreten [6]. Gerade aufgrund des hohen Trainingsumfangs und der umfangreichen Wettkampfbelastung im Judo-Hochleistungssport sind alternative Krafttrainingsmethoden notwendig, die es den Athletinnen und Athleten ermöglichen, Technik- und Taktikeinheiten zusätzlich zum Athletiktraining in den Trainingsplan zu integrieren.

Eine neue Möglichkeit, große Kraftzuwächse trotz niedriger Trainingsintensität zu erzielen, stellt ein Krafttraining mit gleichzeitiger Einschränkung des venösen Rückstroms (engl. Blood Flow Restriction, BFR) dar [7]. Untersuchungen zu einer Kombination aus niedrig-intensivem Krafttraining und BFR konnten ein-

drücklich belegen, dass die Muskelschädigungen geringer ausfallen als bei herkömmlichem, hoch-intensivem Krafttraining [8]. Gleichzeitig sind bei den beiden Trainingsmethoden vergleichbare Kraftsteigerungsraten erkennbar [7, 9]. Aus diesem Grund könnte das BFR-Training eine neue und effektive Strategie darstellen, um die muskulären Anpassungen im Judo bei niedrigerer Belastung und Beanspruchung zu erhöhen und somit die Regeneration der Athletinnen und Athleten zu verbessern. Das primäre Ziel der Untersuchung ist es, die Auswirkungen von BFR-Training auf die Maximalkraft, muskuläre Ermüdung, neuromuskuläre Parameter sowie die Muskelstruktur bei Judoka des deutschen Nationalkaders zu untersuchen.

2 Methode

2.1 Probanden

In die Studie wurden N = 12 Athletinnen und Athleten aus dem deutschen Judo-Nationalkader eingeschlossen. Vor dem Einschluss in die Studie wurde eine medizinische Anamnese zum Screening von Risikofaktoren und möglichen Kontraindikationen durchgeführt sowie das subjektive Gesundheitsempfinden erhoben. Während der gesamten Studie wurden zudem medizinische Auffälligkeiten dokumentiert.

2.2 Studiendesign

Die vorliegende Studie wurde im randomisiert-kontrollierten Studiendesign mit Messwiederholung und aufgeteilt in zwei Teilstudien (akute und chronische Effekte) durchgeführt.

2.2.1 Langzeit-Studie mit chronischen Effekten

Die Athletinnen und Athleten wurden randomisiert in zwei Gruppen eingeteilt und absolvierten ein vierwöchiges Trainingsprogramm: niedrig-intensives Krafttraining mit BFR (BFR: 20-30 % des Einer-Wiederholungs-Maximums [1RM]) oder hochintensives Krafttraining ohne BFR (HL: 70-80 % 1RM). Eine Interventionsdauer von vier Wochen wurde gewählt, um die anabolen Effekte des Krafttrainings, und damit eine Gewichtszunahme, zu minimieren. Dies ist aufgrund der Gewichtsklasseneinteilung im Judo von besonderer Relevanz und von den Trainerrinnen und Trainern des Deutschen-Judo-Bundes (DJB) gewünscht. Das Training wurde anschließend dreimal pro Woche zusätzlich zum regulären Techniktraining durchgeführt.

Eine Trainingseinheit bestand aus fünf Übungen: Bankdrücken, Latzug, Crunches sowie Beinpresse und Kniestrecker. Alle Athletinnen und Athleten führten die Übungen Bankdrücken, Latzug und Crunches bei hoher Intensität (70-80 % 1RM) durch. Die Beinübungen (Beinpresse und Kniestrecker) wurden jeweils gruppenspezifisch (BFR (20-30 % 1RM) oder HL (70-80 % 1RM)) trainiert. Die gewählte Methode stellt einen gängigen Ansatz in der trainingswissenschaftlichen Literatur des BFR-Trainings dar [10]. Das Training der HL-Gruppe orientierte sich an aktuellen Empfehlungen zur Steigerung der Muskelkraft mit drei Sätzen und 10-12 Wiederholungen pro Satz [11]. Gemäß aktueller Literatur zum BFR-Training wurden in der BFR-Gruppe pro Übung vier Sätze durchgeführt (erster Satz: 30 Wiederholungen; Sätze 2-4: 15 Wiederholungen) [9] mit einer Pausenzeit zwischen den Sätzen von einer Minute. Zusätzlich wurde in der BFR-Gruppe eine Druckmanschette (10 cm (VBM, Tourniquet TT20)) am proximalen Ende des jeweiligen Muskels angebracht, um

den venösen Rückstrom während des Trainings zu reduzieren. Die Methodik ist den Studien von Vechin et al. [12] entlehnt. Der Manschetten- druck wurde während der gesamten Trainings- und Pausenzeit konstant für ca. 4-6 Minuten mit ca. 60 % [13] der individuellen Arterienokklusion (AO, mittels Dopplersonographie am A. tibialis posterior vor jeder Trainingseinheit bestimmt) mithilfe eines Blutsperre-Systems (VBM, Tourniquet TT20) appliziert.

Vor und nach der Intervention wurden die dynamische Maximalkraft der Kniestrecker- muskulatur, die Muskeldicke des Rectus-Femoris- (RF) Muskels mittels eines Ultraschallsystems sowie die elektromyographisch erfasste Aktivierung der Muskulatur des RF (High-Density Surface Elektromyographie, HDsEMG) untersucht.

2.2.2 Studie mit akuten Effekten

In diesem Teil der Studie wurden die akuten Effekte des BFR-Trainings auf die Ermüdung und Muskelschädigung unmittelbar nach einer Trainingseinheit im Vergleich zu vor der Trainingseinheit untersucht. Die BFR-Gruppe trainierte mit 30% des 1RM und die HL-Gruppe mit 80 % 1RM. Das genaue Satz- und Wiederholungsprotokoll sowie der Manschettendruck orientieren sich an dem der Längsschnittstudie. Hierfür wurden sowohl indirekte Parameter (anhaltender Kraftverlust, Ausprägung der wahrgenommenen Muskelschmerzen) als auch direkte Parameter (Rekrutierungsmuster motorischer Einheiten, Biomarker der Muskelschädigung) gemessen und ausgewertet. Hierbei wurde der Kraftverlust mittels isometrischer Kraftmessungen in 60° Knieflexion untersucht und das Schmerzempfinden mittels virtueller Analogskala (VAS) (0-10) [14] ermittelt. Zur Quantifizierung der Biomarker der Muskelschädigung wurde das Kreatinkinaselevel im Kapillarblut bestimmt. Die Veränderung der Rekrutierungsmuster motorischer Einheiten wurden am Rectus-Femoris-Muskel mittels HDsEMG analysiert.

Die oben genannten Untersuchungen wurden unmittelbar vor und nach der Trainingseinheit sowie 1h danach und 1, 2 und 3 Tage nach der Einheit durchgeführt (s. Abb. 1). Diese zeitliche

Abfolge orientierte sich an bisherigen Studien zur muskulären Ermüdung [15]. Zusätzlich wurden elektromyographische Untersuchungen zur Bestimmung der neuromuskulären Aktivierung absolviert.

Text sowie in Tabellen werden Mittelwerte und Standardabweichungen präsentiert. Die Abbildungen zeigen Mittelwerte sowie Standardfehler. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ gesetzt.

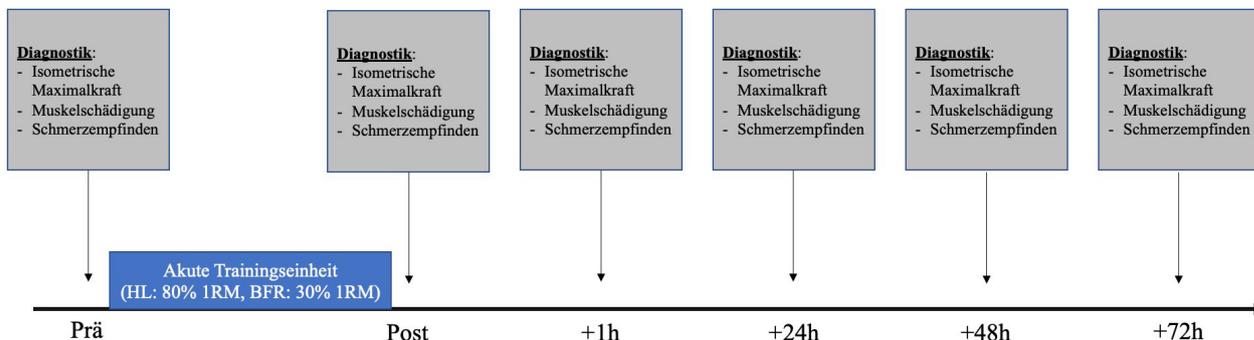


Abb. 1: Untersuchungsablauf des Akutexperiments. Die isometrische Maximalkraft, Messungen zur Muskelschädigung sowie das Schmerzempfinden wurden jeweils vor, direkt danach, eine Stunde, 24 Stunden, 48 Stunden und 72 Stunden nach der Trainingseinheit erfasst.

Statistik

Die statistische Analyse wurde mit R durchgeführt. Die Normalverteilung sowie Homoskedastizität wurden visuell mittels Residuen- und Q-Q-Plots sowie Shapiro-Wilk-Test überprüft. Anschließend wurden linear-gemischte Modelle (lme4-Paket) berechnet. Bei gegebener Interaktion (Zeit x Gruppe) wurden multiple paarweise Post-hoc-Tests mit Tukey-Korrektur (emmeans-Paket) gerechnet. Zur Analyse der Effektstärken wurde das partielle Eta² für Interaktionen und Cohen's d für Zwischengruppenvergleiche zu einzelnen Zeitpunkten verwendet (effect-size-Paket). Hierbei wurde die Größe des Effekts von $h = 0,01$ als kleiner Effekt, $h = 0,06$ als mittlerer Effekt und $h = 0,14$ als großer Effekt interpretiert. Die Effektstärke für Cohens'd wurde mit $d = 0,2$ als kleiner Effekt, $d = 0,5$ als mittlerer und $d = 0,8$ als großer Effekt gewertet. Ausreißer wurden mittels Grubbs-Tests (outlier-Paket) untersucht und trunziert. Fehlende Werte wurden mithilfe multipler Imputation (mice-Paket) inkludiert. Im

3 Ergebnisse

Insgesamt konnten in die Akut-Studie sowie in die Langzeit-Studie $N = 12$ Athletinnen und Athleten eingeschlossen werden. Alle eingeschlossenen Athletinnen und Athleten waren gesund (sowohl nach medizinischer Anamnese als auch nach Dokumentation des subjektiven Gesundheitsempfindens). Innerhalb der Langzeit-Studie kam es aufgrund einer Verletzung außerhalb der Studie und ohne Bezug zum Trainings- oder Testprogramm zu einem Ausfall. Während des Studienverlaufs traten keine medizinischen Auffälligkeiten auf.

Langzeitstudie

Einer-Wiederholungs-Maximum (1RM)
 Nach Durchführung einer vierwöchigen Trainingsintervention ist ein signifikanter Haupteffekt Zeit für die dynamische Maximalkraft zu beobachten (HL: 22,9%, BFR: 20,6%) ($p = 0,015$, $hp = 0,46$). Nach statistischer

| | Akut-Studie | | Langzeit-Studie | |
|---------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|
| | HL | BFR | HL | BFR |
| Alter (Jahre) | 21,1 ± 3,0 | 21,0 ± 2,2 | 20,2 ± 2,2 | 19,3 ± 1,6 |
| Geschlecht | m = 4, w = 3 | m = 3, w = 2 | m = 2, w = 4 | m = 2, w = 4 |
| Masse (kg) | 71,6 ± 14,5 | 77,6 ± 14,8 | 62,7 ± 8,8 | 67,6 ± 10,9 |
| Höhe (cm) | 171,6 ± 11,6 | 175,2 ± 8,1 | 166,5 ± 10,2 | 169,3 ± 9,2 |

Tabelle 1: Probandencharakteristika

Analyse besteht kein Unterschied zwischen den Gruppen über die Zeit hinsichtlich der Kraftzunahme ($p = 0,377$, $hp = 0,08$).

Muskeldicke

Nach Durchführung einer vierwöchigen Trainingsintervention ist ein signifikanter Haupteffekt Zeit für den Parameter Muskeldicke aufgetreten (HL: +14%, BFR: +6%; $p = 0,004$, $hp = 0,58$). Nach statistischer Analyse besteht kein Unterschied zwischen den Gruppen über die Zeit hinsichtlich der Veränderung der Muskeldicke ($p = 0,189$, $hp = 0,17$).

Akutstudie

Maximalkraft

Die statistische Analyse der Maximalkraft konnte weder einen signifikanten Haupteffekt Zeit ($p = 0,144$, $hp = 0,15$) noch einen Gruppe-x-Zeit-Interaktionseffekt ($p = 0,355$, $hp = 0,10$) zeigen. Hinsichtlich der Effektgrößen waren moderate Effekte zugunsten der BFR-Gruppe zum Zeitpunkt 48h nach der Trainingseinheit (schnellere Regeneration der Maximalkraft) zu beobachten ($d = 0,5$) (Abb. 2).

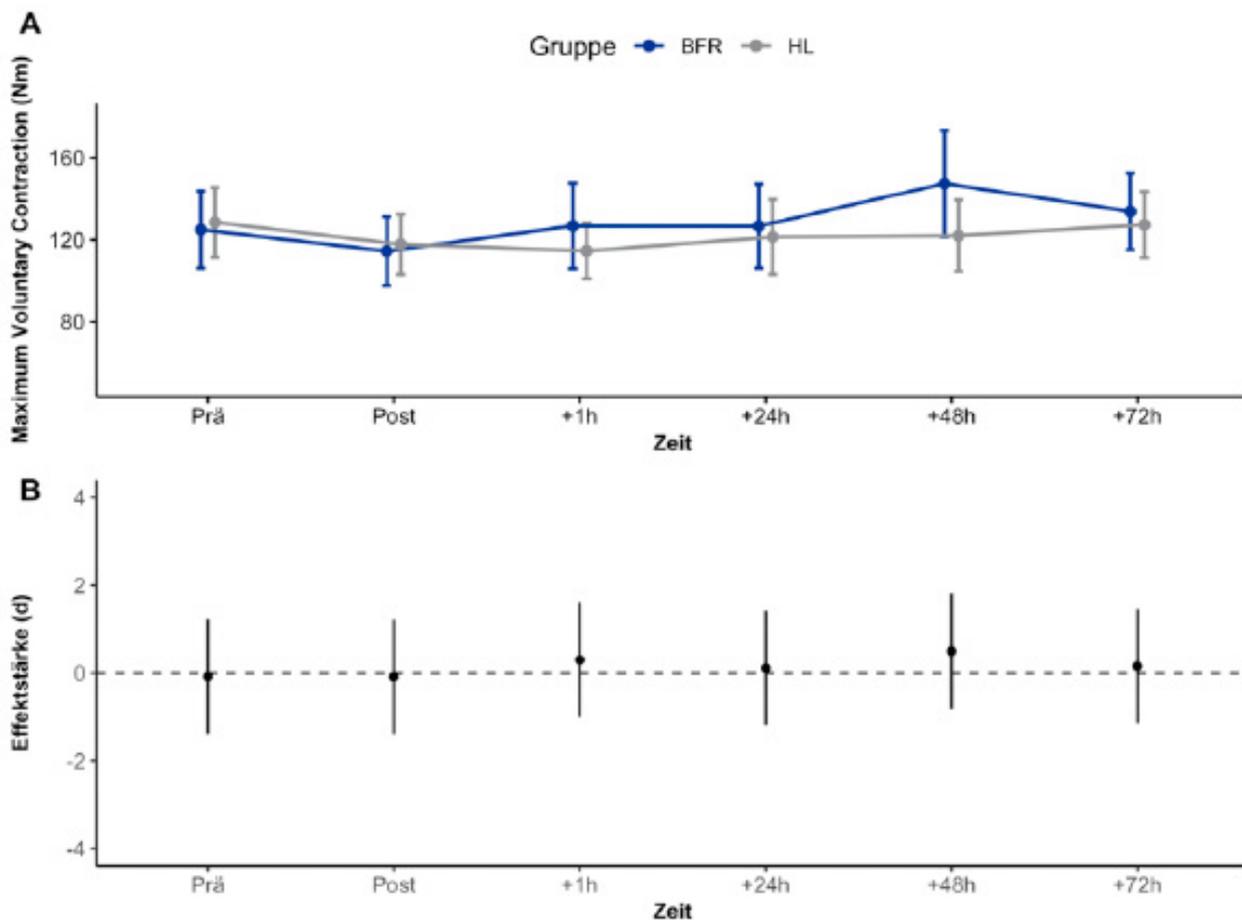


Abb. 2: Veränderung der isometrischen Maximalkraft (engl: Maximum Voluntary Contraction, MVC) in der BFR- (blau) und HL- (grau) Gruppe. In (A) sind Mittelwerte und Standardfehler der jeweiligen Gruppe abgebildet. In (B) sind die Effektstärken (Cohen's d) mit 95% Konfidenzintervallen zu den jeweiligen Zeitpunkten präsentiert.

Neuronale Ansteuerung

Die Untersuchung mittels High-Density-Elektromyographie sind aufgrund der großen Datenmengen aktuell noch in der Auswertungsphase. Präliminäre Ergebnisse anhand einer kleinen Stichprobe legen nahe, dass nach dem BFR-Training eine Reduktion der Entladungsrates sowie der Derekrutierungs-Schwelle beobachtet werden kann.

Muskelschädigung

Die statistische Analyse zeigte einen signifikanten Haupteffekt Zeit ($p = 0,026$, $hp = 0,22$), jedoch keine signifikante Gruppe-x-Zeit-Interaktion ($p = 0,574$, $hp = 0,07$). Zum Zeitpunkt 48h nach der Trainingseinheit waren mittlere bis große Effekte ($d = 0,76$) zu beobachten, zu Gunsten niedrigerer Kreatinkinase-Werte nach dem BFR Training.

Schmerzempfinden

Die Auswertung zur visuellen Analogskala zeigte deskriptiv eine Zunahme mit einem Maximum (HL: 4,5 Punkte, BFR: 3,7 Punkte) unmittelbar nach der jeweiligen Trainingseinheit, gefolgt von einer kontinuierlichen Abnahme bis zum 72h-Zeitpunkt. Nach statistischer Analyse ist ein Haupteffekt Zeit ($p = 0,001$, $hp = 0,32$), jedoch kein Interaktionseffekt ($p = 0,918$, $hp = 0,03$) nachweisbar (Abb. 3A). Hinsichtlich der Effektgrößen sind insbesondere zu den Zeitpunkten 1h, 24h und 72h moderate Effekte zugunsten der BFR-Gruppe zu beobachten (1h: $d = 0,79$; 24h: $d = 0,51$; 72h: $d = 0,51$) (Abb. 3B).

zwischen den Gruppen über die Zeit nachweisen ($p = 0,157$, $hp = 0,25$). Zusätzlich waren große Effekte (nicht signifikant: $p = 0,078$, $hp = 0,30$) hinsichtlich einer Zunahme der Interspike-Intervalle bis 24h nach der Einheit in beiden Gruppen zu beobachten. Signifikante Interaktionseffekte waren nicht beobachtbar ($p = 0,765$, $hp = 0,10$).

4 Diskussion

In dem vorliegenden Projekt wurden erstmals akute und chronische Effekte eines BFR-Trainings auf Leistung, Ermüdung und

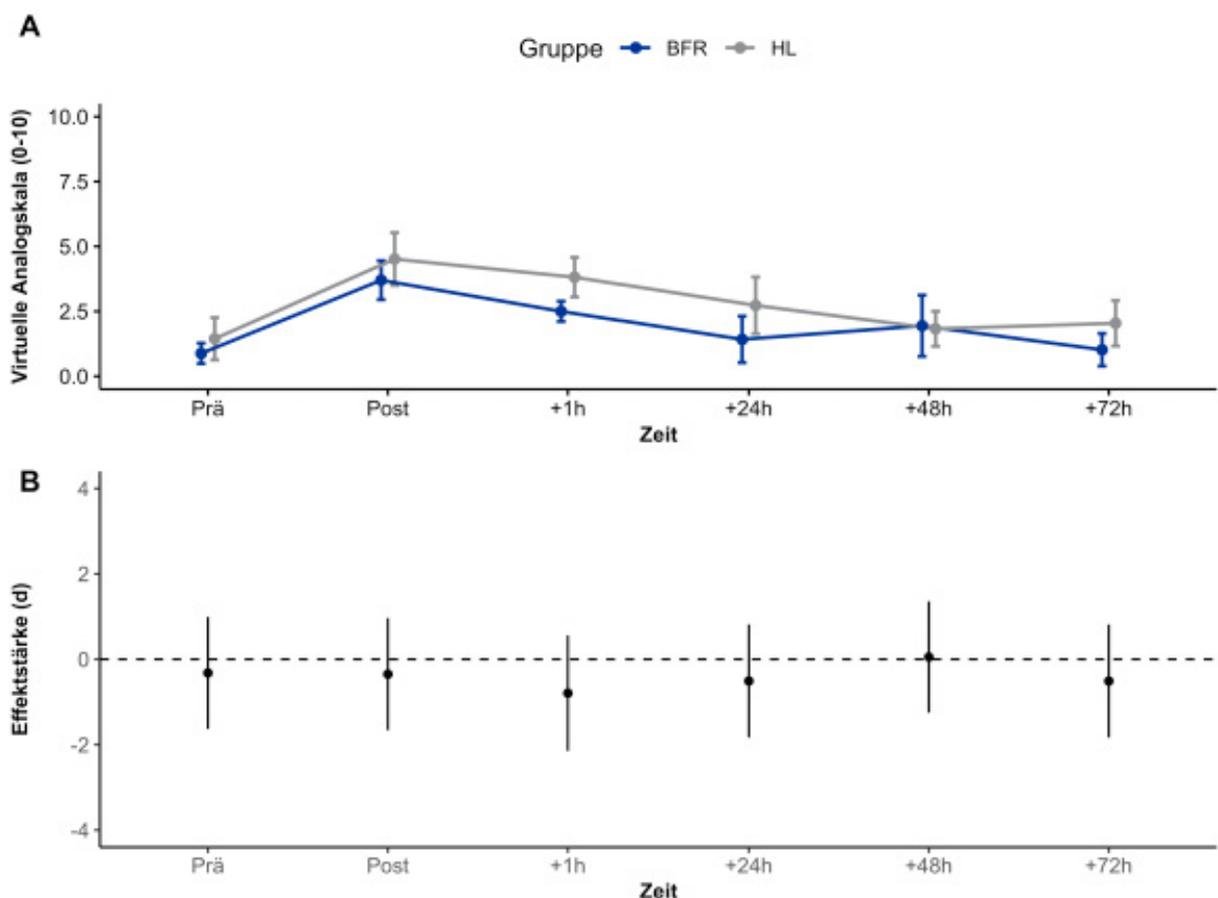


Abb. 3: Veränderung des Schmerzempfindens mittels visueller Analogskala (VAS) in der BFR- (blau) und HL- (grau) Gruppe. In (A) sind Mittelwerte und Standardfehler der jeweiligen Gruppe abgebildet. In (B) sind die Effektgrößen (Cohen's d) mit 95 % Konfidenzintervallen zu den jeweiligen Zeitpunkten präsentiert.

Neuronale Ansteuerung (HDsEMG)

Die Auswertung des High-Density-EMGs zeigte signifikante Reduktionen der Feuerungsrate motorischer Einheiten mit einer anschließenden Erholung nach 24h in beiden Gruppen. Die statistische Analyse konnte einen Zeiteffekt ($p = 0,05$, $hp = 0,32$), jedoch keinen Unterschied

Regenerationsfähigkeit von weiblichen und männlichen Judoka untersucht. Im vierwöchigen Längsschnittdesign wurden zudem die Auswirkungen von BFR auf die Kraftfähigkeit sowie die Muskelstruktur im Vergleich zu einem konventionellen hochintensiven Krafttraining untersucht.

Diese Fragestellung ist insbesondere vor dem Hintergrund relevant, dass im Judo-Hochleistungssport meist ein hoher Trainingsumfang mit phasenweise hohen Trainingsintensitäten geleistet wird. Verminderte Regenerationszeiten können nicht zuletzt zu Leistungseinbußen sowie psychophysischen Ermüdungssymptomen und damit Übertraining führen [3-5]. Vor diesem Hintergrund sind alternative Trainingsmethoden notwendig, die ohne den Einsatz von hohen Trainingsintensitäten gewährleisten, dass die trainingsbedingte Beanspruchung der Athletinnen und Athleten zusätzliche Technik- oder Taktikeinheiten zulässt. Gleichzeitig soll jedoch eine gezielte Verbesserung der Kraftfähigkeit im Fokus stehen.

Aufgrund der niedrigen Belastungsintensität könnte das BFR-Training eine vielversprechende Trainingsmethode darstellen, um innerhalb der hohen Wettkampfdichte die Effektivität des Trainings bei gleichzeitig geringerer mechanischer Belastung zu erhalten. Die Ergebnisse zur muskulären Ermüdung (gemessen mittels Maximalkraftveränderungen, subjektiver Einschätzung des Muskelkaters/Schmerzempfindens sowie quantitativ bestimmter Kreatinkinase-Werte im Blut) zeigen, dass es nach beiden Trainingseinheiten (HL vs. BFR) zu einer schnellen Regeneration der Kraftleistung sowie Kreatinasespiegel im Blut kommt. Interessanterweise berichteten die Athletinnen und Athleten von höheren Muskelschmerzen (im Sinne von Muskelkater) nach einer einmaligen HL im Vergleich zu einer BFR-Einheit (jedoch nicht statistisch signifikant). Die präliminäre Untersuchung der motorischen Einheiten mittels HDsEMG weist auf eine Ermüdung in beiden Einheiten hin, ohne signifikante Unterschiede. Nach einer vierwöchigen Trainingsintervention konnten beide Trainingsmodalitäten vergleichbare Zuwächse in der Muskelkraft und Muskelmasse verzeichnen. Die ermittelten Effektgrößen zeigen höhere, jedoch statistisch nicht signifikante Werte nach der HL-Einheit für das Muskelwachstum an.

Trotz einer kleinen Stichprobengröße sind die vorliegenden Effekte von hoher Relevanz für die Trainingspraxis der Sportart Judo. Zwar scheint das BFR-Training aus objektiver Sicht

keine schnellere Regeneration zu begünstigen, jedoch deuten die moderaten Effektgrößen bei dem muskulären Schmerzempfinden auf eine geringere Beanspruchung nach BFR-Training hin. Im längsschnittlichen Verlauf konnte das BFR-Training – trotz reduzierter (1/3) Trainingsintensität – die Muskelkraft und Muskelmasse in einem vergleichbaren Maße steigern wie in der HL-Gruppe. Vor dem Hintergrund einer deutlich geringeren mechanischen Belastung könnte das BFR-Training eine sinnvolle Ergänzung anbieten, um die Trainingsbeanspruchung zu reduzieren, aber gleichzeitig trainingswirksame Reize zu setzen. Diese Trainingsmethode könnte insbesondere bei Athletinnen und Athleten herangezogen werden, die aufgrund einer Verletzung keine hohen mechanischen Lasten im Training nutzen können. Hierbei ist es wichtig, eine größere Anzahl an Athletinnen und Athleten zu untersuchen.

Probleme bei der Durchführung ergaben sich insbesondere aufgrund der hohen Wettkampfdichte, sodass trotz einer Aufspaltung in zwei Kohorten von den ursprünglich geplanten $N = 10$ Athletinnen und Athleten pro Gruppe lediglich $N = 6$ eingeschlossen werden konnten. Die Ergebnisse sollten vor dem Hintergrund der kleinen Stichprobengröße interpretiert werden. Zur besseren Interpretierbarkeit wurden stets die Effektgrößen mit angegeben.

5 Literatur

1. Barnett, A., (2006). Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help? *Sports Med*, 36(9), 781-96.
2. Halson, S.L. & Jeukendrup, A.E. (2004). Does overtraining exist? An analysis of overreaching and overtraining research. *Sports Med*, 34(14), 967-981.
3. Meeusen, R., Exercise, (2014). nutrition and the brain. *Sports Med*, 44 Suppl 1, S47-S56.
4. Halson, S.L., et al., (2002). Time course of performance changes and fatigue markers during intensified training in trained cyclists. *J. Appl. Physiol*, 93(3), 947-956.
5. Budgett, R., (1998). Fatigue and underperformance in athletes: the overtraining syndrome. *Br. J. Sports Med*, 32(2), 107-110.
6. Zajac, A., et al., (2015). Central and Peripheral Fatigue During Resistance Exercise – A Critical Review. *J Hum Kinet*, 49, 159-69.
7. Gronfeldt, B.M., et al., (2020). Effect of blood-flow restricted vs. heavy-load strength training on muscle strength: Systematic review and meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports*.
8. Loenneke, J.P., et al., (2011). Potential safety issues with blood flow restriction training. *Scand J Med Sci Sports*, 21(4), 510-8.
9. Centner, C., et al., (2019). Low-load blood flow restriction training induces similar morphological and mechanical Achilles tendon adaptations compared to high-load resistance training. *Journal of Applied Physiology*.
10. Karabulut, M., et al., (2010). The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. *Eur J Appl Physiol*, 108(1), 147-55.
11. ACSM, (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41(3), 687-708.
12. Vechin, F.C., et al., (2015). Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *J Strength Cond Res*, 29(4), 1071-6.
13. Centner, C., et al., (2019). Blood flow restriction increases myoelectric activity and metabolic accumulation during whole-body vibration. *Eur J Appl Physiol*, 119(6), 1439-1449.
14. Boonstra, A.M., et al., (2008). Reliability and validity of the visual analogue scale for disability in patients with chronic musculoskeletal pain. *Int J Rehabil Res*, 31(2), 165-9.
15. Sieljacks, P., et al., (2016). Muscle damage and repeated bout effect following blood flow restricted exercise. *Eur J Appl Physiol*, 116(3), 513-25.

Individuelle Ermüdung und Erholung von Motoneuronen der Schultermuskulatur im Pistolenschießen

AZ: 072044/22

Marius Oßwald¹, Sebastian Möck², Stefan Müller³ & Alessandro del Vecchio¹ (Projektleiter)

¹Department Artificial Intelligence in Biomedical Engineering,
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

²Olympiastützpunkt Hessen

³Deutscher Schützenbund

1 Problem

Die Leistungsdichte und die Wettkampfstruktur im olympischen Schießsport haben sich in den vergangenen Jahren umfassend verändert. Mittlerweile entscheiden Nuancen zwischen Sieg und Niederlage, während die Einführung neuer Disziplinen und Wettkampfformate eine Häufung der Wettkampfbelastungen erzeugt. Vor diesem Hintergrund lassen sich eine deutliche Erhöhung der Trainingsumfänge sowie eine Betonung von deren Wichtigkeit im internationalen Schießsport beobachten (Gulbinskienė & Skarbalius, 2009; Mon & Diaz, 2017; Slot et al., 2017). Dies rückt neben der sportartimmanenten leistungsentscheidenden Bedeutung der Fein- und Feinstkoordination zusätzlich die motorische Kondition in den Blickpunkt. In diesem Zusammenhang kann festgehalten werden, dass die Schießleistung in den Pistolendisziplinen signifikant mit der Schulterabduktionskraft (Mon-López et al., 2019b) sowie der Fingerkraft und dem Trainingsvolumen in Stunden zusammenhängt (Mon et al., 2015). Daher schlussfolgern Mon-López et al. (2019b), dass entsprechend abgestimmte Krafttrainingsprogramme essenziell wichtig für das olympische Pistolenschießen sind. Unterstützt wird dies weiter durch die Ergebnisse von Vercruyssen et al. (1989), die signifikante, hohe Korrelationen zwischen Veränderungen der Muskelkraft und der Schießleistung mit der Pistole beobachteten. Lakie (2010) beschreibt zudem einen inversen Zusammenhang zwischen der Schießleistung und der Höhe des Muskelzitterns. Da dieser Parameter sowie muskuläre Koaktivierungen durch Krafttraining reduziert werden können

(Keogh et al., 2010), unterstützt diese Korrelation weiter die Notwendigkeit für eine abgestimmte athletische Ausbildung. Zieht man den oben beschriebenen engen Zusammenhang zwischen der Schießleistung und den Trainingsstunden in Betracht, scheinen Mechanismen der neuronalen Ermüdung eine wichtige Rolle zuzukommen. Hier beobachteten Deschenes et al. (2000), dass ein Krafttraining die Fläche der motorischen Endplatten vergrößern kann, was die Ermüdbarkeit der entsprechenden Muskulatur senken könnte.

Mon-López et al. (2019a) interviewten Schützen der internationalen Spitze aus verschiedenen Ländern und beobachteten, dass die Sportler physisches Fitnessstraining als eine Schlüsselkomponente ihrer Leistungsfähigkeit einschätzten. Allerdings zeigte sich eine deutliche Streubreite der Ergebnisse. Einige Athleten gaben an, überhaupt kein oder nur unregelmäßiges konditionelles Training zu absolvieren, während andere mit professionellen Athletiktrainern oder Physiotherapeuten zusammenarbeiten. Weder Regenerationsmethoden noch Tests der körperlichen Leistungsfähigkeit wurden von den Sportlern als Bausteine ihrer Trainingsplanung angegeben. Die Untersuchenden schlussfolgerten daraus, dass konditionelles Training und Regenerationsmethoden im olympischen Schießsport in deutlich größerem Maße kontrolliert und evaluiert werden sollten, um die Leistungsentwicklung optimal zu unterstützen.

Neuromuskuläre Ermüdung beeinflusst als komplexes Phänomen allgemein die sportliche Leistungsfähigkeit. Eine Veränderung des Leistungsausgangs aufgrund von Ermüdung kann da-

bei sowohl Ursachen auf neuronaler als auch auf muskulärer Ebene haben. Allerdings führen periphere muskuläre Ermüdungseffekte zwangsläufig zu Veränderungen im Entladungsverhalten der zugehörigen Motoneuronen. Klassische bipolare EMG-Untersuchungen zeigen zwar deutliche Signalveränderungen durch Ermüdung (Bigland-Ritchie et al., 1979; Dietz, 1978; Fuglevand et al., 1999), da hier allerdings nur das Interferenzmuster, die Summe der Entladungsmuster einer Vielzahl von Motoneuronen, betrachtet werden kann, kann die Ursache dieser Signalveränderungen nicht identifiziert werden. In vorangegangenen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass es möglich ist, via HDEMG-Messungen große Populationen an Motoneuronen non-invasiv zu decodieren und zu identifizieren (Farina & Holobar, 2016; Del Vecchio et al., 2018, 2019a, 2019b, 2020). Der Zugang zum Output des Nervensystems und zu individuellen Entladungscharakteristiken einzelner Motoneuronen erlaubt es uns beispielsweise, die relevanten Determinanten des Kraftanstiegsverhaltens zu identifizieren (Del Vecchio et al., 2019b) sowie neuromuskuläre Anpassungen durch Krafttraining (Del Vecchio et al., 2019a) und Koordinationsmuster (Laine et al., 2015) zu untersuchen. Da die Aktivierungscharakteristik von Motoneuronen einen ausgezeichneten Biomarker für Ermüdung darstellt (Arendt-Nielsen et al., 1989; Fuglevand et al., 1993; Vila-Chã et al., 2012), ist es unser Ziel, spezifisch für die Anforderungen im olympischen Pistolenschießen explorativ individuelle Aktivierungsmuster und deren Veränderungen durch akute Ermüdung zu untersuchen sowie die hierfür vorrangig relevanten Muskelgruppen zu identifizieren.

2 Methode

Es wurden an fünf Luftpistolenschützen und Luftpistolenschützinnen aus verschiedenen Leistungsstufen Messungen durchgeführt. Die Kohorte bestand dabei aus Junioren und Juniorinnen, Landeskadern sowie Bundeskadern. So sollten mögliche Unterschiede in der Muskelaktivierung, bzw. -ermüdung zwischen Athleten und Athletinnen aus verschiedenen Leistungs- und Trainingsniveaus qualitativ identifiziert werden.

Für die HDEMG-Messungen wurden insgesamt fünf selbstklebende 64-kanalige Elektrodenraster auf folgende Muskelgruppen aufgebracht: m. trapezius pars descendens, m. deltoideus pars clavicularis und pars acromialis, m. extensor carpi radialis longus sowie m. flexor digitorum superficialis und profundus (siehe Abb. 1). Die genannten Muskeln wurden im Vorfeld als primär beteiligte Aktoren der Anschlagposition und des Nachladevorganges identifiziert und auch im Gespräch mit den Athleten und Athletinnen als subjektiv meist beanspruchte Muskeln genannt. Die HDEMG-Messungen wurden mit einem Messsystem der Firma OT Bioelettronica durchgeführt (Quattrocento, OT Bioelettronica, Turin, Italien; . Abtastrate 2048 Hz).

Um die resultierenden Muskelaktivitätsdaten nicht nur mit der Wertung der einzelnen Schüsse, sondern auch mit einem möglichen Anstieg der Schwankung der Pistolenmündung im Zielanschlag während steigender Ermüdung in Relation setzen zu können, wurde ein 6-Achsen-Beschleunigungssensor (Portables GmbH, Erlangen, Germany) im Bereich der Pistolenmündung angebracht (siehe Abb. 1). Der integrierte Beschleunigungsmesser und das Gyroskop messen die relative Beschleunigung und Rotation des Sensors im Raum und liefern so eine Quantifizierung der Stabilität der Pistole während des Anschlags. Die Abtastrate des Sensors betrug 204,8 Hz, kann aber bis auf 1024 Hz erhöht werden.

Zur Synchronisierung des Beschleunigungssensors mit den HDEMG-Messungen wurde die Pistolenmündung gleichzeitig mit einem Kamerasystem aufgezeichnet. Durch markerloses, auf Machine-Learning basierendes optisches Tracking des Beschleunigungssensors wurde dessen Bewegung erkannt. Diese Kameras wurden durch ein analoges Triggersignal gesteuert, das zeitgleich an das HDEMG-Messsystem gesendet wurde und somit eine präzise Synchronisierung der Datensätze ermöglichte. Da der Beschleunigungssensor über eine deutlich höhere Präzision verfügt als das markerlose Tracking des Kamerasystems, fiel die Entscheidung zugunsten der Verwendung des Sensors anstelle des optischen Trackings für die Quantifizierung der Mündungsbewegung.



Abb. 1: Experimentelles Setup. Athletin im Anschlag. Oben und unten links: Fünf 64-Kanal-HDEMG-Elektroden auf *m. trapezius*, *m. deltoideus*, *m. flexor digitorum* und *m. extensor carpi radialis*. Oben und unten rechts: Kameramesssystem zur Synchronisierung der Beschleunigungssensordaten und HDEMG-Daten. Unten rechts: Beschleunigungssensor (weiße kleine Box) im Bereich der Mündung angebracht.

Um nicht nur die Ermüdung des Athleten bzw. der Athletin im Laufe einer Trainingssession zu simulieren, sondern auch die Veränderung der Muskelaktivitätsmuster auf dem Weg vom Aufwärmen bis zur Ermüdung, durchliefen die Athleten und Athletinnen das folgende experimentelle Protokoll:

- ▶ 15 Schuss ohne vorheriges Aufwärmen in selbstgewählter Schussfrequenz (anschließend eigenständiges Beenden der Aufwärmroutine ohne Messung)
- ▶ 15 Schuss in aufgewärmtem Zustand in selbstgewählter Schussfrequenz
- ▶ 15 Schuss in erhöhter Schussfrequenz (2 Schuss/Minute)
- ▶ Halten der Anschlagposition bis zum Versagen (Auftreten starker Mündungsbewegung und/oder Auflösen der Anschlagposition)

- ▶ 5 Schuss direkt im Anschluss an vorheriges Versagen

3 Ergebnisse

3.1 Korrelation Beschleunigungssensor mit HDEMG-Signalen

Zur Beurteilung der Eignung der beschriebenen Methodik und Messsysteme wurde zunächst der quantitative Zusammenhang zwischen den Bewegungsdaten des Beschleunigungssensors und den gemessenen Muskelaktivitätsdaten untersucht.

Abb. 2 A zeigt beispielhaft den gleitenden quadratischen Mittelwert der HDEMG-Daten des *m. extensor carpi radialis* sowie die kombinierten Winkelgeschwindigkeitswerte in allen drei Rotationsachsen von Proband P1 in Anschlagposition. Abb. 2 B zeigt den Mittelwert und die

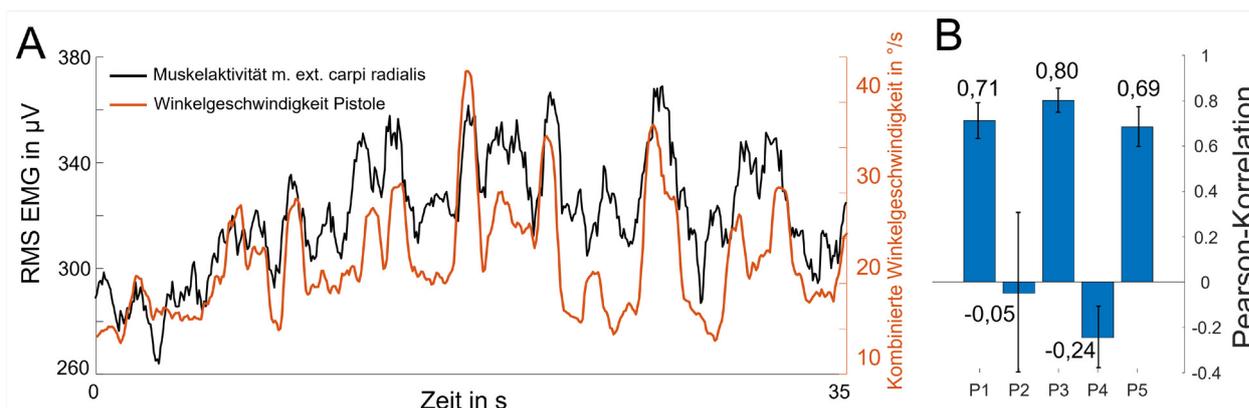


Abb. 2: A: Gleitender quadratischer Mittelwert (RMS) des HDEMG-Signals des m. extensor carpi radialis (schwarz) mit synchronisierten kombinierten Winkelgeschwindigkeitsdaten des Beschleunigungssensors (orange) während 35 s des Athleten/der Athletin im Anschlag. B: Pearson-Korrelation des RMS des HDEMG-Signals mit Winkelgeschwindigkeitsdaten. Mittelwert mit Standardabweichung der Korrelation der fünf HDEMG-Elektrodenraster.

Standardabweichung der Pearson-Korrelationen der kombinierten Winkelgeschwindigkeitswerte mit allen fünf HDEMG-Elektrodenrastern für die fünf Probanden und Probandinnen.

3.2 Individuelle Muskelaktivitätsmuster

Die HDEMG-Daten aller fünf Elektrodenraster wurden sowohl hinsichtlich des unterschiedlichen Aktivierungsverhaltens der Muskelgruppen innerhalb der Anschlagsperioden zwischen den Schüssen als auch während des Haltens der Anschlagposition bis zum Versagen untersucht.

Abb. 3 zeigt beispielhaft die Muskelaktivitätsamplituden des m. deltoideus anterior und m. extensor carpi radialis (ECR) sowie die Pistolenbewegung während des Haltens bis zum Versagen aller fünf Athleten und Athletinnen (P1-P5). Es ist eindeutig zu erkennen, dass die Schwankung der Pistole zum Ende des Versuchs stark zunimmt. Die Aktivitäten zeigen deutlich unterschiedliche Muskelaktivitätsmuster im Verlauf des Anschlages bis zum Versagen. Es ist zu erkennen, dass stark individuelle Strategien der Muskelrekrutierung während fortschreitender Ermüdung vorliegen. Während die Aktivierungen beider Muskelgruppen für P1 und P3 bis zum Versagen recht stetig ansteigendes Verhalten zeigen, zeigt P5 eine andere Rekrutierungsstrategie. Die Aktivität des m. deltoideus anterior steigt ab ca. 80 s stark an, während die Aktivität des ECR (Handgelenksabduktion) abnimmt. Mit

steigender Ermüdung des m. deltoideus anterior sinkt dessen Aktivierung wieder, während der ECR den Abfall an Muskelaktivierung mit steigender eigener Aktivität kompensiert. Mit weiter steigender Ermüdung steigt die Aktivierung aller Muskeln wieder an, bis der Punkt des Versagens erreicht ist. Die Ergebnisse überraschen auch insofern, als nicht bei allen Versuchspersonen alle Muskelgruppen eine steigende Aktivierung im Laufe des Anschlages zeigen (P2 und P4). P4 zeigt beispielsweise eine sogar leicht sinkende Aktivierung des m. deltoideus anterior und ECR im Laufe des Versuchs. Lediglich der m. trapezius zeigt eine steigende Aktivierung bis zum Moment des Versagens.

Abb. 4 zeigt beispielhaft den RMS der Muskelaktivität aller untersuchten Muskeln eines Probanden während der Anschlagsperioden aller 15 Schüsse des Protokolls mit erhöhter Schussfrequenz (2 Schuss pro Minute).

Der durchschnittliche Anstieg der Muskelaktivität des betreffenden Muskels pro Anschlagsperiode wurde berechnet. Im vorliegenden Fall wiesen v. a. der m. deltoideus und m. trapezius eine relevante Steigerung der Aktivität innerhalb des Anschlages auf. Bei Betrachtung dieser durchschnittlichen Aktivitätssteigerungen über alle Versuchspersonen zeigen sich erneut stark probandenspezifische Aktivitätsmuster (Abb. 5). Die Erhöhung der Muskelaktivität der unterschiedlichen Muskeln reicht von -9 bis 20%, mit keiner erkennbaren Konsistenz der betroffenen Muskeln.

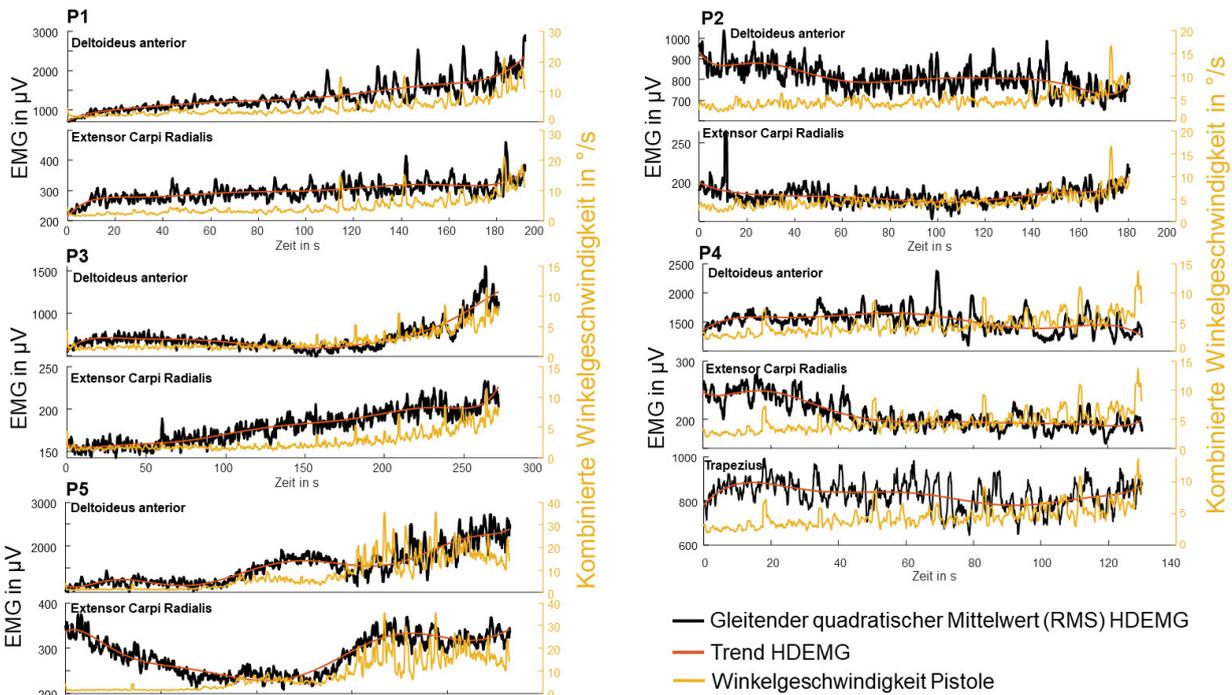


Abb. 3: RMS der HDEMG-Signale (schwarz) des m. deltoideus anterior (immer oben) und m. extensor carpi radialis (immer unten) aller fünf Athleten und Athletinnen (P1-5). In Orange: Trendlinie des HDEMG-Signals. In Gelb: Winkelgeschwindigkeitswerte des Gyroskops.

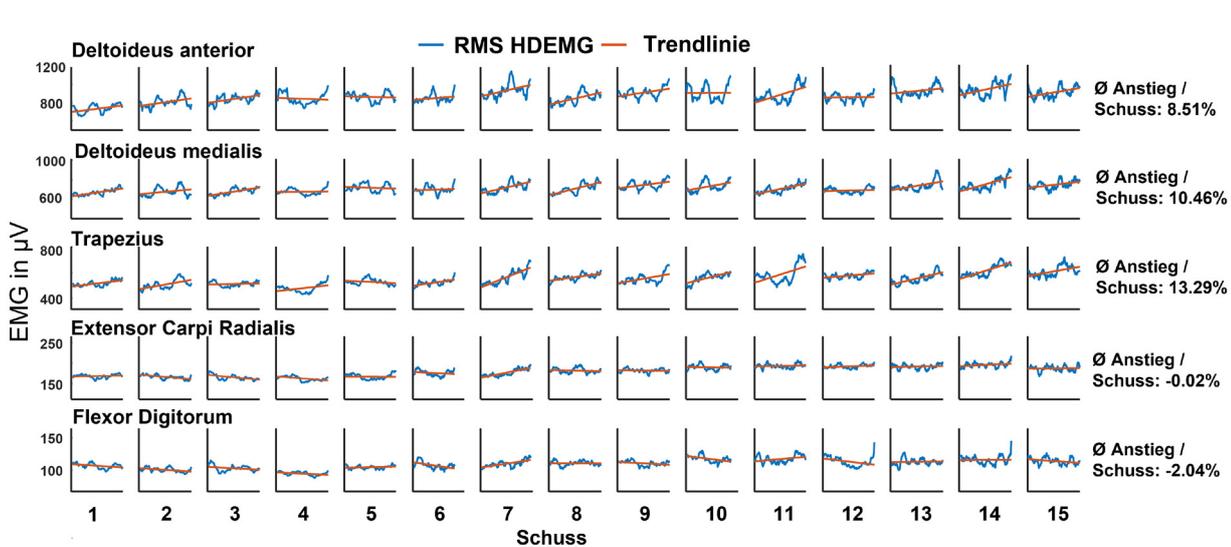


Abb. 4: RMS des HDEMG-Signals (blau) während des Anschlags bis Schussabgabe für alle 15 Schüsse des Protokolls mit erhöhter Schussfrequenz (t = 0–30 s) aller fünf gemessenen Muskeln. In Orange: Lineare Trendlinie der gemessenen Aktivität. Rechts: Durchschnittlicher prozentualer Anstieg der Aktivität gemittelt über alle Anschläge pro Muskel.

| | Deltoideus | Trapezius | ECR |
|----|------------|-----------|--------|
| P1 | +18 % | - | +6% |
| P2 | 0 % | - | +6% |
| P3 | + 9 % | + 13 % | 0 % |
| P4 | + 7 % | + 9 % | + 20 % |
| P5 | - 3 % | +1 % | - 9 % |

Abb. 5: Durchschnittswerte des prozentualen Anstiegs der HDEMG-Aktivität während des Anschlags für m. deltoideus anterior und medialis (Deltoideus, Durchschnittswert beider Muskeln, da selbe Muskelgruppe und ähnliches Verhalten), m. extensor carpi radialis (ECR) und m. trapezius (Trapezius) für alle Versuchspersonen. M. flexor digitorum aufgrund nicht auftretender Aktivitätsveränderung nicht enthalten. Bei P1 und P2 keine Werte für m. trapezius, da technischer Fehler in Datenaufnahme.

4 Diskussion

Das HDEMG-System sowie der Beschleunigungssensor im Bereich der Pistolenmündung liefern Daten zur Muskelaktivität während des Anschlages und der gleichzeitigen Bewegung der Pistole. Beide Datensätze können präzise synchronisiert und so gemeinsam analysiert werden. Da der Beschleunigungssensor deutlich genauere Bewegungsdaten liefert als das markerlose Bewegungstracking des Kamerasystems, kann auf dieses verzichtet werden, was das gesamte Messsetup stark vereinfacht und den Eingriff in das Sichtfeld der Athleten und Athletinnen minimiert. Somit steht ein leistungsfähiges System zur Quantifizierung der Pistolenbewegung und Muskelaktivitätssignale aller relevanten Muskelgruppen zur Verfügung.

4.1 Korrelation Beschleunigungssensor mit HDEMG-Signalen

Abb. 2B zeigt eine deutliche positive Pearson-Korrelation zwischen Pistolenbewegung und Muskelaktivitätsveränderung über alle gemessenen Muskeln für P1, P3 und P5 ($r = 0.69-0.80$). Abb. 2A zeigt diese Korrelation beispielhaft an 35 s von P1 während des Anschlages an der Aktivität des *m. extensor carpi radialis*. Die Übereinstimmung zwischen Bewegung und Muskelaktivität ist dort deutlich sichtbar.

P2 und P4 zeigten geringe Korrelationswerte ($r = -0.24$ – -0.05). Dies lässt darauf schließen, dass die Bewegung der Pistolenmündung bei diesen Athleten und Athletinnen zu einem großen Teil nicht der Aktivität der gemessenen Muskeln des Ober- und Unterarms entspringt, sondern andere Ursachen besitzt. Da diese beiden Probanden die niedrigeren Leistungsniveaus innerhalb der Kohorte repräsentierten, könnte eine weitere Untersuchung dieser Ursachen wertvolle Informationen liefern.

Dennoch zeigt die hohe positive Korrelation dreier Athleten und Athletinnen, dass die zur HDEMG-Signalaufnahme gewählten Muskelgruppen sich für die Schwankung der Pistole während des Anschlages verantwortlich zeigen.

Dies korrespondiert mit Beobachtungen von signifikanten Zusammenhängen zwischen der Schießleistung und der Schulterabduktionskraft (Mon-López et al., 2019b).

4.2 Individuelle Muskelaktivitätsmuster

Eine vollständige quantitative Analyse der Muskelaktivitätsmuster und des Ermüdungsverhaltens auf Ebene der motorischen Einheiten wurde im Rahmen dieser vorläufigen Studienergebnisse nicht durchgeführt.

Es wurde allerdings gezeigt, dass selbst bei der vorliegenden geringen Anzahl an Versuchspersonen stark individuelle Muskelaktivitätsmuster und -strategien während dem statischen Halten der Anschlagposition sowie während der Anschlagsperioden vor Schussabgabe existieren. Darüber hinaus zeigen sich unterschiedliche Kompensationsstrategien bei einsetzender und sich akkumulierender Ermüdung. Einzig die Fingerflexoren zeigten keine relevante Veränderung der Aktivierung. Auch wenn die Schießleistung in den Pistolendisziplinen mit der Fingerkraft zusammenhängt (Mon et al., 2015), scheint diese Muskulatur durch das Abzugsgewicht nicht substanziell zu ermüden und kann für derartige Fragestellungen wahrscheinlich vernachlässigt werden.

Bezieht man die Ergebnisse von Vercruyssen et al. (1989) mit ein, dass Veränderungen der Muskelkraft signifikant mit Veränderungen der Schießleistung korrelieren, sind mögliche Zusammenhänge zur Schusspräzision im Wettkampf- und Trainingsverlauf und damit Implikationen für die individuelle Belastungsgestaltung nicht auszuschließen. Offen bleibt bei der hohen Individualität der Ergebnisse, ob ein leistungsrelevantes Optimum identifizierbar wäre und damit eine Leistungsreserve bildet oder ob die identifizierten individuellen Strategien beizubehalten und trainingsmethodisch zu berücksichtigen sind. So sollte in jedem Fall untersucht werden, ob Gemeinsamkeiten in den Mustern innerhalb der Gruppen von Athleten und Athletinnen mit ähnlichen Leistungsniveaus erkennbar sind. Speziell Ähnlichkeiten in den

Muskelaktivitätsmustern von Athleten und Athletinnen der höchsten Leistungsniveaus können wertvolle Schlussfolgerungen hinsichtlich der Krafttrainingssteuerung von Nachwuchsathleten und Nachwuchsathletinnen liefern. Ein entsprechendes Konditionstraining wird allgemein als leistungsdeterminierende Komponente angesehen, die allerdings in weiten Teilen unzureichend implementiert ist (Mon-López et al., 2019a). Hier könnten entsprechende weitere Ergebnisse die Einführung einer optimierten Trainingsstrategie unterstützen. Auch eine Trainingsinterventionsstudie mit begleitender Datenanalyse der HDEMG-Daten hinsichtlich eines gezielten Muskeltrainings zum Erreichen dieser Muskelaktivitätsmuster sollte in Betracht gezogen werden.

5 Literatur

- Arendt-Nielsen, L., Mills, K. R., & Forster, A. (1989). Changes in muscle fiber conduction velocity, mean power frequency, and mean EMG voltage during prolonged submaximal contractions. *Muscle & Nerve*, 12(6), 493-497.
- Bigland-Ritchie, B., Jones, D. A., & Woods, J. J. (1979). Excitation frequency and muscle fatigue: electrical responses during human voluntary and stimulated contractions. *Experimental Neurology*, 64(2), 414-427.
- Del Vecchio, A., Casolo, A., Negro, F., Scorcelletti, M., Bazzucchi, I., Enoka, R., Felici, F., & Farina, D. (2019a). The increase in muscle force after 4 weeks of strength training is mediated by adaptations in motor unit recruitment and rate coding. *Journal of Physiology*, 597(7), 1873-1887.
- Del Vecchio, A., Holobar, A., Falla, D., Felici, F., Enoka, R. M., & Farina, D. (2020). Tutorial: analysis of motor unit discharge characteristics from high-density surface EMG signals. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 53, 102426.
- Del Vecchio, A., Negro, F., Holobar, A., Casolo, A., Folland, J. P., Felici, F., & Farina, D. (2019b). You are as fast as your motor neurons: speed of recruitment and maximal discharge of motor neurons determine the maximal rate of force development in humans. *Journal of Physiology*, 597(9), 2445-2456.
- Del Vecchio, A., Ubeda, A., Sartori, M., Azorin, J. M., Felici, F., & Farina, D. (2018). Central nervous system modulates the neuromechanical delay in a broad range for the control of muscle force. *Journal of Applied Physiology*, 125(5), 1404-1410.
- Deschenes, M. R., Judelson, D. A., Kraemer, W. J., Meskaitis, V. J., Volek, J. S., Nindl, B. C., Harman, F. S., & Deaver, D. R. (2000). Effects of resistance training on neuromuscular junction morphology. *Muscle & Nerve*, 23(10), 1576-1581.
- Dietz, V. (1978). Analysis of the electrical muscle activity during maximal contraction and the influence of ischaemia. *Journal of the Neurological Sciences*, 37(3), 187-197.
- Farina, D., & Holobar, A. (2016). Characterization of human motor units from surface EMG decomposition. *Proceedings of the IEEE*, 104(2), 353-373.
- Fuglevand, A. J., Macefield, V. G., & Bigland-Ritchie, B. (1999). Force-frequency and fatigue properties of motor units in muscles that control digits of the human hand. *Journal of Neurophysiology*, 81(4), 1718-1729.
- Fuglevand, A. J., Zackowski, K. M., Huey, K. A., & Enoka, R. M. (1993). Impairment of neuromuscular propagation during human fatiguing contractions at submaximal forces. *Journal of Physiology*, 460(1), 549-572.

- Gulbinskienė, V., & Skarbalius, A. (2009). Peculiarities of investigated characteristics of Lithuanian pistol and rifle shooters' training and sport performance. *Baltic Journal of Sport and Health Sciences*, 2(73), 21-27.
- Keogh, J. W., Morrison, S., & Barrett, R. (2010). Strength and coordination training are both effective in reducing the postural tremor amplitude of older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 18(1), 43-60.
- Laine, C. M., Martinez-Valdes, E., Falla, D., Mayer, F., & Farina, D. (2015). Motor neuron pools of synergistic thigh muscles share most of their synaptic input. *Journal of Neuroscience*, 35(35), 12207-12216.
- Lakie, M. (2010). The influence of muscle tremor on shooting performance. *Experimental Physiology*, 95(3), 441-450.
- Mon, D., & Díaz, A. (2017). Which one has more influence in female air pistol performance: experience or training? *Proceedings of Math Sport International 2017 Conference*, 290-304.
- Mon, D., Zakyntinaki, M. S., Cordente, C. A., Antón, A. J. M., Rodríguez, B. R., & Jiménez, D. L. (2015). Finger flexor force influences performance in senior male air pistol olympic shooting. *PloS One*, 10(6), e0129862.
- Mon-López, D., Moreira da Silva, F., Calero Morales, S., López-Torres, O., & Lorenzo Calvo, J. (2019a). What Do Olympic Shooters Think about Physical Training Factors and Their Performance? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(23), 4629.
- Mon-López, D., Zakyntinaki, M. S., Cordente, C. A., & García-González, J. (2019b). The relationship between pistol Olympic shooting performance, handgrip and shoulder abduction strength. *Journal of Human Kinetics*, 69, 39.
- Slot, O., Timson, S., & Warr, C. (2017). *The talent lab – the secrets of creating and sustaining success*. London: Ebury Press.
- Vercruyssen, M., Christina, R. W., & Muller, E. (1989). Relationship of strength and precision in shooting activities. *Journal of Human Ergology*, 18(2), 153-168.
- Vila-Cha, C., Falla, D., Correia, M. V., & Farina, D. (2012). Adjustments in motor unit properties during fatiguing contractions after training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44, 616-624.

Service-Forschungsprojekt



Change Prozess an einem Bundesstützpunkt – Weiterentwicklung des Systems für eine Kultur des Hinsehens (ChangeBSP)

AZ: 071608/21-22

Eva Reinschmidt¹ & Dr. Jeannine Ohlert (Projektleitung)^{2,3}

¹Deutscher Turner-Bund

²Deutsche Sporthochschule Köln, Psychologisches Institut, Abt. Gesundheit & Sozialpsychologie

³Das Deutsche Forschungszentrum für Leistungssport Köln – momentum

Mit den im SPIEGEL veröffentlichten Anschuldigungen im November 2020 gegenüber einer Trainerin im Gerätturnen weiblich am Bundesstützpunkt (BSP) Chemnitz und den nachfolgenden Untersuchungen wurde Handlungsbedarf im DTB offengelegt. Insbesondere bei den Trainer*innen führte dies zugleich zu einer Handlungsunsicherheit. Es wurde deutlich, dass eine Weiterbildung der Trainer*innen zu kurz greift und das „System Leistungssport“ insgesamt weiterentwickelt werden muss. Der als Antwort des DTB auf die Anschuldigungen initiierte gesamtverbandliche Kultur- und Strukturprozess im DTB verfolgt daher die handlungsleitende Maxime: „Der gesamte Trainingsprozess und die Rahmenbedingungen sind auf das Ziel, international konkurrenzfähig und erfolgreich zu sein, unter Berücksichtigung, dass vom Beginn bis zum Ende der aktiven Karriere das Kindeswohl, die Persönlichkeitsrechte und eine gesunde Persönlichkeitsentwicklung der Athlet*innen jederzeit gewährleistet sind.“ (Deutscher Turner-Bund, 2021)

Dieser Kultur- und Strukturprozess orientiert sich an der wissenschaftlichen Literatur zur Schutzkonzeptentwicklung, basierend auf den Säulen Analyse, Prävention, Intervention und Aufarbeitung (Fegert et al., 2020; Eßer et al., 2020; Kliemann, 2018), um ein sicheres Umfeld für Kinder und Jugendliche im DTB zu schaffen. In Arbeitsgruppen des Kultur- und Strukturprozesses des DTB werden unterschiedliche Aspekte zu Analyse, Prävention, Intervention und Aufarbeitung von interpersonaler Gewalt reflektiert und vorhandene Ansätze weiterentwickelt bzw. Strukturen neu aufgesetzt.

Parallel zu dieser Entwicklung wurde von der Deutschen Sporthochschule Köln in Kooperation mit dem Deutschen Turner-Bund bereits ein Service-Forschungsprojekt (AZ ZMV14-072002/20; Laufzeit 04/20 – 09/21) durchgeführt, in dessen Rahmen zunächst die Entwicklung eines disziplinübergreifenden sportpsychologischen Rahmenkonzepts im DTB durchgeführt wurde, bevor in einer Projekterweiterung bereits Workshops zur Prävention interpersonaler Gewalt im Deutschen Turnerbund entwickelt und auf Ebene des Spitzenverbands umgesetzt wurden (Koine, Ohlert & Sulprizio, 2022). Aus den genannten Ereignissen sowie dem vorangegangenen Projekt entstand im DTB der Impuls, neben der Leistungsoptimierung auch die Persönlichkeitsentwicklung und psychische Gesundheit der Turner*innen an den betroffenen Bundesstützpunkten in den Fokus zu setzen, und legte den Grundbaustein für das Transferprojekt „Change BSP“. Es schließt inhaltlich an das Service-Forschungsprojekt an. Mit dem Entwickeln einer Kultur des Hinsehens stand die Analyse und (Neu-)Ausrichtung im Sinne der Prävention speziell an zwei Bundesstützpunkten im Fokus.

1 Methode

Ziel des Transferprojekts war es, allen Personen, die am Erfolg der Athlet*innen im Bundesstützpunkt beteiligt sind, die Möglichkeit zu geben, an der Kulturveränderung bezüglich der Belange des eigenen Stützpunktes mitzuwirken, diesen zu gestalten und mit mehr oder weniger Unterstützung von außen umzusetzen. Den Beteiligten sollte Gelegenheit gegeben werden, sich zu

äußern, miteinander ins Gespräch zu kommen und einen gemeinsamen Weg in Richtung der handlungsleitenden Maxime des DTB zu finden. Während des gesamten Prozesses sollten alle Akteur*innen des BSP einbezogen werden. Hierfür wurden fünf Phasen angesetzt, die von zwei externen Berater*innen begleitet wurden.

- › Phase I: Vertrauen aufbauen und zu Beteiligten werden
- › Phase II: Aufarbeitung und Qualifizierung
- › Phase III: Entwicklung einer neuen Kultur des Hinsehens
- › Phase IV: Verstetigung der erfolgreichen Zusammenarbeit
- › Phase V: Abschluss

Mit der Methode der hermeneutischen Kreise wurde ein Gespräch in kleiner Runde gestartet und die Gesprächsrunden wurden dann Schritt für Schritt um beteiligte Zielgruppen erweitert. Auf diese Weise konnten Kernprobleme herausgearbeitet werden, diese aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet, auf verschiedenen Ebenen diskutiert und so eine gemeinsame Haltung entwickelt werden, um eine gemeinsame Zielrichtung zu formulieren.

2 Ergebnisse

Im Rahmen des Projekts konnten gemeinsam mit den Berater*innen drei Gesprächskreise gebildet und im Laufe des Projekts hermeneutisch vergrößert werden. Alle drei Gesprächskreise bestimmten ihr eigenes Tempo, konnten jederzeit eigene Schwerpunkte setzen und individuelle Anliegen einbringen.

Zu Beginn des Dialogprozesses startete der Gesprächskreis in der Führungsebene des DTB. Hier wurden die bisherigen Schritte aus dem Kultur- und Strukturwandel „Leistung mit Respekt“ reflektiert. Der Kreis wurde im Laufe des Prozesses durch am Kultur- und Strukturwandel beteiligte Personen erweitert. Der zweite Gesprächskreis

wurde am BSP Stuttgart geformt. Die Gespräche fanden zunächst mit der operativen Führungsebene statt und wurden dann Schritt für Schritt durch am Trainingsprozess beteiligte Personen erweitert. Der dritte Gesprächskreis wurde am BSP Chemnitz gebildet. Hier wurde insbesondere das Trainer*innen-Team einbezogen.

Im Laufe der Gesprächsrunden wurde insbesondere das Thema Erfolg und Erfolgsdruck kontrovers diskutiert. Die Berater*innen benutzten bewusst die Formulierungen „Respekt vor Leistung“, „Leistung mit Respekt“ und „Leistung vor Respekt“. Mit diesen Aussagen wurden verschiedene Szenarien durchgesprochen und es wurde auf die Aufgaben und Verantwortung der verschiedenen Instanzen in diesen Szenarien eingegangen. Die Bundesstützpunkte entwickelten im Laufe der Dialogrunden eine eigene Haltung und damit verbunden Erwartungen an das eigene Handeln.

In den Themenkomplexen Grenzen und Verhaltensrichtlinien konnte anhand von fiktiven Fallbeispielen die Komplexität der interpersonellen Gewalt herausgearbeitet werden. In diesem Zuge wurde seitens der Bundesstützpunkte der Wunsch nach einer Orientierungshilfe an den DTB gerichtet. Im Rahmen des gesamtverbandlichen Kultur- und Strukturwandels „Leistung mit Respekt“ konnte ein Entwicklungsprozess von Verhaltensrichtlinien für Trainer*innen, Athlet*innen, Eltern und Funktionär*innen angestoßen werden.

Darüber hinaus beschäftigten sich alle drei Gesprächskreise mit den Themen Werte, Unsicherheiten und Rollen. Dafür wurden zum Beispiel konkrete Situationen aus der Trainingspraxis vor dem Hintergrund der interpersonellen Gewalt betrachtet und aus verschiedenen Perspektiven beleuchtet. Durch das stetige Vergrößern der Gesprächsrunden wurde ein Problembewusstsein auf allen Ebenen geschaffen und es entwickelte sich ein gegenseitiges Verständnis sowie eine gemeinsame Haltung. Diese gemeinsame Haltung konnte durch die Beteiligung verschiedener Akteur*innen im Laufe des Prozesses verstetigt werden. Durch die parallellaufende Arbeitsgruppe „Bundesstützpunkte“ im gesamt-

verbandlichen Kultur- und Strukturwandel des DTB konnten im Rahmen der Gesprächsrunden erste Orientierungspunkte und Hilfestellungen an die Bundesstützpunkte vermittelt werden.

3 Diskussion

Mit dem Transferprojekt „Change BSP“, welches eng in den gesamtverbandlichen Kultur- und Strukturprozess des DTB eingebunden war, konnte das „System Leistungssport“ beispielhaft aus der Perspektive zweier Bundesstützpunkte analysiert werden. Dabei konnten sowohl systemische Herausforderungen und Schwierigkeiten als auch personelle Chancen und Möglichkeiten herausgearbeitet werden. Mit den regelmäßigen Gesprächsrunden und dem ständigen „darüber sprechen“ konnten verschiedene Personenkreise sensibilisiert und der Ansatz einer Kultur des Hinsehens entwickelt werden. Um eine nachhaltige Kulturentwicklung zu bewirken, müssen die gemeinsamen Werte verstetigt und das eigene Handeln regelmäßig reflektiert werden. Hierbei darf die Rolle der Führungsebene nicht unterschätzt werden, welche als Vorbild, Wegweiser und als Controlling fungiert. Der personelle Wechsel in der Führungsebene des DTB sowie des BSP Chemnitz stellte das Transferprojekt vor eine Herausforderung, die deutlich macht, dass auch über das Projekt hinaus ein regelmäßiger Austausch zwischen allen Beteiligten stattfinden muss, um die „neue Kultur“ zu verstetigen. Ein konkreter Bedarf an die Führungsebene und einem klaren Handlungsrahmen sowie das Bewusstsein für eine Weiterentwicklung hin zu einer Kultur des Hinsehens konnte im Verlauf des Projekts formuliert werden. Daraus konnten in den parallellaufenden Arbeitsgruppen von „Leistung mit Respekt“ im Bundesstützpunkt übergreifende Konzepte entwickelt werden, die im nächsten Schritt vom DTB in Eigenregie bundesweit umgesetzt werden.

4 Literatur

- Deutscher Turner-Bund (2021). Handlungsleitende Maxime. Zugriff unter: <https://www.dtb.de/verbandspolitik/kulturstrukturwandel/leistung-mit-respekt>
- Eßer, F. & Rusack, T. (2020). Schutzkonzepte und Sexualkulturen in Institutionen. In M. Wazlawik, B. Christmann, M. Böhm, & A. Dekker (Hrsg.), Perspektiven auf sexualisierte Gewalt. Springer VS. https://doi.org/10.1007/978-3-658-23236-8_2
- Fegert, J.M., Hoffmann, U. & König, E. (2020). Institutionelle Schutzkonzepte zur Prävention sexuellen Kindesmissbrauchs. In M. Kölch, M. Rassenhofer & J.M. Fegert (Hrsg.), Klinikmanual Kinder- und Jugendpsychiatrie und -psychotherapie. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58418-7_43
- Kliemann A. (2018). Umgang mit sexualisierter Gewalt in Institutionen – Theorie und Praxis. In J.M. Fegert, M. Kölch, E. König, D. Harsch, S. Witte & U. Hoffmann (Hrsg.), Schutz vor sexueller Gewalt und Übergriffen in Institutionen. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-57360-0_23
- Koine, H., Ohlert, J. & Sulprizio, M. (2022). Vorbereitung eines disziplinübergreifenden sportpsychologischen Rahmenkonzepts im Deutschen Turner-Bund. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), BISP-Jahrbuch Forschungsförderung 2021/22 (S. 305-311). Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.

Evaluierung und Optimierung des spezifischen Grundlagenausdauertrainings im Skull-Rudern

AZ: 072015/21-22

Kay Winkert¹, Gunnar Treff^{1,2}, Bahareh Alimoradinasrabadi¹ & Jürgen Michael Steinacker¹ (Projektleitung)

¹Sport- und Rehabilitationsmedizin Ulm, Deutschland

²Paracelsus Medizinische Privatuniversität, Salzburg, Österreich

1 Problem

Für eine zielgerichtete Planung, Evaluierung und Optimierung des Trainingsprozesses bedarf es der präzisen physiologischen und metabolischen Charakterisierung der verschiedenen Trainingsbereiche sowie des tatsächlich realisierten Trainings. Dies gilt auch für die Evaluierung von trainingsmethodischen Ansätzen wie z. B. dem polarisierten Trainingsmodell oder dem Fettstoffwechseltraining.

Der Deutsche Ruderverband e. V. propagiert in Anlehnung an Körner & Schwanzitz¹ und den norwegischen olympischen Sportbund² ein 5-Zonen-Modell mit internalen (prozentuale Herzfrequenz, Blutlaktatkonzentration, subjektives Belastungsempfinden) und externalen (Schlagfrequenz, Bootsgeschwindigkeit etc.) Beanspruchungssteuergrößen. Die Zone 2 wird hierbei zusätzlich arbiträr in eine untere Zone 2.1 und eine obere Zone 2.2 unterteilt. Zielstellung ist es, so ein dezidiert niedrigintensives Grundlagenausdauertraining mit hohem Anteil des Fettstoffwechsels im Rahmen von z. B. sehr hohen spezifischen Trainingsumfängen anzusteuern^{3,4}.

Auffällig ist, dass nach wie vor z. B. für ein Zone-2-Training eine fixe Blutlaktatkonzentration von 2 mmol/l als Obergrenze angegeben wird, obwohl die sehr hohe interindividuelle Variabilität der Blutlaktatkonzentration sowie der damit verbundenen metabolischen Beanspruchung bei unterschiedlichen und/oder gleichen Blutlaktatkonzentration seit langem gut dokumentiert ist^{5,6}.

Zusammenfassend fehlen über eine allgemeine Beschreibung der Trainingszonen mit postulierten Wirkungen hinausgehende (i) aktuelle und

systematisch erhobene Angaben zur metabolischen Beanspruchung sowie Stoffwechsellage, (ii) eine spezifische Empfehlung von Ableitungs-routinen der Trainingszonen anhand von z. B. standardisierten Stufentests mit relativem Bezug zu Laktatschwellen und (iii) die dezidierte Kenntnis über die tatsächliche Ausprägung dieser im Freiwassertraining.

Zielstellung dieser Arbeit war es daher, das spezifische Grundlagenausdauertraining (Zone 1 -2.2) von Eliterudern und Eliterudern im Skull-Kleinboot (Einer) hinsichtlich folgender Arbeitshypothesen zu evaluieren:

1. Die metabolische Beanspruchung liegt im Zone-2.1-Training nach gewohnter subjektiver Intensitätsteuerung zu hoch, um es als Fettstoffwechseltraining zu beschreiben.
2. Eine interindividuell einheitliche Differenzierung der drei Zonen auf Basis der Messgrößen Prozent der maximalen Sauerstoffaufnahme (%VO₂max), Prozent der maximalen Herzfrequenz (%HFmax) oder subjektives Belastungsempfinden (RPE) ist bei gewohnter subjektiver Intensitätsteuerung nicht möglich.
3. Bei dezidierter Intensitätsteuerung anhand des RPEs und der %HFmax werden die Zielvorgaben der prozentualen Geschwindigkeit für die Zone 1, Zone 2.1 und Zone 2.2 signifikant unterschritten.
4. Bei dezidierter Intensitätsteuerung anhand des RPEs und der %HFmax liegen signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede der Messgrößen Prozent der Zielgeschwindigkeit

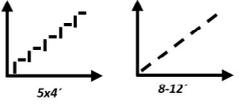
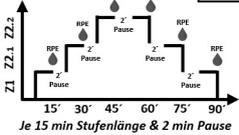
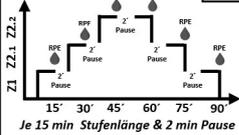
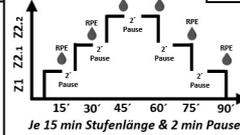
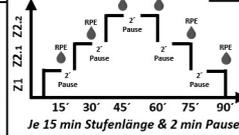
|  Labor | Feld- Freiwassermessungen im Einer  | | | | |
|--|---|--|---|--|--|
| | Modus 1: Nach subjektiven Empfinden | | | Modus 2: Nach %HFmax Vorgaben (60-72/72-79/79-82%) | |
|  1. Tag |  2. Tag |  3. Tag |  4. Tag |  5. Tag | |
| Stufentest: LT1, LT2 Rampentest: VO ₂ max, HFmax | Kardipulmonal: VO ₂ und %VO ₂ max HF und %HRmax | Metabolisch: RER, EE LIP (% und g) KH (% und g) | Subjektiv: RPE | External: v _{Boot} , SF Leistung | |

Abb. 1: LT1=erste Laktatschwelle, LT2=zweite Laktatschwelle, VO₂max=maximale Sauerstoffaufnahme, HFmax=maximale Herzfrequenz, %HFmax=prozentuale Ausnutzung der maximalen Herzfrequenz, RER=respiratorische Austauschrate, EE=Energieverbrauch, LIP= Fettstoffwechsel, KH=Kohlenhydratstoffwechsel, RPE=subjektives Empfinden, v_{Boot}=Bootsgeschwindigkeit, SF=Schlagfrequenz.

(%Vmax), %VO₂max, respiratorische Austauschrate (RER) und Blutlaktatkonzentration für die Zone 1, Zone 2.1 und Zone 2.2 vor.

- Die Blutlaktatkonzentration ist keine geeignete Messgröße zur Differenzierung der Zone 1, Zone 2.1 und Zone 2.2.
- Die prozentuale Orientierung an der ersten individuellen Blutlaktatschwelle (LT1) lässt eine Differenzierung der Zone 1, Zone 2.1 und Zone 2.2 zu.

2 Methode

Das experimentelle Studiendesign umfasste zwei Labortests zur Festlegung der individuellen Referenz- und Maximalwerte sowie jeweils vier Feldmessungen im Einer zur Erfassung der tatsächlichen metabolischen Beanspruchung im Zone-1-, Zone-2.1- und Zone-2.2-Training. An der Studie nahmen insgesamt 9 weibliche (Alter 23 ± 2 Jahre, VO₂max 63,5 ± 2,5 ml/min/kg, P4 270 ± 45 W) und 9 männliche (Alter 23 ± 3 Jahre, VO₂max 75,3 ± 4,0 ml/min/kg, P4 293 ± 17 W) Eliteruderer und Eliteruderinnen aus dem Offenen und Leichtgewichtsbereich während der ersten Vorbereitungsperiode 2022/23 teil (drei krankheitsbedingte Dropouts).

Die Labortests umfassten einen standardisierten submaximalen 5x4-min-Stufentest zur Bestimmung der beiden individuellen Laktatschwellen (LT1, LT2) nach Dickhuth et al.⁷ mittels einer

polynomialen Kurvenanpassung 3. Grades (Winlactat, Mesics Münster Deutschland) sowie einen Rampentest zur Bestimmung der VO₂max (höchster 30 s gleitender Mittelwert) und HFmax (höchster 3 s gleitender Mittelwert). Genaue Testbestimmungen und Standardisierungen siehe Bielig et al.³. Alle Laboruntersuchungen wurden auf einem statischen Concept2-Ruderergometer (Model D, Concept 2, Morrisville, USA) mit Modifikation zur exakten mechanischen Leistungsmessung (Institut für Forschung und Entwicklung von Sportgeräten) durchgeführt.

Die Feldmessungen im Einer, welche mit einem mobilen biomechanischen Messsystem (MMS 2020, Institut für Forschung und Entwicklung von Sportgeräten) ausgestattet waren, wurden in je zwei Messfahrten á sechs 15-min-Stufen in Zone 1 bis Zone 2.2 nach zwei Modi durchgeführt. Modus 1 umfasste die Intensitätsgestaltung nach gewohntem subjektivem Empfinden und Modus 2 nach dezidierten Herzfrequenzvorgaben anhand der HFmax. Abb. 1 gibt einen Überblick über das Studiendesign sowie die erfassten internalen und externalen Messwerte. Das Repeated-measurements-Design diente der Erhöhung der Datenqualität entsprechend der inhärenten biologischen Variabilität der Messwerte.

Bei allen Untersuchungen kamen ein validiertes mobiles Spiroergometriegerät im dynamischen Mischkammermodus (K5, COSMED, Rom, Italien) und ein bioenzymatischer Laktatanalyser (S-Line, EKF, Barleben, Deutschland) zum Einsatz,

welche entsprechend der Herstellervorgaben vor jeder Messung kalibriert wurden. Für die Freiwassermessungen wurde zusätzlich der Drift des Spiroergometrieerätes über die Messdauer anhand von Prä-Post-Messungen eines Referenzgases (CO₂ vol. 5 %, O₂ vol. 16 %) bestimmt.

Die Spiroergometriedaten der Freiwassermessungen wurden für jede 15-min-Stufe über das jeweilige Steady-State gemittelt (i.d.R. 3-14 min). Die statistische Analyse zu den Fragestellungen 1.2, 2.2, 3.1, 3.2 erfolgte anhand eines Linearen Mixed-Modell-Ansatzes (R-Paket MASS) in R (RStudio, Team Version 4.3.0. Core Team 2023). Als zufällige Effekte wurden Messwiederholung, Stufe, Proband und Probandin, als feste Effekte je nach Fragestellung Modus, Intensität und Geschlecht verwendet. Das Signifikanzniveau α wurde auf 0.05 festgelegt. Alle Werte wurden als Mittelwert mit Standardabweichung bzw. mittlerer Differenz mit 95 % Konfidenzintervall (95 % CI) ausgegeben.

3 Ergebnisse

1. Für das Zone-2.1- und Zone-2.2-Training lag die %VO₂max mit 68,0 ± 4,7 % bzw. 73,8 ± 4,6 %, einem Anteil des Fettstoffwechsels von 37,6 ± 9,2 % bzw. 31,7 ± 8,7 % und mit einer Fettverbrennung von 0,8 ± 0,5 g/min bzw. 0,7 ± 0,4 g/min im Mittel signifikant unter der in der Zone 1.
2. Die Interferenzanalysen ergaben jeweils signifikante mittlere Unterschiede zwischen Zone 1 vs. Zone 2.1, Zone 2.2 vs. Zone 1 und Zone 2.2 vs. Zone 2.1 für die Messwerte %VO₂max (6,8 % 95%CI [5,9; 7,7]; 12,6 95%CI [11,6; 13,5]; 5,8 95%CI [4,9; 6,7]), %HFmax (5,8 l/min 95%CI [5,0; 6,6]; 10,4% 95%CI [9,7; 11,2]; 4,6 % 95%CI [3,9; 5,4]) und RPE (1,5 95%CI [1,3; 1,7]; 3,3 95%CI [3,1; 3,5]; 1,8 95%CI [1,6; 2,0]).
3. Mit Ausnahme des RPEs in Zone 2.2 (+0,8 95%CI [0,5; 1,1] p<0,001) lagen mit der %HFmax die internalen Messgrößen im Mittel im Bereich der Zielvorgaben und wurden somit eingehalten. Aufgrund der hohen Variabilität der Windbedingungen

zwischen den einzelnen Messfahrten war eine zielführende Beurteilung der Einhaltung der Geschwindigkeitsbereiche nicht möglich.

4. Geschlechtsspezifische Unterschiede bei dezidiertem Aussteuerung nach dem RPE und der %HFmax lagen im Mittel lediglich für die Blutlaktatwerte in Zone 2.1 (0,2 mmol/l 95%CI [0,0; 0,3], p<0,05) und Zone 2.2 (0,2 mmol/l 95%CI [0,1; 0,3] p<0,001) vor, während die %Vmax, %VO₂max und RER sich im Mittel nicht signifikant unterschieden.
5. Die Blutlaktatwerte unterschieden sich im Mittel signifikant zwischen der Zone 2.2 vs. Zone 1 (0,2 mmol/l [0,1; 0,3] p<0,001) und Zone 2.2 vs. Zone 2.1 (0,3 mmol/l [0,2; 0,3] p<0,001), die Unterschiede lagen hierbei aber nur in einem Bereich von 0,2 bis 0,3 mmol/l.
6. Die Interferenzanalysen zeigen, dass sich bei Betrachtung der Messgrößen mechanische Leistung, HF, VO₂, Blutlaktat und RPE relativ zu den Werten an der LT1 im Stufentest im Mittel jeweils signifikante Unterschiede zwischen allen Stufen ergeben.

4 Diskussion

Die Deskription der metabolischen Beanspruchung sowie Stoffwechsellage des spezifischen Grundlagenausdauertrainings im Skull-Kleinboot (Einer) bei gewohnter Ausführung nach dem subjektiven Empfinden zeigt eindeutig, dass ein Zone-2.2-Training nicht als Fettstoffwechseltraining im Sinne einer maximalen Fettstoffwechselungsrate⁸ bezeichnet werden kann. Auch ein Zone-2.1-Training weist einen mittleren Anteil des Fettstoffwechsels von unter 50% auf, weshalb auch hier nicht von wesentlichen Anteilen des Fettstoffwechsels gesprochen werden kann. Bei dezidiertem Intensitätsteuerung nach %HFmax erhöhten sich zwar die Anteile und Raten des Fettstoffwechsels signifikant in allen Zonen, eine Bewertung der Wirksamkeit eines Fettstoffwechseltrainings über die Deskription hinaus gilt es weiterführend zu diskutieren bzw. zu untersuchen.

Die gezeigten biomechanischen, subjektiven, metabolischen und stoffwechselfysiologischen Unterschiede zwischen den drei Zonen unterstreichen eine statistische und sportpraktische Differenzierbarkeit der Zonen. Die arbiträre Unterteilung der Zone 2 in eine untere und obere Zone scheint somit möglich. Die deskriptiven Daten für die verschiedenen Zonen zeigen eine hohe Übereinstimmung mit dem Intensitätszonenmodell des Australian Institute of Sport⁹. Die Fragestellung der mittel- bis langfristigen Wirksamkeit zwischen einem Zone-2.1- und einem Zone-2.2-Training liegt außerhalb des Rahmens dieser Arbeit und muss getrennt beantwortet werden.

Grundsätzlich lässt sich aber feststellen, dass mit einer $\%VO_2\text{max}$ von 57,7% bzw. 66,2% von einem trainingswirksamen Reiz ($>50\% VO_2\text{max}_{10,2}$) des Zone-1- und -2.1-Trainings ausgegangen werden kann. Die im Vergleich zum Zone-2.2-Training niedrigere glykolytische Stoffwechsellage erlaubt zudem potenziell die Realisierung größerer Trainingsumfänge. Im Rahmen von z. B. einem polarisierten Trainingsmodell kann auch bei höheren Anteilen an intensiven Trainingsumfängen ein adäquater Trainingsload austariert werden und somit die Gefahr eines potenziellen Overloads reduziert werden.

Hinsichtlich der Blutlaktatkonzentration als Steuergröße muss beachtet werden, dass neben der hohen interindividuellen Variabilität (CV 18-27%) die Unterschiede zwischen den Zonen im nach Herzfrequenzvorgaben ausgeführten Training trotz der deutlichen Unterschiede für z. B. die $\%HF\text{max}$ oder $\%VO_2\text{max}$ mit 0,2-0,3 mmol/l sehr gering ausfallen und damit im Bereich der Messvariabilität der meisten Geräte zur Laktatmessung liegt. Folglich gilt es vorrangig andere, einfach verfügbare internale Messgrößen wie z. B. die $\%HF\text{max}$ in Kombination mit z. B. dem RPE als primäre Steuerungsgrößen zu nutzen.

Die im Rahmen dieser Studie bestimmte mechanische Leistung im Freiwassertraining eröffnet im Gegensatz zur Bootsgeschwindigkeit als witterungsunabhängige externale Messgröße diverse neue Möglichkeiten der Intensitätssteuerung und des Monitorings. Entsprechende

Messsysteme für den täglichen Einsatz im Freiwassertraining sind zwar mittlerweile vereinzelt verfügbar, eine direkte Übertragung von z. B. leistungsbasierten Trainingszonen im Sinne eines wattbasierten Trainings vom Ruderergometer zum Ruderboot scheint jedoch basierend auf unseren Studiendaten nicht möglich bzw. bedarf einer umfangreichen Anpassung¹¹.

Für eine individuelle Ableitung von Trainingszonen werden vielfach Laktatschwellenmodelle basierend auf semispezifischen Laborstufentests genutzt⁹. Die vorliegenden Daten legen nahe, dass eine prozentuale Ableitung anhand der LT1 und/oder LT2, so wie z. T. bereits im Deutschen Ruderverband e. V. praktiziert, möglich und sinnvoll ist. Hierbei gilt es weiterführend Aspekte wie z. B. die Robustheit sowie Inter-Rater- und Test-Retest-Reliabilität bei der Schwellenbestimmung zu betrachten.

Zusammenfassend konnte anhand der Freiwassermessungen im spezifischen Grundlagenausdauertraining im Skull-Kleinboot (Einer) von 13 Eliterudern und Eliteruderninnen das metabolische und energetische Beanspruchungsprofil der Zonen 1, 2.1 und 2.2 genau beschrieben werden. Hierauf aufbauend gilt es in einem nächsten Schritt das bestehende 5-Trainingszonen-Modell um deskriptive Angaben zu den internalen Belastungsgrößen $\%HR\text{max}$, $\%VO_2\text{max}$ und Stoffwechsellage zu ergänzen. Die bestehenden fixen Laktatwerte als Zonengrenze sollten hierbei durch relative Angaben bezogen auf die LT1, LT2 und $VO_2\text{max}$ ersetzt sowie für die Erarbeitung von Ableitungsroutinen genutzt werden. Hierfür sollte ein großer Datensatz an bestehenden Diagnostikdaten genutzt werden, da die im Rahmen dieser Studie erfassten Daten auf eine relativ kleine Stichprobengröße limitiert sind.

5 Literatur

1. Körner T., ed. Rudern: Ein Lehrbuch für Trainer, Übungsleiter und Aktive. 2., bearb. Aufl. Berlin: Sportverlag; 1987.
2. Seiler S. What is best practice for training intensity and duration distribution in endurance athletes? *Int J Sports Physiol Perform.* 2010;5:276-291. DOI: 10.1123/ijspp.5.3.276
3. Bielig B., Woldt M., Treff G., et al. Trainingsmethodische Grundkonzeption 2022-2024; 2023.
4. Schwarzrock M., Treff G., Viedt C., et al. Trainingsmethodische Grundkonzeption 2016-2020. Hannover; 2017.
5. Winkert K., Steinacker JM., Koehler K., Treff G. High Energetic Demand of Elite Rowing – Implications for Training and Nutrition. *Front Physiol.* 2022;13:829757. DOI: 10.3389/fphys.2022.829757
6. Mader A., Hollmann W. Zur Bedeutung der Stoffwechselleistungsfähigkeit des Eiteruders im Training und Wettkampf. *Leistungssport.* 1977 (Beiheft 9):8-62.
7. Dickhuth H-H., Huonker M., Münzel T., Drexler H., Berg A., Keul J. Individual Anaerobic Threshold for Evaluation of Competitive Athletes and Patients with Left Ventricular Dysfunction. In: Bachl N, Graham TE, Löllgen H, eds. *Advances in Ergometry.* Berlin, Heidelberg: Springer; 1991:173-179.
8. Achten J., Gleeson M., Jeukendrup AE. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. *Med Sci Sports Exerc.* 2002;34:92-97. DOI: 10.1097/00005768-200201000-00015
9. Bourdon P. Blood Lactate Thresholds: Concepts and Applications. In: Rebecca T, Christopher G, eds. *Physiological Tests for Elite Athletes.* 2nd. Champaign: Human Kinetics; 2013:77-102.
10. Pollock ML., Gaesser GA., Butcher JD. American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise.* 1998;30:975-991. DOI: 10.1097/00005768-199806000-00032
11. Vogler AJ., Rice AJ., Gore CJ. Physiological responses to ergometer and on-water incremental rowing tests. *Int J Sports Physiol Perform.* 2010;5:342-358.

Achtsamkeitsbasierte Trainings zur Reduktion von druckbasierten Leistungseinbußen beim Pitching im olympischen Baseball

AZ: 072028/22

Projektleitung: Prof. Dr. Chris Englert¹ & Dr. Fabienne Ennigkeit¹

Verantwortliche Projektmitarbeitende: Lea Mülberger¹, Anika Sophie Bales¹ & Christoph Kittler²

¹Goethe-Universität Frankfurt, Institut für Sportwissenschaften

²Humboldt-Universität zu Berlin, Institut für Sportwissenschaft

1 Problem

Das Ziel eines Werfers (Pitcher) im Baseball besteht darin, den Ball so präzise von einer kleinen Erhebung (Mount) aus zu werfen, dass der gegnerische Schlagmann (Batter) den Ball nicht effizient in einer Zone zwischen seiner Hüfte und seinen Knien (Strike-Zone) treffen kann. Dabei ist es wichtig, situativ irrelevante Reize wie die Zuschauerinnen und Zuschauer oder angstbezogene Sorgengedanken auszublenden und den Fokus stattdessen auf den situativ relevanten Zielreiz, nämlich das Wurfziel, zu lenken (Appelbaum & Erickson, 2018).

Drucksituationen können die Wahrnehmung von Störreizen, beispielsweise Reaktionen des Publikums, verstärken und sich negativ auf die Präzision des Wurfs auswirken. Dies kann zu Leistungseinbußen führen (Choking under Pressure; Englert et al., 2015). Besonders im Baseball ist dieses Phänomen häufig anzutreffen (Otten, 2009). Daher ist es wichtig, Athletinnen und Athleten angemessene Unterstützung anzubieten, um konstruktiv mit den Herausforderungen umgehen und Spitzenleistungen abrufen zu können.

Eine Präventions- bzw. Interventionsmöglichkeit bieten in diesem Zusammenhang achtsamkeitsbasierte Trainingsmaßnahmen. Achtsamkeit beschreibt einen Zustand, in dem die Aufmerksamkeit auf den derzeitigen Moment gerichtet wird, sodass dieser ohne Wertung wahrgenommen wird – ebenso wie die damit

einhergehenden Gedanken oder Emotionen (Kabat-Zinn, 1994). Achtsamkeit wird als eine erlernbare Fertigkeit betrachtet, die gezielt eingesetzt werden kann, um die psychische Gesundheit und das subjektive Wohlbefinden zu fördern (Baer, 2003). In den vergangenen Jahren wurden verschiedene achtsamkeitsbasierte Trainings entwickelt, u. a. für die Anwendung im Sport. Es liegen mehrere Meta-Analysen vor, die empirische Evidenz für die Annahme liefern, dass achtsamkeitsbasierte Trainings einen positiven Einfluss auf die sportliche Leistung ausüben und physiologische sowie psychologische Parameter sich nach einem Achtsamkeitstraining statistisch bedeutsam verbessern (z. B. Wang et al., 2023).

Studien zeigen positive Effekte von Achtsamkeitsinterventionen auf das Stresserleben und Choking under Pressure (z. B. Shaabani et al., 2020). Zusätzlich liegen Hinweise vor, dass achtsamkeitsbasierte Trainings auch im Baseball Stress reduzieren können (Vidic & Cherup, 2022). Allerdings ist diese spezifische Annahme im Baseball bislang nicht umfassend erforscht worden. Im vorliegenden Projekt wurde ausgehend von diesem Forschungsdefizit die Annahme untersucht, dass ein achtsamkeitsbasiertes Training zur Reduktion druckbasierter Leistungsminderung beitragen kann. Neben Effekten des Trainings auf die Wurfleistung (Wurfgenauigkeit und Wurfgeschwindigkeit) wurden auch Effekte auf die Trait-Achtsamkeit überprüft. Die Wettkampfstressanfälligkeit wurde als zusätzliche Kontrollvariable ebenfalls erfasst.

2 Methode

Die Effekte eines Achtsamkeitstrainings auf die Wurfleistung unter Druck im olympischen Baseball wurden mittels einer quasi-experimentellen Interventionsstudie mit drei Messzeitpunkten (MZP) untersucht, wobei die Intervention zwischen dem ersten und zweiten MZP stattfand und der dritte als Retentionstest diente. Zwischen den drei MZP lagen jeweils sechs Wochen.

Zu Beginn der Untersuchung wurden die Pitcher zufällig einer Experimental- (n = 16) und einer Kontrollgruppe (n = 12) zugeordnet. Die Teilnehmenden der Experimentalgruppe nahmen zwischen dem ersten und dem zweiten MZP an einem achtsamkeitsbasierten Training teil. Das Training basierte auf dem Berliner Achtsamkeitstraining zur Leistungsoptimierung (Jekauc et al., 2017) und wurde in Form asynchroner Online-Workshops angeboten. Einmal pro Woche wurde über sechs Wochen hinweg eine neue Einheit im Umfang von einer Stunde bereitgestellt. Die einzelnen Einheiten setzten sich aus Erfahrungsaustausch über eine interaktive Online-Plattform (Nearpod), Psychoedukation und Meditationsübungen zusammen und umfassten verschiedene inhaltliche Schwerpunkte (Einführung/Sportpsychologie, Meditation, Wahrnehmung und Aufmerksamkeit, Gedanken, Emotionen, Zielsetzung). Neben den Meditationsübungen innerhalb der Workshops wurden die Probanden eingeladen, auch außerhalb der Einheiten Meditationen in ihrem Alltag durchzuführen. Die Meditationsübungen innerhalb der Workshops ebenso wie neben den Einheiten wurden mithilfe der App „Mindance“ durchgeführt. Bestandteil dieser App sind fünf Meditationsübungen (z. B. Bodyscan und Atemmeditation), welche jeweils zehn Minuten dauern. Sowohl die Trainingszeit mittels der App wurde erfasst als auch die Zeit, welche mit informeller Meditation verbracht wurde. Die Kontrollgruppe erhielt nach Abschluss der Untersuchung auf Wunsch ebenfalls Zugang zum Achtsamkeitsprogramm.

In die finale Auswertung über die drei Messzeitpunkte hinweg konnten die Daten von n = 13 (männlichen) Pitchern (MZP 1: n = 28; MZP 2: n = 21; MZP 3: n = 13) aus fünf verschiedenen Baseball-Vereinen in Deutschland eingeschlossen werden¹. Das Alter der Probanden variierte zwischen 16 und 35 Jahren (M = 21.68, SD = 5.25), die Spielerfahrung lag zwischen 9 und 25 Jahren (M = 14.65, SD = 5.03). Zwei Drittel der Pitcher spielten in der 1. Bundesliga, die übrigen in der 2. Bundesliga. Ein Pitcher gab zum Start der Erhebung an, bereits Atemmeditationen zu praktizieren, während alle anderen Teilnehmer keinerlei sonstige Entspannungsverfahren ausübten.

Die Wurfleistung wurde durch die Wurfgenauigkeit und Wurfgeschwindigkeit operationalisiert. Die Pitcher wurden zu jedem MZP gebeten, 24 Würfe von einem Mount zu einem 18,4 m entfernten Catcher zu werfen. Hierbei sollte ein durch die Versuchsleitung zufällig genanntes Zielfeld (links oben, rechts oben, links unten, rechts unten) innerhalb der Wurfzone (Strike-Zone) anvisiert werden. Zur Auswertung der Wurfgenauigkeit wurden die Würfe mithilfe einer Kamera (Panasonic HC-X1000 4K Video Camera) aufgezeichnet; für die Messung der Wurfgeschwindigkeit wurde eine Radar Gun Stalker Pro 2 verwendet.

Die ersten 12 Würfe fanden unter neutralen Bedingungen (d. h. ohne Druckinduktion) statt, während die letzten 12 Würfe unter erhöhten Druckbedingungen absolviert wurden und als abhängige Variable dienten. Um den Leistungsdruck zu erhöhen, wurde den Pitchern erklärt, dass die Kameraaufnahmen des zweiten Wurfsets genutzt würden, um Schulungsvideos für nationale und internationale Trainerschulungen zu erstellen. Zudem würden diese einem Expertengremium vorgelegt und die Leistung der Pitcher würde mit der der anderen Pitcher im eigenen Verein sowie in den anderen Vereinen verglichen werden (für dieses Vorgehen siehe Englert et al., 2015). Um die Wirksamkeit der Druckmanipulation zu überprüfen, wurde vor

¹ Von einem weiteren Pitcher liegen zwar Fragebogendaten von allen drei MZP vor, dieser konnte aber wegen einer Verletzung am dritten MZP die Würfe in der Druckbedingungen nicht absolvieren. Daher beträgt die Stichprobengröße für die Fragebogendaten n = 14.

jedem der beiden Wurfsets ein Angstthermometer (Houtman & Bakker, 1989) zur Erfassung der Zustandsangst eingesetzt. Ein Angstthermometer ist eine Ein-Item-visuelle-Analogskala, auf der die Pitcher ihr aktuelles Angsterleben ankreuzen können.

Neben der Wurfleistung wurde zu den drei MZP ebenfalls die Wettkampffähigkeit mithilfe des Wettkampf-Angst-Inventar-Trait erhoben (WAI-T; Brand et al., 2009) sowie die dispositionale Achtsamkeit durch das Comprehensive Inventory of Mindfulness Experience (CHIME; Bergomi et al., 2014) ermittelt.

3 Ergebnisse

Zunächst zeigten sich erwartungsgemäß keine statistisch relevanten Unterschiede in der Wettkampffähigkeit zwischen den beiden Gruppen (Somatische Angst: $t(26) = 1.77$, $p = .792$, $d = 0.68$; Besorgnis: $t(26) = 0.40$, $p = .112$, $d = 0.15$; Konzentrationsstörungen: $t(26) = 1.32$, $p = .112$, $d = 0.50$).

Entgegen den zuvor aufgestellten Annahmen gaben die Teilnehmer zum ersten MZP nach der Druckinduktion eine signifikant niedrigere Zustandsangst als vor der Druckinduktion an, sodass davon ausgegangen werden muss, dass die Druckmanipulation nicht erfolgreich war, $t(19) = 2.67$, $p = .015$, $d = 0.60$. Bei den anderen beiden MZP zeigten sich keine statistisch bedeutsamen Unterschiede in der Zustandsangst vor und nach der jeweiligen Druckinduktion. Trotzdem wurde entschieden, die ursprünglichen Hypothesen zu prüfen.

Eine Varianzanalyse für gemischte Designs ergab, dass sich weder die Wurfgenauigkeit ($F(2,22) = 2.96$, $p = .074$, $n2p = .21$) noch die Wurfgeschwindigkeit ($F(2,22) = 0.62$, $p = .55$, $n2p = .054$) unter Druck über die drei MZP hinweg zwischen den beiden Gruppen unterschiedlich verändert hat. Es ergaben sich über die drei MZP hinweg ebenfalls keine statistisch signifikanten unterschiedlichen Veränderungen zwischen der Experimental- und der Kontrollgruppe hinsichtlich der acht CHIME-Subskalen (siehe Tabelle 1).

4 Diskussion

Dieses Service-Projekt verfolgte das Ziel, ein achtsamkeitsbasiertes Training zur Minderung von druckbasierten Leistungseinbußen im olympischen Baseball einzusetzen und dessen Wirksamkeit auf die Verbesserung der Wurfleistung sowie der Trait-Achtsamkeit zu überprüfen. Es zeigte sich, dass entgegen den Erwartungen die gewählte Form der Druckmanipulation trotz erfolgreicher Anwendung in vorangegangenen Projekten (Englert et al., 2015) nicht ausreichend war, um erhöhte Zustandsangst bei den Teilnehmern hervorzurufen. Angesichts der nicht erfolgreichen Druckmanipulation sollten in zukünftigen Projekten Maßnahmen ergriffen werden, um den wahrgenommenen Druck bei den Pitchern zu erhöhen. Neben Maßnahmen, um den Druck zu intensivieren (z. B. finanzielle Anreize), können für die Bedingung ohne Druck auch Hinweise gegeben werden, um diesen aktiv zu minimieren (z. B. Hinweise darauf, dass die Ergebnisse nicht für den Vergleich mit anderen verwendet werden und der Zweck lediglich darin besteht, Referenzdaten zu sammeln; Behan & Wilson, 2008). Auch eine Kombination mehrerer Maßnahmen zur Erhöhung des Drucks scheint erfolgversprechend zu sein (Gröpel & Mesagno, 2019).

Aufgrund der nicht erfolgreichen Druckmanipulation können keine validen Rückschlüsse auf die Auswirkungen eines asynchronen achtsamkeitsbasierten Online-Trainings auf die Wurfleistung unter Druck gezogen werden. Für die dennoch ausgewerteten Daten zeigte sich entgegen den Annahmen weder ein statistisch bedeutsamer Effekt des achtsamkeitsbasierten Trainings auf die Wurfleistung (Wurfgeschwindigkeit und Wurfgenauigkeit) noch auf die Ausprägung der dispositionalen Achtsamkeit über die drei MZP hinweg.

Da das achtsamkeitsbasierte Training nicht die erwartete Wirkung zeigte, stellt sich die Frage, ob dies an dem gewählten Format des asynchronen Online-Achtsamkeitstrainings liegen könnte. Obwohl die vorliegenden Ergebnisse keine positiven Effekte dieses Trainings zeigen, wurde die Wirksamkeit von Online-Achtsamkeitstrainings

Tabelle 1: Ergebnisse der Varianzanalysen für gemischte Designs für die acht Subskalen des Comprehensive Inventory of Mindfulness Experience (Bergomi et al., 2014)

| | F (1, 24) | p | ηp^2 |
|--|-----------|------|------------|
| Gewahrsein gegenüber inneren Erfahrungen | | | |
| Zeit | 0.64 | .535 | .05 |
| Gruppe | 4.92 | .047 | .29 |
| Zeit x Gruppe | 1.11 | .346 | .09 |
| Gewahrsein gegenüber äußeren Erfahrungen | | | |
| Zeit | 0.58 | .570 | .05 |
| Gruppe | 3.59 | .083 | .23 |
| Zeit x Gruppe | 0.98 | .390 | .08 |
| Bewusstes Handeln, Gegenwärtigkeit | | | |
| Zeit | 0.85 | .439 | .07 |
| Gruppe | 0.02 | .896 | .00 |
| Zeit x Gruppe | 0.87 | .431 | .07 |
| Annehmende, nicht-urteilende, mitfühlende Haltung | | | |
| Zeit | 0.76 | .478 | .06 |
| Gruppe | 0.01 | .916 | .00 |
| Zeit x Gruppe | 1.30 | .290 | .10 |
| Nicht-reaktive, dezentrierte Orientierung | | | |
| Zeit | 2.07 | .17 | .15 |
| Gruppe | 3.42 | .075 | .11 |
| Zeit x Gruppe | 2.97 | .098 | .20 |
| Offene, nicht-vermeidende Haltung | | | |
| Zeit | 0.20 | .823 | .02 |
| Gruppe | 3.42 | .075 | .11 |
| Zeit x Gruppe | 3.09 | .064 | .21 |
| Relativierung | | | |
| Zeit | 0.05 | .95 | .00 |
| Gruppe | 2.84 | .118 | .19 |
| Zeit x Gruppe | 1.32 | .286 | .10 |
| Einsichtsvolles Verstehen | | | |
| Zeit | 0.75 | .486 | .06 |
| Gruppe | 0.41 | .536 | .03 |
| Zeit x Gruppe | 2.13 | .141 | .15 |
| Gesamtwert | | | |
| Zeit | 1.67 | .209 | .12 |
| Gruppe | 1.10 | .316 | .08 |
| Zeit x Gruppe | 4.76 | .018 | .28 |

bereits in Meta-Analysen dokumentiert (Jayawardene et al., 2017). Zusätzlich wurden bereits Studien durchgeführt, die wirksame asynchrone Online-Achtsamkeitstrainings einsetzen (Spartano & Hunker, 2016). Eine mögliche Einschränkung dieser Programme liegt jedoch in der im Vergleich zu Präsenzinterventionen geringeren Interaktion zwischen den Teilnehmenden, die die Wirksamkeit beeinträchtigen kann. Asynchrone Online-Achtsamkeitstrainings weisen bezüglich Zugänglichkeit, Flexibilität der Terminplanung und Standardisierung der Programme zahlreiche Vorteile im Vergleich zu traditionellen Herangehensweisen auf. Im vorliegenden Serviceprojekt haben sechs der zehn Probanden aus der Experimentalgruppe alle sechs Einheiten des Achtsamkeitstrainings absolviert und zusätzlich zwischen zehn und 120 Minuten mit der Mindance-App trainiert. Dies deutet auf eine grundsätzlich hohe Akzeptanz des Vorgehens hin. In zukünftigen Projekten sollten daher das Engagement der Teilnehmenden und deren Interaktionen untereinander genauer kontrolliert bzw. protokolliert werden, um zuverlässige Schlussfolgerungen zur Wirksamkeit ähnlicher Programme ziehen zu können.

5 Literatur

- Appelbaum, L. G., & Erickson, G. (2018). Sports vision training: A review of the state-of-the-art in digital training techniques. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 11, 160–189. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2016.1266376>
- Baer, R. A. (2003). Mindfulness training as a clinical intervention: A conceptual and empirical review. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 10, 125. <https://doi.org/10.1093/clipsy.bpg015>
- 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, 207–215. <https://doi.org/10.1080/02640410701446919>
- Bergomi, C., Tschacher, W., & Kupper, Z. (2014). Konstruktion und erste Validierung eines Fragebogens zur umfassenden Erfassung von Achtsamkeit: Das Comprehensive Inventory of Mindfulness Experiences. *Diagnostica*, 60, 111–125. <https://doi.org/10.1026/0012-1924/a000109>
- Brand, R., Ehrlenspiel, F., & Graf, K. (2009). Wettkampf-Angst-Inventar (WAI). Strauß.
- Englert, C., Bertrams, A., Furley, P., & Oudejans, R. R. (2015). Is ego depletion associated with increased distractibility? Results from a basketball free throw task. *Psychology of Sport and Exercise*, 18, 26–31. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2014.12.001>
- Gröpel, P., & Mesagno, C. (2019). Choking interventions in sports: A systematic review. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 12, 176–201. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2017.1408134>
- Houtman, I. L. D., & Bakker, F. C. (1989). The Anxiety Thermometer: A validation study. *Journal of Personality Assessment*, 53, 575–582. https://doi.org/10.1207/s15327752jpa5303_14
- Jayawardene, W. P., Lohrmann, D. K., Erbe, R. G., & Torabi, M. R. (2017). Effects of preventive online mindfulness interventions on stress and mindfulness: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Preventive Medicine Reports*, 5, 150–159. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2016.11.013>
- Jekauc, D., Kittler, C., & Schlagheck, M. (2017). Effectiveness of a mindfulness-based intervention for athletes. *Psychology*, 8, 1–13. <https://doi.org/10.4236/psych.2017.81001>

- Kabat-Zinn, J. (1994). *Wherever you go, there you are: Mindfulness meditation in everyday life*. Hachette Books.
- Otten, M. (2009). Choking vs. clutch performance: A study of sport performance under pressure. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 31, 583–601. https://doi.org/10.1207/s15327752jpa5303_14
- Shaabani, F., Naderi, A., Borella, E., & Calmeiro, L. (2020). Does a brief mindfulness intervention counteract the detrimental effects of ego depletion in basketball free throw under pressure? *Sport, Exercise, and Performance Psychology*, 9, 197–215. <https://doi.org/10.1037/spy0000201>
- Spadaro, K. C., & Hunker, D. F. (2016). Exploring the effects of an online asynchronous mindfulness meditation intervention with nursing students on stress, mood, and cognition: A descriptive study. *Nurse Education Today*, 39, 163–169. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2016.02.006>
- Vidic, Z., & Cherup, N. P. (2022). Take me into the ball game: An examination of a brief psychological skills training and mindfulness-based intervention with baseball players. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 20, 612–629. <https://doi.org/10.1080/1612197X.2021.1891120>
- Wang, Y., Lei, S.-M., & Fan, J. (2023). Effects of mindfulness-based interventions on promoting athletic performance and related factors among athletes: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20, Article 3. <https://doi.org/10.3390/ijerph20032038>
- Wilson, M. R., Vine, S. J., & Wood, G. (2009). The influence of anxiety on visual attentional control in basketball free throw shooting. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 31, 152–168. <https://doi.org/10.1123/jsep.31.2.152>

Entwicklung eines präzisen 3D Posenerkennungssystems für Athleten in Mehrkameraaufnahmen für Weit-, Drei- und Hochsprung sowie eines Prototyps zur Erkennung der relativen 3D Pose aus nur einem Kamerabild

AZ: 072029/22-23

Moritz Einfalt¹, Katja Ludwig¹, Prof. Dr. Rainer Lienhart¹, Dr. Luis Mendoza² & Dr. Ioannis Sialis³

¹Lehrstuhl für maschinelles Lernen und Sehen, Universität Augsburg

²Olympiastützpunkt Hessen

³Olympiastützpunkt Stuttgart

1 Problemstellung

Für die videobasierte Auswertung in der Leichtathletik ist die Erfassung von markanten Körperpunkten der Athleten über die Zeit von zentraler Bedeutung. So werden etwa die 2D Bildpositionen verschiedener Körperpunkte über weite Teile des Bewegungsablaufs händisch erfasst und für eine quantitative Auswertung von Körperschwerpunkt, -winkel und -geschwindigkeiten herangezogen. Die Erfassung von Körperpunkten im 2D Raum aus nur einer Kameraansicht ist jedoch nicht immer ausreichend. Perspektivische Effekte wie Streckenverkürzung und Verdeckungen können dazu führen, dass quantitative Maße wie Winkel und Geschwindigkeiten zu sehr verfälscht werden. Eine Alternative ist hier die vollständige Erfassung der Körperpunkte im 3D Raum. Damit können die notwendigen quantitativen Metriken unabhängig von der Kameraansicht und dem Bewegungsablauf abgeleitet werden. Die aktuell in der Leichtathletik eingesetzten Methoden dafür verlangen jedoch entweder einen sehr aufwändigen und kaum portablen Aufbau mit zahlreichen Kameras und kostspieliger Software zur markerlosen 3D Registrierung der Athleten oder aber die händische 2D Erfassung aller Körperpunkte in zwei oder mehr Kameras mit anschließender Triangulation. In beiden Fällen kann die 3D Erfassung üblicherweise nur sehr eingeschränkt durchgeführt werden.

Ziel dieses Service-Forschungsprojekts war ein erster Schritt hin zu einer vollautomatischen 3D Erfassung von Körperpunkten mit einem möglichst einfachen Kameraaufbau. Dazu sollte der aktuelle Stand der Forschung zur zeitkontinuierlichen 3D Posenschätzung aufgegriffen und so adaptiert werden, dass die konkrete Anwendung in der Leichtathletik, speziell im Weit-/Dreisprung und Hochsprung, ermöglicht wird. Die Zielsetzung des Projekts war dabei zweigeteilt. Einerseits sollte für die Aufnahme mit zwei zeitsynchronen Kameras eine Automatisierung der 2D Körperpunktlokalisierung in jeder Kameraansicht sowie der anschließenden 3D Triangulation entwickelt werden. Ist der Kameraaufbau einmal eingerichtet, können anschließend beliebig viele Aufnahmen ohne großen Mehraufwand verarbeitet und zur Auswertung herangezogen werden. Der zweite Teil der Zielsetzung war die Reduktion der notwendigen Videoaufnahmen auf nur eine Kameraansicht. Forschungsergebnisse der letzten Jahre im Bereich des maschinellen Sehens haben gezeigt, dass relative 3D Posen von Menschen mit erstaunlicher Präzision aus nur einer Kameraansicht bestimmt werden können. Diese sehr aktive Forschungsfrage sollte deshalb für den Anwendungsfall in der Leichtathletik aufgegriffen und in einem ersten Prototyp umgesetzt werden. Mit nur einer Kamera wird der Gesamtaufbau erheblich vereinfacht, wodurch der Personalaufwand reduziert und die Auswertung gerade in Wettkampfsituationen erleichtert wird.

2 Methode

Im Rahmen dieses Service-Forschungsprojekts wurde das System Deep3DAthletics entworfen und implementiert, welches automatisiert die 3D Pose, d.h. die 3D Position der relevanten Körperpunkte, von Athleten im Weit-/Dreisprung sowie Hochsprung aus einer oder zwei Kameraansichten bestimmen kann. Das System besteht dabei aus drei separaten Modulen. Das erste Modul ist für die automatische 2D Lokalisierung der Körperpunkte in den einzelnen Kameraansichten zuständig. Dafür wurde das auf einem Higher-HRNet basierende und in Vorgängerprojekten stetig verbesserte tiefe neuronale Netz zur automatischen Detektion von 2D Körperpunkten aufgegriffen und adaptiert. Hauptaugenmerk war, ein gemeinsames Modell zu entwickeln, welches in allen Zieldisziplinen dieses Projekts eingesetzt werden kann und unter den dortigen Gegebenheiten und insbesondere den hier üblichen Kamerapositionen und -winkeln funktioniert.

Als zweites Modul kam ein weiteres tiefes neuronales Netz zum Einsatz, welches die relative 3D Pose eines Athleten aus nur einer Kameraansicht schätzen kann. Dabei versucht das Modell, aus dem zeitlichen Verlauf der vorab detektierten 2D Körperpunkte die ursprüngliche relative 3D Körperkonfiguration zu rekonstruieren. Relativ bedeutet dabei, dass die metrische Position der Körperpunkte nur relativ zu einem Fixpunkt auf dem Körper bestimmt wird. Für dieses Modell konnte ein eigenes Transformer-basiertes neuronales Netz verwendet und angepasst werden, welches in Vorarbeiten zum Projekt an der Universität Augsburg entwickelt und im Rahmen einer internationalen Konferenz veröffentlicht wurde (Einfalt et al., 2023). Zwei wichtige Anforderungen für dieses Projekt waren einerseits die Kompatibilität verschiedener Körperpunktdefinitionen in den jeweiligen Zieldisziplinen und andererseits eine nahezu beliebige Positionierung der Kamera zum Athleten. Dafür konnten insbesondere große Motion-Capture-Datensätze für die Optimierung des Modells nutzbar gemacht werden, um die erforderliche Flexibilität und Robustheit zu erreichen.

Das dritte Modul stellt die optionale Erweiterung zur absoluten 3D Posenschätzung aus zwei zeitsynchronen Kameras dar. Die Idee ist hierbei, die relativen 3D Posen aus den Einzelkameras zu kombinieren und um eine absolute Positionsschätzung zu ergänzen. Dazu wurde eine Erweiterung entwickelt, welche die beiden relativen 3D Posen über Triangulation zurück in den absolute 3D Raum transformiert und beide Posen zu einer einzigen verbesserten Schätzung kombiniert. Dadurch können Ungenauigkeiten in den 3D Posen der Einzelansichten korrigiert und gleichzeitig der absolute Bewegungsverlauf im Raum rekonstruiert werden.

3 Ergebnisse

Zur Optimierung des entwickelten Systems, und speziell der enthaltenen neuronalen Netze, sowie zur abschließenden Auswertung wurde mithilfe der Olympiastützpunkte Hessen und Stuttgart ein Datensatz mit Aufnahmen von über 700 Sprüngen aus dem Weit-, Drei- und Hochsprung erstellt. Die Aufnahmen enthalten dabei jeweils zwei synchrone Kameraansichten sowie die 2D und 3D Körperpunktpositionen über die Zeit. Die Optimierung des Systems erfolgte gemeinsam auf allen Zieldisziplinen. Die finale Auswertung des Systems konzentrierte sich auf die finale Güte der 3D Posenschätzung. Zusätzliche Beispiele für die initiale Schätzung der 2D Körperpunkte sind in Abb. 1 zu sehen.

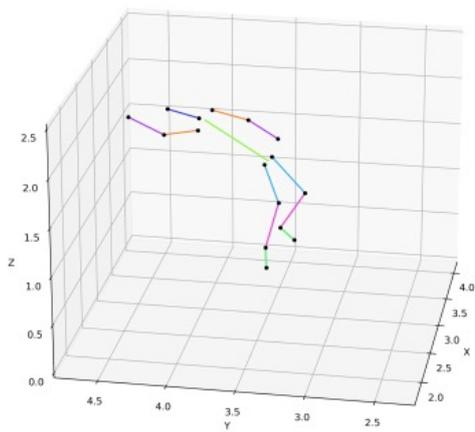
Zur 3D Auswertung kam der Mean Per-Joint Position Error (MPJPE) als Fehlermaß zum Einsatz, welcher die durchschnittliche metrische Abweichung der geschätzten 3D Positionen aller Körperpunkte in Millimetern angibt. Alle Auswertungen erfolgten dabei auf einem separaten Teil des Datensatzes, welche nicht für die Optimierung des Systems verwendet wurde. Für die 3D Posenschätzung aus nur einer Kameraansicht zeigt Abb. 2a den MPJPE für die Körperpunkte verschiedener Körperteile, jeweils getrennt für Weit-/Dreisprung sowie Hochsprung. Der MPJPE wurde hierbei nur auf den relativen 3D Posen gemessen. Dabei ergab sich eine durchschnittliche Abweichung von ca. 65mm für beide Disziplingruppen. Dabei werden die Körperpunkte an



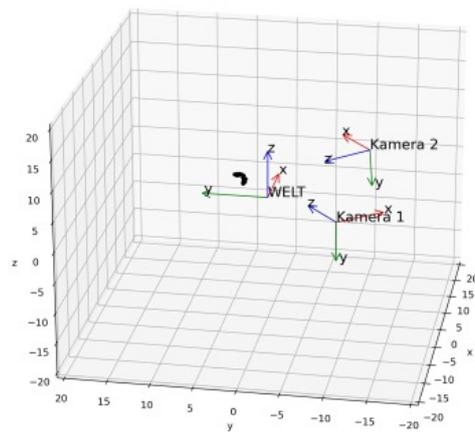
(a)



(b)



(c)

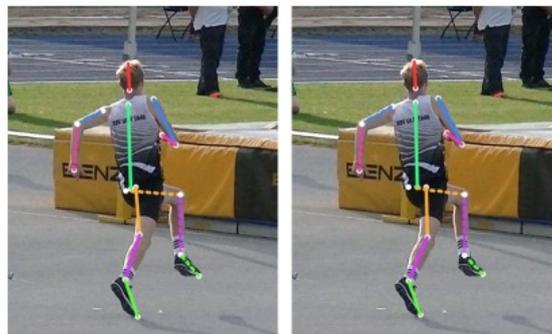


(d)

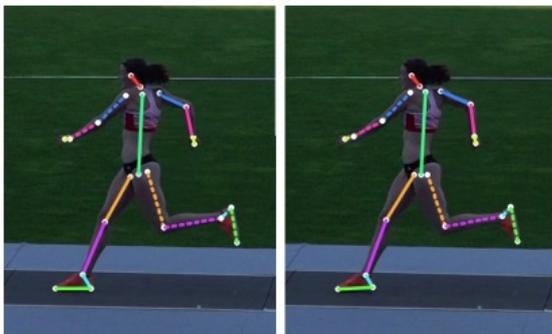
Abb. 1: Beispiele für die vollautomatische 2D Lokalisierung relevanter Körperpunkte im (a) Weit-/Dreisprung und (b) Hochsprung.



(a)



(b)



(c)



(d)

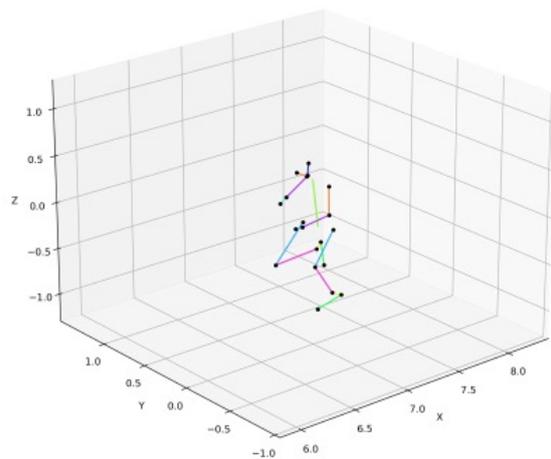
Abb. 3: Beispiele der geschätzten (grün) und der annotierten (schwarz) relativen 3D Posen für (a) Weit-/Dreisprung und (b) Hochsprung aus nur einer Kameraansicht.



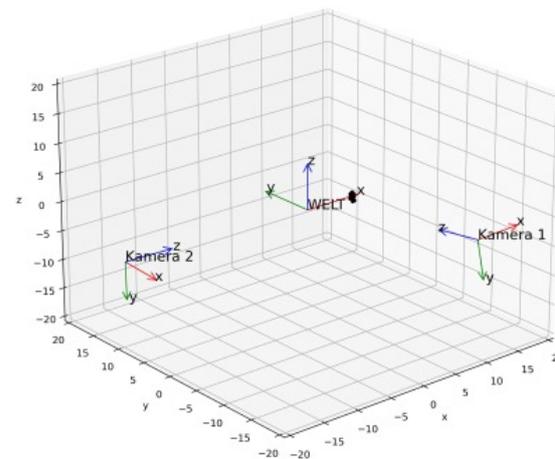
(a)



(b)



(c)



(d)

Abb. 2: Güte der 3D Posenschätzung auf den Auswertungsdaten für Weit-/Dreisprung und Hochsprung: (a) MPJPE der geschätzten relativen Posen aus nur einer Kameraansicht; (b) MPJPE der geschätzten absoluten Posen im Raum aus zwei Kameraansichten.

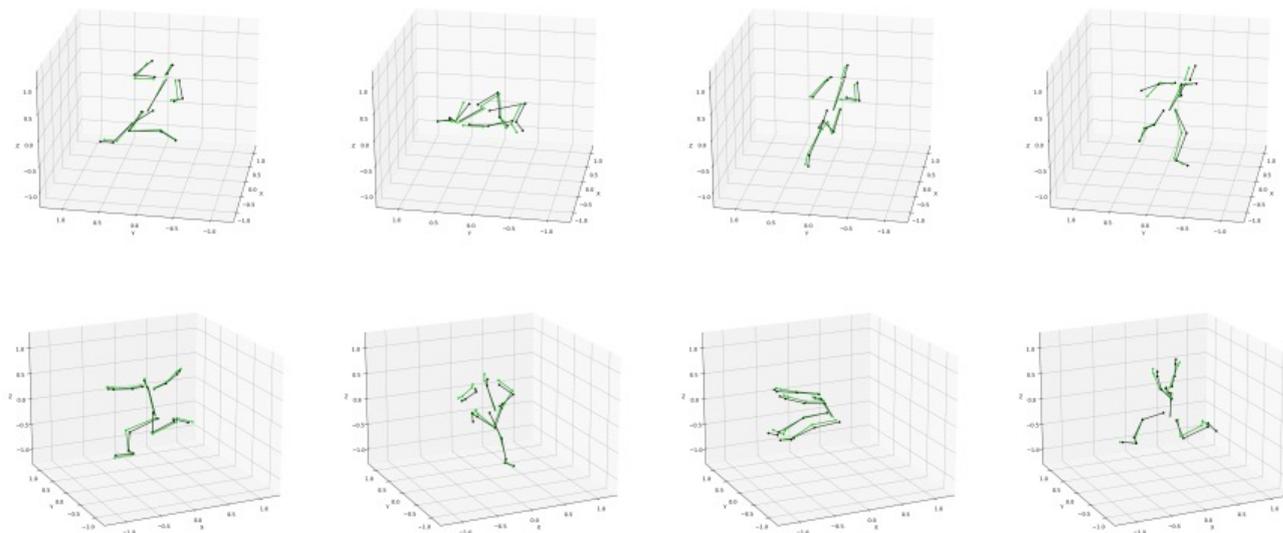


Abb. 4: Beispiel der geschätzten (grün) und der annotierten (schwarz) Trajektorie aus absoluten 3D Posen eines Hochspringers mithilfe von zwei Kameraansichten.

Torso, Kopf und Beinen im Allgemeinen besser lokalisiert als an Armen und Füßen. Die größten Abweichungen sind für die Endpunkte der Gliedmaßen (Handwurzel, Fußspitze) zu erkennen.

Dennoch zeigen die Beispiele in Abb. 3, dass die relativen 3D Posen der Athleten qualitativ gut rekonstruiert wurden. Die Abweichungen sind immer vor dem Hintergrund zu interpretieren, dass hier nur eine einzige Kameraansicht zur Verfügung stand und die Kamera zwischen 10 und mehr als 60 Meter vom Athleten entfernt war.

Durch Hinzunahme einer zweiten Kameraansicht konnten die 3D Posen einerseits genauer und andererseits absolut im Raum geschätzt werden (siehe Abb. 2b). Die durchschnittliche Abweichung im absoluten 3D Raum betrug dabei zwischen 53mm und 55mm für die beiden Disziplingruppen, wobei die Abweichung für Kopf, Torso und Beine im Mittel noch geringer war. Dies entspricht einer Verbesserung um mehr als 10mm gegenüber der Einzelkamaraschätzung. Gleichzeitig konnte nun auch die gesamte absolute Trajektorie der Athleten durch den Raum rekonstruiert werden. Das Beispiel in Abb. 4 zeigt, dass qualitativ nur marginale Abweichungen zwischen geschätzten und annotierten 3D Posen auftraten.

4 Diskussion

Die Auswertung zeigt, dass bereits mit dieser ersten entwickelten Version von Deep3DAthletics eine vollautomatische Rekonstruktion der 3D Posen in der Leichtathletik möglich ist. Die gemessenen Abweichungen zwischen 50 und 60mm liegen dabei im Rahmen dessen, was mit dem verfügbaren Datenbestand und der Güte der 2D und 3D Annotationen zu erwarten war. Qualitativ zeigt sich, dass die 3D Posen der Athleten sehr gut erfasst werden, gerade unter Verwendung von zwei Kameraansichten. Die zusätzliche Option der relativen 3D Posenschätzung aus nur einer Kamera stellt eine vollkommen neue Art der 3D Erfassung dar. Insgesamt steht mit Deep3DAthletics ein flexibles und

vollkommen automatisiertes Hilfswerkzeug zur Verfügung, welches die 3D Posenschätzung in der Leichtathletik vereinfacht, beschleunigt und damit den Einsatz in viel größerem Umfang als bisher ermöglicht. Das System wurde für den Praxiseinsatz bereits an die Olympiastützpunkte Hessen und Stuttgart übergeben und wird derzeit vor Ort evaluiert. Eine Erweiterung zu anderen Sportarten ist darüber hinaus denkbar.

5 Literatur

- Moritz Einfalt, Katja Ludwig, and Rainer Lienhart. „Uplift and Upsample: Efficient 3D Human Pose Estimation with Uplifting Transformers.“ *Proceedings of the IEEE/CVF Winter Conference on Applications of Computer Vision*, 2023.
- Ce Zheng, et al. „3D human pose estimation with spatial and temporal transformers.“ *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*, 2021.
- Bowen Cheng, et al. „HigherHRNet: Scale-aware representation learning for bottom-up human pose estimation.“ *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*. 2020.

Reflect yourself - Reflexives Coach-the-Coach im Para-Tischtennis

AZ: 072030/22

Thorsten Leber (Projektmitarbeiter), Oliver Höner (Projektleitung)

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

1 Problem

Trainer:innen handeln setzt exzellentes und breit gefächertes fachliches Wissen und Können voraus. Es gibt wahrscheinlich kein Rollenprofil im Leistungssport, das ein größeres Spektrum an Fähigkeiten und Fertigkeiten einfordert, als das von Trainer:innen. Innerhalb dieses Spektrums die richtigen Prioritäten zu setzen, ist denkbar schwierig. Der sportliche Erfolg als das wesentliche und häufig dominierende Evaluationskriterium gibt zwar eine Richtung vor; diese ist aber für die Überprüfung der Qualität der Zusammenarbeit von Trainer:innen und Athlet:innen nur bedingt hilfreich.

Dennoch gilt die Qualität einer Trainer:in-Athlet:in-Beziehung als wichtige Basis für erfolgreiches Arbeiten bzw. Zusammenarbeiten im Leistungssport (Wachsmuth et al., 2021). Daraus ergibt sich unmittelbar nach der Klärung der inhaltlichen Prioritäten schon die nächste Herausforderung für Trainer:innen: Es gilt Beziehungen in geeigneter Art und Weise zu gestalten, damit die intendierten Impulse (z. B. Ziele, Korrekturen, Taktik, Motivationsversuche) erfolgreich gesetzt werden können. Neben breit gefächertem Wissen spielt folglich Kommunikations- bzw. im weiteren Sinne Sozialkompetenz eine wichtige Rolle. Ab einem gewissen Niveau sind allgemeine fachliche und methodische Empfehlungen für die persönliche Weiterentwicklung von Trainer:innen jedoch nur noch bedingt hilfreich und die relevanten Kompetenzen sollten ergänzend durch reflexive Prozesse weiterentwickelt werden (Knörl, 2014; Mead et al., 2016).

Bei der im Rahmen dieses Projekts adressierten Zielgruppe von Para-Tischtennis-Trainer:innen

im paralympischen Sport war zu Projektbeginn eine grundlegende, teilweise auch eine fortgeschrittene, Kommunikations- und Sozialkompetenz bereits gegeben. Um Entwicklungspotenziale weiter auszuschöpfen, sollte das hier vorgestellte Projekt die Selbst-Reflexion mithilfe eines personenzentrierten Coach-the-Coach-Ansatzes vorantreiben. Basierend auf verschiedenen Reflexionsgrundlagen und -methoden sollte den Trainer:innen die Möglichkeit gegeben werden, auf einem fortgeschrittenen Niveau Kommunikations- und Interaktionsverhalten kritisch zu hinterfragen und konstruktiv weiterzuentwickeln. Die Trainer:innen sollten in die Lage versetzt werden, zukünftig geeignet erscheinende Interaktionsstrategien bewusster auszuwählen und einzusetzen. Fünf hauptberufliche Coaches sowie zwei Honorartrainer:innen im Umfeld des Paralympischen Kaders (PAK), des Perspektivkaders (PK) und des Nachwuchskaders (NK1) hatten die Möglichkeit, dieses Angebot zu nutzen. Dieser Personenkreis war im Projektzeitraum unmittelbar verantwortlich für die Betreuung und Entwicklung von ca. 30 Spieler:innen.

2 Methoden

Vorüberlegungen

Wie im Rahmen der Problemstellung bereits dargelegt, gilt die Wettkampfleistung von Athlet:innen aus dem Selbstverständnis des Leistungssports heraus als ein unumgängliches externes Validitätskriterium. Da dieses ergebnisfokussierte Kriterium jedoch nur bedingt zur Evaluation einzelner, konkreter Interaktionen zwischen Trainer:in und Athlet:in geeignet ist, ist es sinnvoll, zusätzlich prozessorientierte Kriteri-

| Perspektive | Kriterien |
|---|---|
| Kommunikationsziele (Borggrefe & Cachay, 2015; Borggrefe et al., 2016a–d) | <ul style="list-style-type: none"> • Verständigung sichern • Herstellung von Kooperation • Regulierung von Widersprüchen und Konflikten • Koordination unterschiedlicher Handlungslogiken |
| Führungsstil bzw. intendierte Kommunikationskultur (Chiu et al., 2016) | <ul style="list-style-type: none"> • Training und Instruktion • Demokratisches Verhalten bzw. Autokratisches Verhalten • Soziale Unterstützung • Positives Feedback |
| Kommunikationsprozess (Schindler et al., 2020) | <ul style="list-style-type: none"> • zielgerichtet und strukturiert • aktivierend und offen • interaktiv und kumulativ • unterstützend und nachhaltig |
| Selbstverständnis (Hermann & Schmidt, 2003) | <ul style="list-style-type: none"> • Selbstakzeptanz • Individualität • Echtheit • unaufdringliche Selbstsicherheit und Wertschätzung • Achtsamkeit |

en zu berücksichtigen. Im vorliegenden Kontext soll die reflexive Auseinandersetzung mit beobachteten bzw. aufgezeichneten Coaching-Situationen dazu herangezogen werden. Dadurch wird ein systematischer Abgleich der Innen- und Außenperspektive und damit einhergehend das systematische Schließen von blinden Flecken ermöglicht (Hermann & Schmidt, 2003).

Um den Teilnehmenden eine Orientierung bzgl. eines potenziellen Themenspektrums bei diesem Reflexionsprozess zu geben, wurden die Ergebnisse mehrerer Arbeiten genutzt, die sich mit Coaching und Kommunikation im Leistungskontext auseinandergesetzt haben (siehe Tabelle 1).

Transferstrategie in die Praxis

Als Grundlage des Coachingprozesses wurde neben den unvermeidlich vorhandenen subjektiven Wahrnehmungen der an einer Interaktion beteiligten Personen digitales Ton- und Videomaterial genutzt. Der Bereich Spielanalyse im Para-Tischtennis, der vor wenigen Jahren aus BISp-geförderten Projekten heraus entstanden ist (u.a. Fuchs et al., 2019; Link et al., 2018), verfügte zu Projektbeginn bereits über eine gut bestückte Spieldatenbank, die für die hier vorliegende Problemstellung genutzt werden konnte. Dazu zählten insbesondere aufgezeichnete Spiele des Paralympics-Turniers 2021; diese wurden im Projektzeitraum durch Video- und Tonmate-

rial um insgesamt 34 Spiele aus vier Weltranglistenturnieren ergänzt, von denen 25 Spiele systematisch ausgewertet wurden.

Die Auswahl der Spiele folgte durch Vorschläge der Projektmitarbeitenden oder der teilnehmenden Trainer:innen. Für die Vorbereitung der Reflexion zeigte sich vor allem das Audiomaterial als relevant; das Videomaterial diente mit zunehmender Routine vor allen Dingen dem Abgleich von Erinnerungen mit bestimmten Spielsituationen oder dem gezeigten Spieler:innen- bzw. Trainer:innen-Verhalten. Teilweise wurde auch Material im Training aufgezeichnet, aufgrund geringer Nachfrage und begrenzter Projektkapazitäten wurde dieses Material jedoch nicht systematisch ausgewertet.

Die Durchführung von Reflexionsmaßnahmen erfolgte bei der nächstmöglichen zentralen Maßnahme nach dem jeweiligen Match oder im Rahmen von abgestimmten dezentralen Terminen. Um die persönliche Relevanz der Reflexionsthemen zu verdeutlichen, wurden die Reflexionen als Bestandteil der Vorbereitung auf die Weltmeisterschaft im November 2022 angeboten. Dadurch ergab sich in den Gesprächen ein zukunftsorientierter Fokus, der den Teilnehmenden dabei geholfen hat, aus einer rein analysierenden Haltung in eine lösungs- und zukunftsorientierte Reflexion zu finden (sinng-

mäß: „Was bedeutet das für mein Coaching bei der Weltmeisterschaft?“). Daraus konnten sich Erkenntnisse auf einer sehr allgemeinen Ebene ergeben („Ich werde versuchen, meine Redean-teile zu verringern.“) oder aber auch sehr perso-nenspezifische („Spieler XY zeigt immer wieder, dass er das Spiel selbst gut lesen kann. Es genügt ihm, wenn ich die richtigen Fragen stelle.“).

Das Reflexions-Setting war in der deutlichen Mehrzahl der Fälle ein Zweiergespräch zwischen Sportpsycholog:in und Trainer:in. Die Dauer eines einzelnen Termins variierte zwischen 30 und 90 Minuten. Sofern organisatorisch mög-lich, waren die jeweiligen Gesprächsbeteilig-ten dahingehend vorbereitet, dass sie sich im Vorfeld bereits mit dem Bild- und Tonmaterial vertraut gemacht und relevante Szenen vorge-merkt hatten. Reflexionen wurden aus organisa-torischen Gründen teilweise über mehrere Ter-mine verteilt. In Einzelfällen wurde auf Wunsch der jeweiligen Trainer:innen der Spieler bzw. die Spielerin des jeweiligen Matches ebenfalls zur Reflexion eingeladen. Die Möglichkeit der Inter-vention wurde im Zuge der durchgeführten Maß-nahmen nicht systematisch genutzt.

3 Ergebnisse und Evaluation

Die Maßnahmen sollten insbesondere in der Selbstwahrnehmung der Trainer:innen eine Verbesserung der Kommunikations- und In-teraktionsqualität bewirken. Im Sinne einer allgemeinen Evaluation sportpsychologischer Interventionen wurden die Skalen des Instru-ments „Qualitätssicherung 17“ (QS17; Kleinert & Ohlert, 2014) verwendet. Ergänzt wurde eine weitere Skala, deren Items sich speziell mit dem Themenschwerpunkt des Projekts auseinander-gesetzt haben. Diese berücksichtigte beispiele-weise den subjektiv empfundenen Mehrwert und die Qualität der Umsetzung. Darüber hi-naus wurden zwei offene Antwortfelder zum Themenschwerpunkt und zwei weitere zum sportpsychologischen Betreuungsbedarf allge-mein angeboten. Adressiert wurden lediglich

teilnehmende Trainer:Innen. Spieler:innen, die mit den Coaches zusammengearbeitet hatten, wurden im Rahmen der Evaluation nicht berück-sichtigt. An der Befragung haben insgesamt sechs Trainer:innen auf freiwilliger Basis teilgenommen.

In den Rückmeldungen wurde das Betreu-ungsverhältnis zwischen mitarbeitenden Sportpsycholog:innen und Teilnehmenden im Mittel mit $M = 3.86$ ($SD = 0.10$) bewertet.¹ Die Einschätzung, dass durch die Zusammenarbeit relevante Fähigkeiten und Fertigkeiten verbes-sert werden konnten, lag bei $M = 3.28$ ($SD = 0.53$). Positive Auswirkungen auf persönliches Wohl-befinden und Wettkampfleistung wurden mit $M = 3.70$ ($SD = 0.33$) bewertet. Die eigens für die-ses Projekt generierte Skala zur Bewertung der durchgeführten Interventionen und verwen-de-ten Methoden zur Reflexion wurde mit $M = 3.61$ ($SD = 0.29$) bewertet. Damit kann festgehalten werden, dass das Projekt bzw. die durchgeführ-ten Interventionen von den Teilnehmenden als positiv und zielführend angesehen wurden.

Im Rahmen der qualitativen Rückmeldungen gab es keine als negativ oder kritisch zu be-wertenden Inhalte. Verbesserungsvorschläge bezogen sich entweder auf themenbezogene Ergänzungen oder allgemeinen sportpsycho-logischen Bedarf. Geäußerte Wünsche nach Möglichkeiten zur Selbstreflexion, nach mo-derierten Reflexionen unmittelbar nach Mat-chende sowie Maßnahmen zur Kommunikati-on allgemein knüpfen dabei unmittelbar an die Schwerpunkte dieses Projekts an. Die Formu-lierungen der Rückmeldungen liefern Hinwei-se darauf, dass für den Mehrwert der Reflexion nicht in erster Linie die Wahl der gewählten Themen relevant war, sondern die Tatsache, dass die Teilnehmenden eine professionell un-terstützte Möglichkeit erhielten, ihre Vorge-hensweise weiterzuentwickeln.

¹ Skala: 1 „trifft gar nicht zu“ bis 4 „trifft voll zu“.

4 Diskussion

Die Ergebnisse der Evaluation deuten darauf hin, dass die teilnehmenden Trainer:innen auf unterschiedlichen Ebenen von den durchgeführten Maßnahmen zur Reflexion profitieren konnten. Bezogen auf die Wahrnehmung der adressierten Zielgruppe kann eine gute bis sehr gute Bewertung festgehalten werden. Auch wenn dies im Rahmen der Evaluation nicht explizit thematisiert wurde, darf vermutet werden, dass die Effekte der Maßnahmen auch von Vertrauen und Routinen profitieren konnten, die sich zwischen Teilnehmenden und beteiligten Sportpsycholog:innen vorher bereits über mehrere Jahre entwickeln konnten. Da die Evaluation nach der Weltmeisterschaft im November 2022 stattgefunden hat, darf zumindest angenommen werden, dass in diese Bewertung auch die Einschätzung der Trainer:innen einfließt, dass sie beim Saisonhöhepunkt bereits unmittelbar von den Angeboten profitieren konnten. Der Wunsch nach anknüpfenden Maßnahmen ist gegeben. Die systematische Analyse von Bild- und insbesondere Tonmaterial war bei den gegebenen Vorerfahrungen und im Rahmen der bei diesem Projekt vorhandenen technischen Mitteln sehr zeitaufwändig. Um vergleichbare Angebote auf Dauer regelmäßig anbieten zu können, erscheint es sinnvoll, diese Prozesse technisch, methodisch und inhaltlich zu straffen. Dieser Optimierungsprozess erfordert jedoch nicht nur sportpsychologische, sondern auch disziplinübergreifende Expertise und Zusammenarbeit. Um die Möglichkeit der selbstreflexiven Spielanalyse für die Praxis dennoch aufrecht zu erhalten, wurde den teilnehmenden Trainer:innen auch im Nachgang des Projekts Zugriff auf die verwendete Hardware ermöglicht, um selbständig ausgewählte Spiele aufzeichnen und auswerten zu können.

Abschließend darf festgehalten werden, dass die hier umgesetzte Vorgehensweise mit leichten Modifikationen Transferpotenzial in andere Sportarten hat. Das gilt insbesondere für Rückschlagspiele. Anpassungsbedarf sollte ggf. neben sportartbezogenen Modifikationen vor allem bezüglich der organisatorischen Rahmenbedingungen, insbesondere des jeweiligen Wettkampf- und Lehrgangsettings, geprüft werden.

5 Literatur

- Borggrefe, C., & Cachay, K. (2015). Kommunikative Anforderungen an Trainer im Spitzensport – Ein systemtheoretischer Analyserahmen. In C. Borggrefe & K. Cachay (Hrsg.), *Kommunikation als Herausforderung. Eine theoretisch-empirische Studie zur Trainer-Athlet-Kommunikation im Spitzensport* (S. 9-61). Schorndorf: Hofmann.
- 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., & Bahlke, S. (2016b). „Die Ansagen sind total falsch!“ Konflikte in der Trainer-Athlet-Kommunikation. *Leistungssport*, 46(3), 35-41.
- Borggrefe, C., Cachay, K., & Bahlke, S. (2016c). Macht und Vertrauen. Steuerungsstrategien von Trainern im Spitzensport. *Leistungssport*, 46(2), 41-47.
- Borggrefe, C., Cachay, K., & Bahlke, S. (2016d). „Soweit alles klar jetzt?“ Zum Problem gelingender Verständigung in der Trainer-Athlet-Kommunikation. *Leistungssport*, 46(1), 45-50.
- Chiu, W., Rodriguez, F. M., & Won, D. (2016). Revisiting the Leadership Scale for Sport: Examining factor structure through exploratory structural equation modeling. *Psychological Reports*, 119(2), 435-449.
- Fuchs, M., Faber, I., & Lames, M. (2019). Game characteristics in elite para table tennis. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 49(3), 251-258.
- Hermann, H.-D., & Schmid, R. (2003). *Reden wie die Profis. Die perfekte Rede im Beruf*. Freiburg, Berlin, München: Haufe,

Kleinert, J., & Ohlert, J. (2014). QS17 – Qualitätssicherung 17 (Befragungsinventar zur Erfassung der Betreuungsqualität). Tests Info.

Knörl, S. (2014). Die Förderung von Selbstreflexion im Coaching. Eine qualitative Untersuchung über die Ermöglichung von selbstreflexivem Lernen in Coachingprozessen. Saarbrücken: AV Akademikerverlag.

Link, D., Fuchs, M., & Ziegler, V. (2018). Spielanalyse Paratischtennis. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), BISP-Jahrbuch Forschungsförderung 2017/18 (S. 95-97). Hallenthal: Sportverlag Strauß.

Mead, S., Spencer, K., & Kidman, L. (2016). Video self-reflection and coach development in New Zealand. *Asia-Pacific Journal of Health, Sport and Physical Education*, 7(2), 139-156.

Schindler, A.-K., Böheim, R., Weil, M., Gröschner, A., & Seidel, T. (2020). Videoinstrument „Dialogische Unterrichtsgesprächsführung“ – Auswertung der Unterrichtsvideos. In M. Weil, A. Gröschner, A.-K. Schindler, R. Böheim, D. Hauk & Z. Seidel (Hrsg.), *Dialogische Gesprächsführung im Unterricht – Interventionsansatz, Instrumente und Videokodierungen* (S. 18-52). Münster: Waxmann.

Wachsmuth, S., Weise, M., Jowett, S., & Höner, O. (2021). Die Trainer-Athlet-Beziehung: Grundstein zum Erfolg? *Leistungssport*, 51(1), 4-11.

Entwicklung eines Systems zur Messung von Kräften und Kraftverteilungen an einem Wurfstuhl für den paralympischen Wurf und Stoß – FORCEAT

AZ: 072047/22-23

Nils Wieja¹, Philip Johannes Steinbild¹, Tom Ehrig¹, Julia Roediger² & Niels Modler¹ (Projektleiter)

¹Technische Universität Dresden, Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik

²Institut für Angewandte Trainingswissenschaft

1 Problem

Beim paralympischen Wurf und Stoß im Sitzen kommen Wurfstühle zum Einsatz, die definierten Regularien unterliegen (World Para Athletics, 2020). Um zukünftig international konkurrenzfähig zu bleiben, ist es wichtig, die Wurftechnik zu verbessern und somit eine Leistungssteigerung bei den paralympischen Kaderathletinnen und -athleten zu bewirken. Beim stehenden Wurf und Stoß kann hierzu unter anderem auf Messsysteme zur Bestimmung von Reaktivkräften am Boden zurückgegriffen werden. Diese Systeme stehen in den sitzenden Startklassen aufgrund der Verwendung von Wurfstühlen nur eingeschränkt zur Verfügung. Um eine äquivalente sportwissenschaftliche Unterstützung im sitzenden Wurf und Stoß zu ermöglichen, wurde am Institut für Angewandte Trainingswissenschaft (IAT) ein verstellbarer Wurfstuhl entwickelt, der eine individuelle Optimierung der Sitzposition ermöglicht und als Messinstrument für wissenschaftliche Fragestellungen dient. Neben den kinematischen Parametern (wie z.B. Abflugwinkel, Abfluggeschwindigkeit des Wurfgerätes, Geschwindigkeit, Beschleunigung und Winkel einzelner Körpersegmente) sollen zur Aufklärung und Verbesserung der Technik auch die Reaktionskräfte, welche an der Haltestange und der Sitzfläche wirken, gemessen werden. Auf Basis dieser objektiven Messgrößen soll analog zu den Reaktivkraftmessungen in den stehenden Wurf- und Stoßdisziplinen eine Sitzplatzoptimierung vorgenommen sowie die Technik aufgeklärt und verbessert werden. Eine Vernetzung des Sportgerätes mit der Dateninfrastruktur des IAT durch eine Live-Übertragung der Messdaten bietet

zudem einen Mehrwert für eine Vielzahl von Nutzenden, von Aktiven und Übungsleitenden über Forschende bis hin zum Publikum bei Wettkämpfen (Höhne et al., 2018).

2 Ansatz und Vorgehensweise

Zur Realisierung des Messsystems wurden zwei unabhängig voneinander operierende Subsysteme für die Kraftmessung an der Haltestange und an der Sitzfläche entwickelt. An der Haltestange werden hierbei die aufgebrauchten Kräfte in horizontaler Richtung gemessen, wobei die Haltestange selbst als Verformungskörper verwendet wird. Die bei Krafteinwirkung zwangsläufig auftretenden Verformungen bewegen sich dabei im Submillimeterbereich und sind somit im Einklang mit dem Reglement von außen nicht erkennbar. Mit geeigneten Dehnungsmessstreifen (DMS) sind aber auch diese kleinen Verformungen zur Kraftmessung nutzbar (Steinbild et al., 2020). Die Positionierung der DMS ist dabei von entscheidender Bedeutung, da die auftretenden Dehnungen über die Struktur hinweg variieren. Um eine optimale Positionierung zu erreichen, wurde das Verformungsverhalten der Haltestange für unterschiedliche Belastungsszenarien simuliert und aus den Ergebnissen die Anordnung der DMS abgeleitet, welche in Abb. 1a dargestellt ist. An zwei Messstellen werden jeweils die Biegedehnungen der Haltestange längs und quer zur Wurfriechtung gemessen. Zur Berücksichtigung von Material- und Fertigungstoleranzen wurden nach dem Aufbau des Messsystems Kalibrierungsmessungen unter statischer Kraftbelastung

durchgeführt. Aus den hierbei unter definierten statischen Belastungen gemessenen Dehnungen wurden die Berechnungsgrößen zur Bestimmung der angreifenden Kraft ermittelt.

Zur Messung der Vertikalkraft auf der Sitzfläche und zur Bestimmung des Kraftangriffspunkts wurde die Sitzfläche an drei Punkten auf Kraftaufnehmern vom Typ HBM-U9C gelagert, welche jeweils die auftretenden Vertikalkräfte messen. Die Kraftaufnehmer wurden hierzu mithilfe von Adapterplatten wie in Abb. 1b dargestellt in den am IAT entwickelten Wurfstuhl integriert. Um die Messgenauigkeit zu erhöhen, wurden die Kraftaufnehmer mithilfe von Kupplungselementen von Biegemomenten entkoppelt. Die auf die Sitzfläche aufgebrachte Vertikalkraft ergibt sich aus der Summe der Kräfte an den drei Messstellen, anhand der Geometrie der Aufhängung und dem Verhältnis der Kraftwerte lässt sich zudem der Angriffspunkt der Vertikalkraft berechnen.

Die Auswerteelektronik wurde für beide Subsysteme analog aufgebaut und besteht jeweils aus einer Messverstärkereinheit mit Analog-Digital-Wandler und einer Auswerteeinheit, welche die Energieversorgung der Messsysteme und die Messdatenverarbeitung beinhaltet. Die digitalisierten Messwerte werden von den Auswerteeinheiten kabellos an einen Messrechner übertragen, wo sie weiterverarbeitet und gespeichert werden. Die Nutzungsperspektiven des Messsystems mit seinen Einzelkomponenten sind in Abb. 2 schematisch dargestellt. Eine Live-Darstellung der Messergebnisse ermöglicht der Trainingsleitung, den Werfenden bzw. Stoßenden ein unmittelbares Feedback zu geben. Zur tiefgreifenden Analyse durch die Forschenden des IAT können die Messdaten exportiert und entsprechend weiterverarbeitet werden.

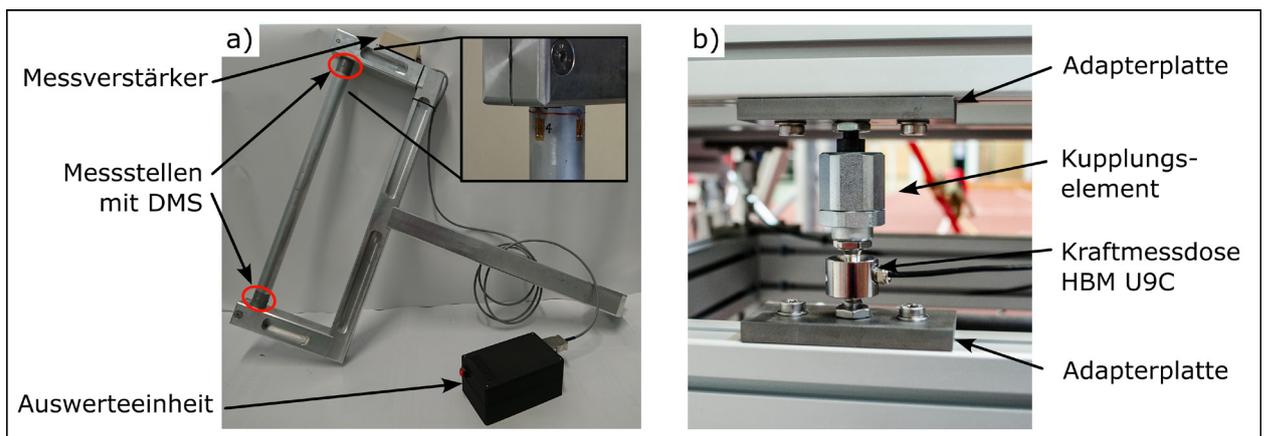


Abb. 1: Integration der Messsysteme in den Wurfstuhl: a) Anordnung der Messstellen und Systemkomponenten an der Haltestange und Detailansicht einer Messstelle; b) Kraftaufnehmer zwischen Sitzfläche und Gestell.

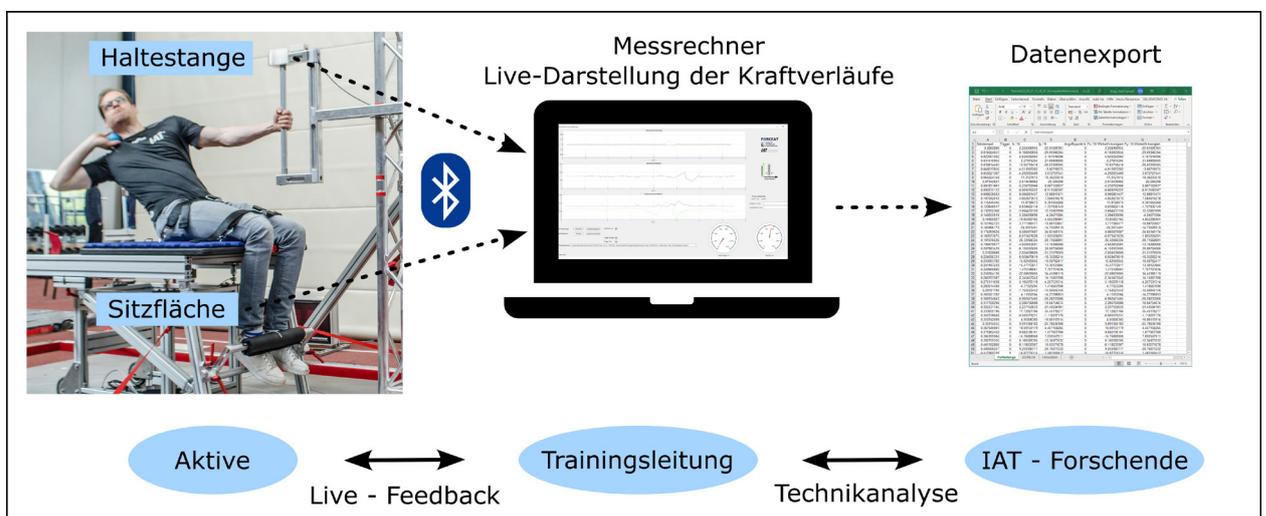


Abb. 2: Komponenten und Nutzungsperspektiven des entwickelten Messsystems.

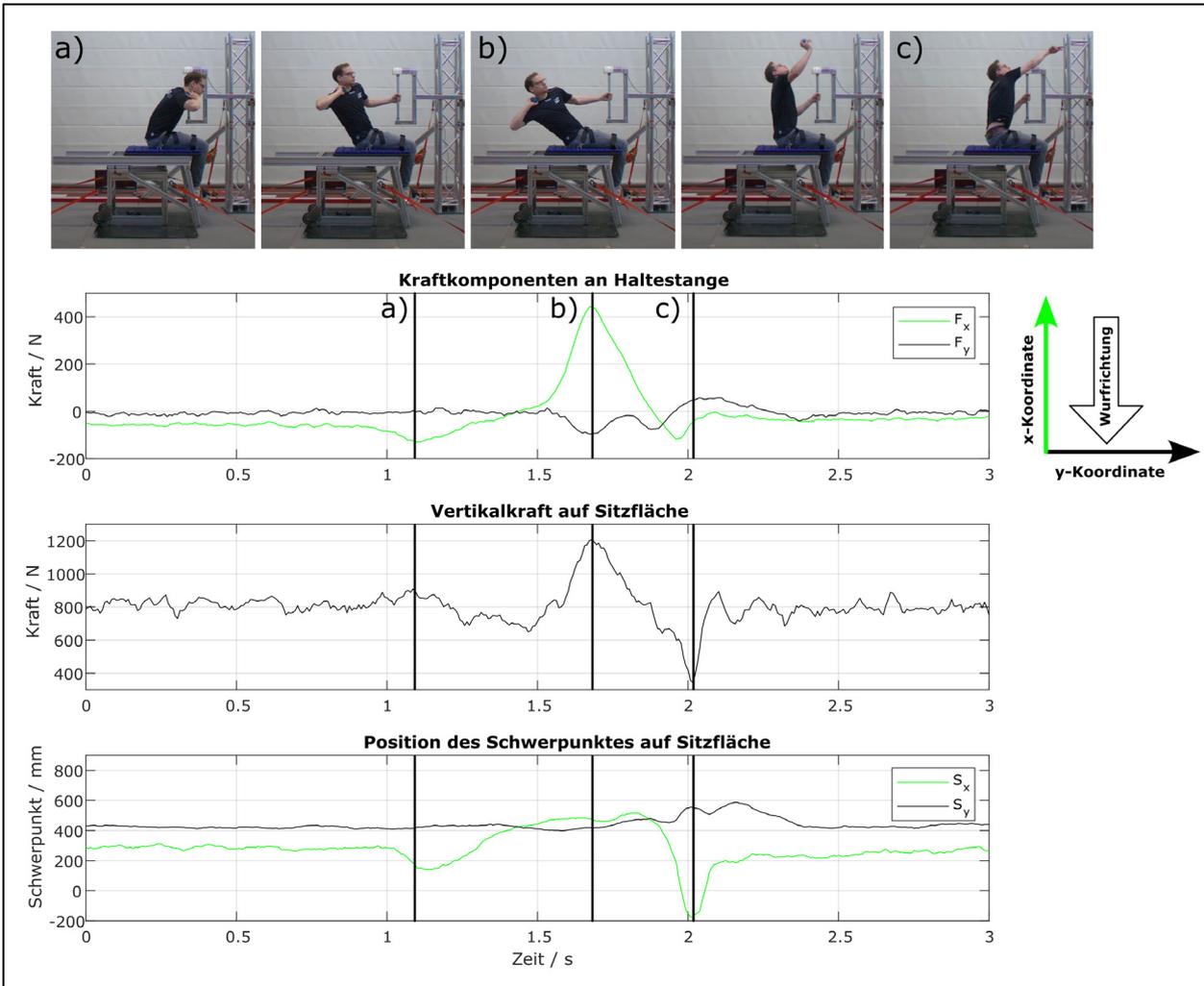


Abb. 3: Bewegungsablauf eines sitzenden Stoßes und die zugehörigen Messdaten, welche mit dem entwickelten Messsystem aufgenommen wurden.

3 Ergebnisse

Nach dem Aufbau des Messsystems und der Integration in den Wurfstuhl wurde ein grundlegender Funktionstest vorgenommen. Hierzu wurden Stöße aus der sitzenden Position unter Zuhilfenahme der Haltestange durchgeführt und die resultierenden Kraftverläufe mit dem Messsystem aufgezeichnet. In Abb. 3 ist die Bildfolge eines Stoßes und die dazugehörigen Kraftverläufe, welche mit dem FORCEAT-Messsystem aufgezeichnet wurden, dargestellt. Mit dem entwickelten Messsystem konnten für den durchgeführten Teststoß charakteristische Zeitpunkte im Verlauf der Stoßbewegung identifiziert werden. Die beschriebenen Punkte a), b) und c) sind in Abb. 3 markiert.

1. Zu Beginn der Ausholbewegung beschleunigt die Testperson den Oberkörper unter

Zuhilfenahme der Stange entgegen der Wurfrichtung. Die Testperson drückt dabei die Stange in Wurfrichtung und F_x wird negativ (oberstes Diagramm). Die Schwerpunktkoordinate S_x (unterstes Diagramm) zeigt zu Beginn der Ausholbewegung eine kurzzeitige Verlagerung des Angriffspunktes nach vorne und anschließend mit der Oberkörperbewegung eine Verschiebung hinter die Ausgangslage.

2. Die maximale Kraft F_x auf die Haltestange wird von der Testperson am hinteren Umkehrpunkt der Ausholbewegung aufgebracht und bewirkt ein Beschleunigen und Aufrichten des Oberkörpers. Zeitgleich tritt infolge der Aufrichtungsbewegung auch ein Maximum der Vertikalkraft auf der Sitzfläche (mittleres Diagramm) auf.

Das Abfangen des Oberkörpers nach dem Abstoß (F_x wird wieder negativ) zeigt sich insbesondere in einer kurzzeitigen Schwerpunktverlagerung nach vorne sowie einem Minimum der Vertikalkraft auf der Sitzfläche. Sind die Aktiven mittels Gurten auf der Sitzfläche fixiert, ist hierbei auch eine Verlagerung von S_x vor die Vorderkante der Sitzfläche möglich. Mit entsprechender experimenteller Validierung lassen sich aus Schwerpunktverlagerung und Vertikalkraftverlauf zukünftig Indizien für das regelwidrige „Lifting“ (Abheben während des Stoßes/Wurfs) ableiten, sodass das entwickelte Messsystem perspektivisch auch zur Unterstützung des Schiedsgerichtes bei derartigen Entscheidungen herangezogen werden könnte.

4 Diskussion und Ausblick

Das entwickelte Messsystem ermöglicht erstmalig die Untersuchung der Kräfte, welche beim sitzenden Wurf und Stoß auf die Haltestange und Sitzfläche eines Wurfstuhls wirken. Das Messsystem erlaubt dabei die Erfassung von horizontalen Längs- und Querkräften an der Haltestange sowie der auf die Sitzfläche des Wurfstuhls wirkenden Vertikalkraft und von deren Angriffspunkt. Die vorgenommenen Testmessungen von sitzenden Stößen zeigen, dass sich im Verlauf einer Stoßbewegung charakteristische Kraftverläufe ergeben, welche mit dem FORCEAT-Messsystem aufgezeichnet werden können. Das Messsystem kann somit die Grundlage für eine Vielzahl von sportwissenschaftlichen Analysen bilden, um die Technik der Athletinnen und Athleten beim sitzenden Wurf und Stoß hinsichtlich der Kraftverläufe zu vergleichen, zu analysieren und Leistungssteigerungen durch Technikverbesserungen zu bewirken. Perspektivisch ermöglicht die Messung der Vertikalkraft auf der Sitzfläche zudem eine Unterstützung des Schiedsgerichtes bei der Entscheidung, ob bei einem Wurf oder Stoß ein Regelverstoß durch Lifting vorliegt.

Umfassende Messreihen mit Aktiven werden nach Abschluss des Forschungsvorhabens im Rahmen von sportwissenschaftlichen Untersuchungen am IAT durchgeführt. Anhand der in

diesem Rahmen erlangten Ergebnisse können erweiterte Anforderungen für zukünftige Entwicklungsstufen des Messsystems formuliert werden. Diese könnten beispielsweise eine Erweiterung um zusätzliche Kraftkomponenten und die Einbindung in das am IAT vorhandene System zur Videobildanalyse beinhalten, sodass einzelne Kraftmesswerte direkt den aufgenommenen Videoframes zugeordnet und visualisiert werden können.

5 Literatur

- Höhne, R., Steinbild, P. J., Modler, N., Schürer, A., & Wilhelm, A. (2018). Cyber-physische Systeme im Leistungssport auf der Basis vernetzter Sportgeräte. Anwendungsfall Skistock im Projekt SmaPole. In I. Fichtner (Ed.): *Technologien im Leistungssport* (3. Tagungsband zur 19. Frühjahrsschule am 14./15. Mai 2018 in Leipzig). Meyer & Meyer Verlag.
- Steinbild, P.J., Hentschel, U., Schwaar, A., Dannemann, M., Modler, N., Schürer, A., & Wilhelm, A. (2020). Strain-based monitoring system for ski poles with low impact on their total mass and inertia. *Procedia Manufacturing*, 52, 187–192. [https://DOI: 10.1016/j.promfg.2020.11.033](https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.11.033)
- World Para Athletics (2020). *Rules and Regulations 2020-2021*. Bonn: World Para Athletics.

Sozial- und Verhaltenswissenschaft



Entwicklung und Evaluation eines wertebasierten Dopingpräventionsprogramms im Nachwuchsleistungssport – Projekt No2Doping

AZ: 070301/19-21

Theresa Manges, Nadja Walter & Anne-Marie Elbe (Projektleitung)

Universität Leipzig, Sportwissenschaftliche Fakultät, Professur für Sportpsychologie

1 Problemstellung

Um die Wahrscheinlichkeit von Doping zu minimieren, ist der Einsatz von evaluierten Dopingpräventionsprogrammen – bereits im Nachwuchsleistungssport – von höchster Bedeutung. Bisherige Präventionsarbeit im deutschsprachigen Raum beschränkte sich größtenteils auf die Vermittlung von Faktenwissen zum Thema Doping, wie beispielsweise zu den gesundheitlichen und rechtlichen Folgen von Doping. Jedoch scheint eine reine Wissensvermittlung nicht auszureichen, um Dopingabsichten und tatsächliches Dopingverhalten von Athlet:innen zu verringern (Backhouse, 2015). In dem International Standard of Education (ISE, WADA, 2021) hebt die World Anti-Doping Agentur die Notwendigkeit von Dopingpräventionsprogrammen, welche über die Vermittlung von Wissen und Fakten hinausgehen und einen wertebasierten Ansatz verfolgen, hervor. Ziel des No2Doping-Projektes war es daher, ein Interventionsprogramm zu entwickeln, welches Werte und moralische Variablen, die empirisch mit Doping assoziiert sind, in den Vordergrund stellt und diese gezielt adressiert.

2 Theoretischer und empirischer Hintergrund

Die Forschung legt nahe, dass sowohl persönliche moralische Variablen als auch das soziale Umfeld betreffende moralische Variablen in Präventionsmaßnahmen mit einbezogen werden sollten (Ntoumanis et al., 2014; Kavussanu et al., 2015). Dies geht einher mit der sozial-kognitiven Theorie Banduras (1991), welche oftmals zur Erklärung von Dopingverhalten herangezogen

wird (z.B. Boardley et al., 2017; Kavussanu et al., 2022). Sie sagt aus, dass das Verhalten einer Person durch moralische Standards gesteuert wird, welche wiederum durch Sozialisationsprozesse entwickelt und internalisiert werden. Wenn man entgegen den eigenen moralischen Überzeugungen handelt, verspürt man in der Regel negative Emotionen wie beispielsweise Schuld, Reue oder Scham. In Studien aus verschiedensten Sportarten konnte ein starker negativer Zusammenhang zwischen antizipierter Schuld und der Absicht bzw. Wahrscheinlichkeit, zu dopen, nachgewiesen werden (z.B. Boardley et al., 2017; Kavussanu et al., 2020). Je besser eine Person die Schuldgefühle, die mit transgressivem Verhalten wie Doping einhergehen, antizipieren kann, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass die Person des Dopings fernbleibt. Allerdings können sich Menschen in bestimmten Situationen von ihren moralischen Überzeugungen „loslösen“, um die erwarteten negativen Emotionen zu vermeiden oder zumindest zu verringern. Wie Bandura (1991) in seiner Theorie erklärt, machen Personen dazu Gebrauch von kognitiven Mechanismen, indem sie beispielsweise eigenes Dopingverhalten mit der Begründung rechtfertigen, dass alle Teammitglieder ebenfalls dopen (Verantwortungsdiffusion), oder indem sie Doping mit einem transgressiven Verhalten aus einem anderen Kontext (z.B. kriminelle Handlungen) vergleichen, um es weniger schlimm wirken zu lassen (vorteilhafter Vergleich). Diese beiden und weitere Mechanismen werden zusammen als Moral Disengagement bezeichnet. In zahlreichen Forschungsarbeiten zeigte Moral Disengagement einen positiven Zusammenhang mit Dopingabsichten (z.B. Ntoumanis et al., 2014; Kavussanu et al.,

2020). Ein weiterer Faktor der sozial-kognitiven Theorie des moralischen Handelns, welcher mit Doping in Verbindung steht, ist Empathie (Boardley et al., 2017). Je empathischer eine Person ist, desto besser kann sie die Konsequenzen des eigenen Handelns für andere absehen und desto schwieriger ist es für diese Person, sich unethisch zu verhalten. Boardley et al. (2017) fanden einen negativen prädiktiven Effekt von Empathie auf Moral Disengagement und einen positiven prädiktiven Effekt von Empathie auf antizipierte Schuld. Jedoch spielen nicht nur diese persönlichen moralischen Faktoren eine Rolle, sondern auch soziale Kontext-Faktoren sollten berücksichtigt werden. Den sozialen Kontext, in dem moralische Entscheidungen im Sport stattfinden, bildet in erster Linie das Team oder die Trainingsgruppe einer Person. Durch Interaktion unter den Gruppenmitgliedern entstehen über die Zeit hinweg kollektive Werte und Normen, die wiederum bestimmen, welche Verhaltensweisen und Handlungen als akzeptabel gelten, und so beispielsweise auch, ob Doping gebilligt wird. Wie Forschungsarbeiten zeigen, gibt es einen starken Zusammenhang zwischen kollektiven moralischen Normen bzw. der moralischen Einstellung der Gruppe und Dopingabsichten (Kavussanu et al., 2015; Manges et al., 2021b; Ntoumanis et al., 2014). Es erscheint deshalb vielversprechend, kollektive moralische Normen in die Präventionsarbeit zu integrieren und ebenfalls zu thematisieren.

Zusammenfassend zielte unser Projekt darauf ab, erstens, eine wertebasierte Intervention für jugendliche Leistungssportler:innen zu entwickeln; zweitens, die Intervention zusammen mit einer informationsbasierten Vergleichsintervention im Nachwuchsleistungssport in Deutschland und Österreich zu implementieren; drittens, adäquate Instrumente zur Erhebung der interessierenden Konstrukte zu entwickeln/adaptieren und zu validieren; und viertens, anhand derer die Effektivität der wertebasierten Intervention zu evaluieren. Für den Schritt der Effektivitätsprüfung wurden zwei Forschungsfragen formuliert: 1) Kann die wertebasierte und informationsbasierte Intervention nach Abschluss des Programms Veränderungen in den Variablen hervorrufen, verglichen mit einer Wartekon-

trollgruppe, die keine Intervention erhalten hat? Und 2) Bleiben Veränderungen in den Variablen auch zu einem Follow-Up-Zeitpunkt (3 Monate nach Beendigung der Interventionen) bestehen?

3 Methode

Interventionen

Basierend auf den dargestellten empirischen Befunden und geleitet durch die sozial-kognitive Theorie ist ein Interventionsprogramm entstanden, das darauf abzielt, antizipierte Schuld, Empathie und kollektive moralische Normen zu fördern sowie Moral Disengagement zu verringern. Die Intervention besteht aus sechs 45-minütigen Einheiten. Jede Variable wird in einer spezifischen Interventionseinheit thematisiert (Einheit 2-5), während die Einheiten 1 und 6 den Rahmen bilden. Parallel dazu wurde eine informationsbasierte Vergleichsintervention entwickelt, deren Inhalt auf dem „Gemeinsam gegen Doping“-Programm der NADA basiert und in Umfang und Art (interaktiver Charakter, z.B. durch Diskussionen, Rollenspiele, Austausch in Kleingruppen etc.) der wertebasierten Intervention gleicht. Beide Programme wurden zusammen mit zwei Ethik- und Sportlehrkräften für ein Präsenzformat konzipiert und in einer Pilotstudie getestet und anschließend optimiert. Aufgrund der pandemiebedingten Einschränkungen wurden beide Programme auf ein Online-Format (gemeinsame Zoom-Sitzungen mit Breakout-Rooms, interaktivem Whiteboard und weiteren Online-Tools) umgearbeitet und erneut pilotiert. Tabelle 1 bietet einen Überblick über die Einheiten und Inhalte der beiden Interventionsprogramme.

Studiendesign

Um die Effektivität der Interventionen zu evaluieren, wurde eine clusterrandomisierte kontrollierte Studie durchgeführt. Die Studie wurde im Vorfeld vom Ethikbeirat der Universität Leipzig geprüft. Mittels eines dreiarmligen Parallelgruppendesigns mit zwei Messzeitpunkten (Prä und Post) und drei Gruppen/Bedingungen (wertebasiert, informationsbasiert, Kontrollgruppe) wurde Forschungsfrage 1 adressiert. Forschungsfrage 2 wurde untersucht, indem

Tabelle 1: Einheiten und Inhalte der Interventionsprogramme

| | Wertebasierte Intervention | Informationsbasierte Intervention |
|---|---|---|
| 1 | Einstieg ins Thema „Doping – ja oder nein?“, Einführung einer Dilemma-Geschichte (Elbe & Brand, 2016) durch ein animiertes Video; Argumente-Diskussion (digitales Whiteboard) | Was ist Doping?: Erarbeiten einer Definition mittels Arbeitsblättern und Wahrheit-Lüge-Texten in Gruppen (Breakout-Rooms) |
| 2 | Antizipierte Schuld: Fortsetzen der Dilemma-Geschichte durch die Teilnehmenden (TN); dadurch Erarbeitung der Konsequenzen mit Fokus auf emotionaler Ebene | Verbotsliste: Kennenlernen der verbotenen Substanzen und Methoden, u.a. anhand bekannter Dopingfälle der Geschichte |
| 3 | Empathie: Ende der Dilemma-Geschichte mit Ausgang Doping der Leitfigur; Schulung der Perspektivübernahme durch Verfassen eines Briefes/Tagebucheintrags in verschiedenen Rollen (z.B. Fan, Konkurrent:in, Eltern) | Folgen von Doping: Sammeln und Kategorisieren der möglichen Folgen in rechtliche, soziale, gesundheitliche, psychologische, finanzielle Folgen |
| 4 | Moral Disengagement: Identifizieren, Hinterfragen und Umformulieren von Rechtfertigungen für Doping durch Memoryspiel, Videomaterial von Interviews mit Dopingsündern sowie Rollenspiel (Journalist vs. Dopingüberführte:r) | Dopingkontrolle: NADA-Videomaterial zu Urinkontrolle; Ausfüllen Arbeitsblatt mit einzelnen Schritten zur Anwendung des erlernten Wissens |
| 5 | Kollektive moralische Normen: Priorisierung der Werte des Sports (z.B. Respekt, Erfolg) sowie Reflektion der priorisierten Werte hinsichtlich Vereinbarkeit mit Doping; in Einzel- und Gruppenarbeit (Breakout-Rooms) | Nahrungsergänzungsmittel: Sammeln von Informationen rund um NEM durch Infotheke (NADA-Material) auf digitalem Whiteboard; anschließend Online-Quiz zu NEM |
| 6 | Zusammenfassung und Anwendung: Gelerntes aus vorherigen Einheiten wird auf neue Dilemma-Geschichte angewendet | Zusammenfassung: Erstellen eines Posters/Plakates zu dem Gelerntem der letzten Einheiten in Gruppen (Breakout-Rooms) |

Tabelle 2: Demographische Daten der Stichprobe

| | | Wertebasiert k = 14, n = 134 | Informationsbasiert k = 9, n = 114 | Kontrollgruppe k = 7, n = 73 |
|--|---------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| Alter | M (SD) | 15.59 (1.54) | 15.38 (1.67) | 15.15 (1.60) |
| Geschlecht n (%) | Weiblich | 56 (41.8%) | 38 (33.3%) | 47 (64.4%) |
| | Männlich | 77 (57.5%) | 75 (65.8%) | 26 (35.6%) |
| | Divers | 1 (0.7%) | 1 (0.9%) | |
| Sportart n (%) | Team | 30 (22.4%) | 45 (39.5%) | 38 (52.1%) |
| | Individual | 104 (77.6%) | 69 (60.5%) | 35 (47.9%) |
| Wettkampfniveau n (%) | Regional | 32 (23.9%) | 26 (22.8%) | 39 (53.4%) |
| | National | 68 (50.7%) | 75 (65.8%) | 31 (42.5%) |
| | International | 32 (23.9%) | 12 (10.5%) | 2 (2.7%) |
| | Sonstiges | 2 (1.5%) | 1 (0.9%) | 1 (1.4%) |
| Jahre im Sport | M (SD) | 7.06 (2.94) | 8.95 (2.88) | 7.55 (2.75) |
| Trainingsstunden/ Woche | M (SD) | 13.72 (4.85) | 12.11 (5.58) | 13.69 (4.20) |
| Vorherige Dopingprä- maßnahme n (%) | Ja | 52 (38.8%) | 28 (24.8%) | 29 (39.7%) |
| | Nein | 82 (61.2%) | 85 (75.2%) | 44 (60.3%) |

Anmerkungen. k = 30 Teams/Klassen/Trainingsgruppen, N = 321 Athlet:innen

die Teilnehmenden in den werte- und informationsbasierten Interventionsbedingungen zu einem dritten Messzeitpunkt befragt wurden. Dadurch entstand ein zweiarmiges Parallelgruppendesign mit drei Messzeitpunkten (Prä, Post und Follow Up) und zwei Gruppen/Bedingungen (wertebasiert, informationsbasiert).

Stichprobe und Vorgehen

Insgesamt wurden 321 Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportler von 30 Teams bzw. Trainingsgruppen oder Schulklassen rekrutiert. Die Teilnehmenden waren in verschiedensten Individual- und Teamsportarten auf Leistungssportniveau aktiv. In Tabelle 2 sind die demographischen Charakteristika der Stichprobe dargestellt.

Nach Einholung der informierten Einwilligung von den Teilnehmenden bzw. deren Erziehungsberechtigten wurden die Probanden gruppenweise (d.h. gesamte Teams/Trainingsgruppen/Klassen) randomisiert den drei unterschiedlichen Bedingungen (wertebasiert, informationsbasiert, Kontrollgruppe) zugeteilt und erhielten anschließend den Zoom-Link für die anstehenden Einheiten. Die erste Zoom-Einheit für die Sportlerinnen und Sportler aller drei Bedingungen war der Prä-Test. Daraufhin folgte für die Athletinnen und Athleten der werte- und informationsbasierten Bedingungen eine sechswöchige Interventionsphase mit einer 45-minütigen Einheit pro Woche. Sportlerinnen und Sportler, die der Wartekontrollbedingung zugeordnet waren, erhielten während dieser Phase keine Intervention. Sechs bis acht Wochen nach dem Prä-Test kamen alle Teilnehmenden in ihren jeweiligen Gruppen für den Post-Test via Zoom zusammen. Für die Sportler:innen der werte- und informationsbasierten Bedingung folgte daraufhin eine drei- bis viermonatige Phase ohne jeglichen Input unsererseits und abschließend der Follow-Up-Test in einer finalen Zoom-Einheit. In dieser Zeit erhielten die Teams/Trainingsgruppen/Klassen der Kontrollbedingung aus Gründen der Gleichbehandlung das Material der wertebasierten Intervention.

Zu allen Messzeitpunkten füllten die Teilnehmenden einen Online-Fragebogen zur Erhebung der eingangs beschriebenen Variablen

aus. In Vorbereitung auf die Effektivitätsprüfung wurden innerhalb des Projektes als Teilstudien die einzusetzenden Instrumente für den deutschsprachigen Raum adaptiert und validiert (Manges et al., 2021a, b). Es lagen somit zum Zeitpunkt der Interventionsstudie reliable und valide deutschsprachige Instrumente zur Erhebung der Variablen vor: antizipierte Schuld wurde mit einer übersetzten Version der State Shame and Guilt Scale von Marschall et al. (1994) erhoben; zur Messung von moralischem Disengagement kam die Moral Disengagement in Doping Scale – Deutsch (Manges et al., 2021a) zum Einsatz; die kollektiven moralischen Normen der Sportgruppe (KMES) wurden mit der Skala KMES (Manges et al., 2021b) erfasst; Dopingsuszeptibilität konnte beruhend auf Gucciardi et al. (2010) gemessen werden und schließlich kamen zur Erfassung der Dopingabsicht zwei übersetzte Szenarien nach Kavussanu et al. (2018) zum Einsatz. Ein validierter Fragebogen für Empathie existierte bereits (Saarbrücker Persönlichkeitsfragebogen, IRI-S-D; Paulus, 2009).

4 Ergebnisse

Die Daten wurden im Rahmen von Mehrebenenmodellen mittels SPSS 27.0 und R 4.1 ausgewertet. Bezüglich Forschungsfrage 1 (Gibt es Veränderungen in den Variablen direkt nach der Intervention im Vergleich zu einer Kontrollgruppe?) zeigten hierarchische Regressionsanalysen mit zwei Ebenen (Athlet:innen genestet in Teams/Trainingsgruppen/Klassen), dass Teilnehmende der wertebasierten Interventionsbedingung direkt nach der Intervention (d.h. zum Post-Test) signifikant geringere Werte für moralisches Disengagement aufwiesen, verglichen mit der Kontrollgruppe (-0.52, 634 95% Konfidenz Intervall (confidence interval CI) = -1.02, -0.03, Effektgröße (effect size ES) Hedge's g = -0.43). Zudem wurde ein signifikanter Effekt für antizipierte Schuld gefunden: Sportler:innen der wertebasierten Interventionsbedingung zeigten zum Post-Test und verglichen mit der Kontrollgruppe eine stärkere Zunahme in der Fähigkeit, Schuld zu antizipieren (0.59, 95% CI = 0.13, 1.06, EF Hedge's g = 0.57). Alle Interventionseffekte können in Tabelle 3 eingesehen werden.

Tabelle 3: Interventionseffekt für beide Interventionen zum Post-test im Vergleich zur Kontrollgruppe

| | Wertebasiert | Informationsbasiert | ICC |
|-----------------------------|----------------------|---------------------|-------|
| | Estimate (95% CI) | Estimate (95% CI) | |
| Dopingsuszeptibilität | -0.33 (-0.74, 0.08) | -0.35 (-0.77, 0.08) | 0.01 |
| Dopingabsicht | -0.36 (-0.81, 0.09) | -0.42 (-0.91, 0.06) | 0.12 |
| Moral Disengagement | -0.52 (-1.02, -0.03) | -0.51 (-1.04, 0.03) | 0.10 |
| Antizipierte Schuld | 0.59 (0.13, 1.06) | 0.48 (-0.01, 0.97) | 0.08 |
| Empathie | -0.10 (-0.37, 0.18) | -0.03 (-0.32, 0.26) | 0.001 |
| Kollektiv-moralische Normen | -0.03 (-0.34, 0.26) | 0.002 (-0.31, 0.31) | 0.005 |

Anmerkungen. Estimate = Effekt der Versuchsbedingung; grau hinterlegt = signifikant anhand CI; CI = Konfidenzintervall; ICC = Intraclass correlation coefficient

Hinsichtlich der zweiten Forschungsfrage (Wie entwickeln sich die Werte der Variablen innerhalb der beiden Interventionsgruppen von Prä zu Post zu Follow Up?) zeigten hierarchische Regressionsanalysen mit drei Ebenen (Messwerte zu Prä-, Post- und Follow Up genestet in Athlet:innen, und Athlet:innen genestet in Teams/Trainingsgruppen/Klassen) eine signifikante Reduktion des moralischen Disengagements von Prä zu Post in beiden Interventionsbedingungen (wertebasiert -0.38, 95%CI = -0.14, -0.61, ES Cohen's d = -0.42; informationsbasiert -0.31, 95%CI = -0.05, -0.57, ES Cohen's d = -0.34). Von Post zu Follow-Up zeigte sich in dieser Variable keine weitere Veränderung in beiden Bedingungen, was bedeutet, dass die Reduktion in moralischem Disengagement auch drei bis vier Monate nach Beendigung der Interventionen bestehen blieb. In antizipierter Schuld verzeichneten wir einen signifikanten Anstieg von Prä zu Post innerhalb der wertebasierten Interventionsgruppe (0.26, 95%CI = 0.48, 0.03, ES Cohen's d = 0.31), der jedoch nicht von Post zu Follow-Up bestehen blieb, sondern zum Follow-Up-Zeitpunkt wieder gesunken ist (-0.74, 95%CI = -0.99, -0.49, ES Cohen's d = -0.66). Für Empathie offenbarten sich von Prä zu Post keine signifikanten Effekte in den Interventionsgruppen. Jedoch berichteten Athlet:innen der wertebasierten Intervention signifikant höhere Werte in Empathie zum Follow-Up-Zeitpunkt (0.93, 95% CI = 0.69, 1.18, ES Cohen's d = 0.56). Tabelle 4 gibt einen Überblick über alle Prä-Post- und Post-Follow-Up-Veränderungen der Variablen innerhalb der beiden Interventionsgruppen.

5 Diskussion

Das No2Doping-Projekt verfolgte mit der hier dargestellten Interventionsstudie die Entwicklung, Implementierung und Evaluation einer wertebasierten Anti-Doping-Intervention, welche sich auf Variablen stützt, die empirisch mit Dopingabsichten und Dopingverhalten assoziiert sind (Kavussanu et al., 2020; Ntoumanis et al., 2014). Die Ergebnisse unterstützen vorherige Befunde aus Studien aus dem englischsprachigen Raum (Kavussanu et al., 2021, 2022), dass eine solche Intervention, die über eine reine Wissensvermittlung hinaus geht, das moralische Disengagement von Athlet:innen senken und die Fähigkeit, Schuld zu antizipieren, steigern kann. Der Effekt des reduzierten moralischen Disengagements der Teilnehmenden der wertebasierten Bedingung blieb auch drei bis vier Monate nach Beendigung der Intervention bestehen und liefert somit Hinweise, dass unsere Intervention nachhaltige Effekte auf diese Variable hat. Darüber hinaus konnte eine gesteigerte Empathiefähigkeit der Teilnehmenden der wertebasierten Intervention zum Follow-Up-Zeitpunkt, jedoch nicht unmittelbar nach der Intervention, verzeichnet werden, was bedeuten könnte, dass der Interventionseffekt dieser Variable mit einer zeitlichen Verzögerung einsetzte. Entgegen unserer Erwartung ergaben sich keine signifikanten Effekte für Dopingsuszeptibilität, Dopingabsicht und die kollektiv-moralischen Normen. Für beide erstgenannten Konstrukte zeigte sich allerdings ein Trend, dass beide

Tabelle 4: Adjustierte Prä-Post- und Post-Follow-Up-Veränderungen in den Interventionsgruppen

| | Wertebasiert | Informationsbasiert |
|------------------------------------|----------------------|----------------------|
| | Estimate (95% CI) | Estimate (95% CI) |
| Dopingsuszeptibilität | | |
| Prä-Post | -0.04 (0.22, -0.29) | -0.06 (0.20, -0.33) |
| Post-Follow Up | 0.10 (-0.17, 0.38) | 0.04 (-0.26, 0.35) |
| Dopingabsicht | | |
| Prä-Post | -1.2 (0.12, -0.35) | -0.06 (0.20, -0.31) |
| Post-Follow Up | 0.04 (-0.22, 0.30) | -0.18 (-0.47, 0.11) |
| Moral Disengagement | | |
| Prä-Post | -0.38 (-0.14, -0.61) | -0.31 (-0.05, -0.57) |
| Post-Follow Up | 0.08 (-0.18, 0.34) | 0.10 (-0.20, 0.40) |
| Antizipierte Schuld | | |
| Prä-Post | 0.26 (0.48, 0.03) | 0.001 (0.27, -0.26) |
| Post-Follow Up | -0.74 (-0.99, -0.49) | -0.07 (-0.38, 0.24) |
| Empathie | | |
| Prä-Post | -0.05 (0.17, -0.27) | 0.15 (0.45, -0.15) |
| Post-Follow Up | 0.93 (0.69, 1.18) | -0.04 (-0.37, 0.28) |
| Kollektiv-moralische Normen | | |
| Prä-Post | 0.02 (0.25, -0.21) | 0.18 (0.43, -0.07) |
| Post-Follow Up | 0.11 (-0.15, 0.36) | -0.10 (-0.40, 0.19) |

Anmerkungen. Estimate = Veränderungen der Variablen; grau hinterlegt = signifikant anhand CI; CI = Konfidenzintervall

Variablen leicht reduziert werden konnten, dieser Effekt jedoch nicht signifikant auf dem 5%-Niveau (95% CI) war (siehe Tabelle 3). Für die kollektiv-moralischen Normen, welche sich im Laufe der Zeit in einer Gruppe bzw. einem Team entwickeln, scheint eine einzige Interventionseinheit, die dieses Konstrukt adressiert, nicht ausreichend zu sein, um Veränderungen herbeizuführen.

In einer zukünftigen Studie sollten neben der quantitativen Erhebung zur Evaluation auch qualitative Maßnahmen zur Prozessevaluation sowie zur Einschätzung der Athlet:innen konkreter Interventionsinhalte miteinbezogen werden. Als vorläufigen Einblick in eine Inhalts- und Prozessevaluation dient jedoch zum jetzigen Zeitpunkt bereits das qualitative Feedback der Teilnehmenden der beiden Pilotstudien (Präsenz und Online). Darin gaben die Sportle-

rinnen und Sportler an, dass sie ihre Teilnahme am Programm als äußerst benefizial einschätzten und, zum Beispiel, nun besser in der Lage seien, über die Entscheidungsfindung bezüglich Doping zu argumentieren; etwas über ihre persönlichen Werte und die Werte der Gruppe gelernt zu haben; über ihre Gefühle und Einstellungen reflektiert zu haben; oder auch über die Konsequenzen, die Doping für andere hat, nachgedacht zu haben.

Zusammenfassend zeigte unsere Studie, dass, von einer quantitativen Perspektive aus gesehen, die wertebasierte Intervention Veränderungen in einigen, jedoch nicht allen der adressierten dopingassoziierten Variablen herbeiführen konnte. Mit der NADA als Kooperationspartner unseres Projektes ist die Nachnutzung der Studienerkenntnisse gewährleistet,

und zwar in der Form, dass Elemente der wertebasierten Intervention in die Präventionsarbeit der NADA mit einfließen sollen. Darüber hinaus sollen aber auch Sportvereine, -verbände und -schulen direkt von den entwickelten Materialien profitieren und diese zur wertebasierten Dopingprävention weiternutzen können. Gerade in Eliteschulen des Sports sehen wir großes Potenzial, Teile des Programmes, wie die Einheit zum moralischen Disengagement, beispielsweise im Ethikunterricht in den Themenbereich Anti-Doping zu integrieren. Um den Transfer zu vereinfachen und die Nachnutzung zu gewährleisten, ist aus den Ergebnissen und Erfahrungen der Interventionsstudie ein Manual zur Umsetzung von wertebasierter Dopingprävention entstanden.¹

6 Literatur

- Backhouse, S. (2015). "Anti-doping education for athletes," in *Routledge Handbook of Drugs and Sport*, eds V. Møller, I. Waddington, and J. Hoberman (Routledge), 229–238
- Bandura, A. (1991). "Social cognitive theory of moral thought and action," in *Handbook of moral behaviour and development: Theory, research, and applications*, eds W. M. Kurtines, and J. L. Gewirtz (Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates), 71–129
- Boardley, I. D., Smith, A. L., Mills, J. P., Grix, J., & Wynne, C. (2017). Empathic and self-regulatory processes governing doping behaviour. *Front. Psychol.*, 8, 1495. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.01495
- Elbe, A.-M., & Brand, R. (2016). The effect of an ethical decision-making training on young athletes' attitudes toward doping. *Ethics Behav.*, 26, 32–44. DOI: 10.1080/10508422.2014.976864
- Gucciardi, D. F., Jalleh, G., & Donovan, R. J. (2010). Does social desirability influence the relationship between doping attitudes and doping susceptibility in athletes? *Psychol. Sport Exerc.*, 11, 479–486. DOI: 10.1016/j.psychsport.2010.06.002
- Kavussanu, M., Barkoukis, V., Hurst, P., Yurkymenko-Lescroart, M., Skoufa, L., Chirico, A., et al. (2022). A psychological intervention reduces doping likelihood in British and Greek athletes: A cluster randomized controlled trial. *Psychol. Sport Exerc.*, 102099. DOI: 10.1016/j.psychsport.2021.102099

¹ Das No2Doping-Manual kann bei Interesse von der Erstautorin angefordert werden.

- Kavussanu, M., Elbe, A.M., & Hatzigeorgiadis, A. (2015). A cross-cultural approach to a cross-cultural issue: Psychosocial factors and doping in young athletes. Report submitted to the World Anti-Doping Agency.
- Kavussanu, M., Hatzigeorgiadis, A., & Elbe, A. M. (2018). From research to application: An evidence-based psychosocial intervention for doping prevention in young athletes. Report submitted to the World Anti-Doping Agency.
- Kavussanu, M., Hurst, P., Yukhymenko-Lescroart, M., Galanis, E., King, A., Hatzigeorgiadis, A., & Ring, C. (2021). A moral intervention reduces doping likelihood in British and Greek athletes: Evidence from a cluster randomized control trial. *J. Sport Exerc. Psychol.*, 43, 125–139. DOI: 10.1123/jsep.2019-0313.
- Kavussanu, M., Yukhymenko-Lescroart, M. A., Elbe, A. M., & Hatzigeorgiadis, A. (2020). Integrating moral and achievement variables to predict doping likelihood in football: A cross-cultural investigation. *Psychol. Sport Exerc.*, 47, 101518. DOI: 10.1016/j.psychsport.2019.04.008
- Manges, T., Kronenberg, L., Seidel, K., Hamann, F., Walter, N., & Elbe, A.-M. (2021a). Validation of the German version of the Moral Disengagement in Doping Scale. in ISSP 2021-15th World Congress Proceeding, 331 939.
- Manges, T., Walter, N., & Elbe, A.-M. (2021b). Validation of the KMES Scale for Assessing the Collective Moral Attitude of Sport Groups. *Z Sportpsychol.*, 28, 2-13. DOI: 10.1026/1612-5010/a000324
- Marschall, D. E., Sanftner, J. L., & Tangney, J. P. (1994). The State Shame and Guilt Scale (SSGS). Fairfax, VA: George Mason University.
- Ntoumanis, N., Ng, J., Barkoukis, V., & Backhouse, S. H. (2014). Personal and psychosocial predictors of doping use in physical activity settings: a meta-analysis. *Sports Med.*, 44, 1603–1624. DOI: 10.1007/s40279-0140240-4
- Paulus, C. (2009). Der Saarbrücker Persönlichkeitsfragebogen SPF (IRI) zur Messung von Empathie: Psychometrische Evaluation der deutschen Version des Interpersonal Reactivity Index. Saarbrücken: Saarland University.
- World Anti-Doping Agency (2021b). The International Standard for Education. Retrieved from: https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/international_standard_ise_2021.pdf (accessed October 12, 2022).

„Das bisschen Instagram ist doch kein Problem“ Nutzung digitaler Medien bei Nachwuchsleistungs- sportlerInnen im Zusammenhang mit der psychi- schen Gesundheit

AZ: 071004/21-23

Radha Fiedler, Jahan Heidari & Michael Kellmann (Projektleitung)

Ruhr-Universität Bochum, Lehr- und Forschungsbereich Sportpsychologie

1 Einleitung und Problemstellung

Obwohl die Nutzung digitaler Medien viele Vorteile bietet (DesClouds & Durand-Bush, 2020), birgt sie auch Risiken. Metaanalysen zeigen, dass digitale Medien die psychische Gesundheit Jugendlicher und junger Erwachsener beeinflussen (Vidal et al., 2020). Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportler stellen dabei eine besondere Gruppe dar: Neben alterstypischen Herausforderungen (z.B. akademische Anforderungen, soziale Beziehungen), müssen sie den zusätzlichen Anforderungen ihres Sports gerecht werden. Dies erfordert einen hohen Einsatz von Ressourcen (z.B. Zeit, Energie) in Training, Wettkämpfe und Erholungsaktivitäten. Hinzu kommen andere belastende Faktoren, mit denen Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportler konfrontiert werden, wie z.B. Leistungsdruck oder Konflikte innerhalb des Teams (Rice et al., 2016). Über die private Nutzung hinaus nehmen digitale und insbesondere soziale Medien im Leistungssport eine wesentliche Rolle ein. Athletinnen und Athleten können über soziale Medien mit Fans in Kontakt treten und so eine größere Reichweite erlangen (Geurin, 2017). So können sie sich ein Netzwerk aufbauen und in Kontakt mit Sponsoren kommen (Sanderson, 2018). Insbesondere in Sportarten, die weniger mediale Präsenz aufweisen, ist diese Form der Selbstvermarktung beinahe unerlässlich (Geurin, 2017). Dies spiegelt sich auch in den Nutzungsmotiven erwachsener Leistungssportlerinnen und -sportler wieder. Als zentrale Nutzungsmotive zeigten sich hier die Selbstvermarktung

(Branding), Entspannung und Ablenkung sowie soziale Vernetzung (Geurin, 2017; Hayes, 2019). Aus einer Stress- und Erholungsperspektive (Kellmann, 2002) könnte diese zusätzliche Belastung durch digitale Medien einen weiteren Stressor darstellen, der die Beanspruchung von Athletinnen und Athleten zusätzlich verstärkt. Ein übermäßiges Stressniveau kann zu einer Verringerung der psychischen Gesundheit führen, wie z.B. einer Verschlechterung der Stimmung (Nixdorf et al., 2016) oder einem gestörten Essverhalten. Gerade Sportlerinnen aus Sportarten, bei denen das Gewicht eine verstärkte Rolle spielt, können hier als Risikogruppe angesehen werden (z.B. Turnen, Tauchen; Mancine et al., 2020). Gleichzeitig legen Studien an erwachsenen Athleten nahe, dass eine funktionale Nutzung digitaler Medien auch zur Erholung von Stress beitragen könnte, z.B. durch ein Gefühl der sozialen Verbundenheit oder durch die erleichterte Koordination von Aufgaben und Rollen im Alltag (DesClouds & Durand-Bush, 2020; Hayes, 2019). Da Wettkampf- und Eliteathleten als potenzielle Risikopopulation für Beeinträchtigungen der psychischen Gesundheit angesehen werden (Nixdorf et al., 2016; Mancine et al., 2020), ist die Nutzung digitaler Medien als Risiko- oder Schutzfaktor für die Entwicklung von psychischen Erkrankungen in dieser Population von besonderer Relevanz. Das Ziel des Projektes war es daher, den Einfluss digitaler Medien auf die psychische Gesundheit im Nachwuchsleistungssport zu identifizieren und auf Basis der Forschungsergebnisse ein Interventionsprogramm zu entwickeln, um eine funktionale Nutzung digitaler Medien zu fördern.

2 Methode

Das Projekt bestand aus drei aufeinander aufbauenden Studien. Eine Querschnitterhebung gab zunächst einen Überblick über den Status quo der Mediennutzung und deren Zusammenhang mit der psychischen Gesundheit in der Zielgruppe. Eine Onlinebefragung erhob demographische Daten, Nutzungsverhalten und verschiedene Aspekte der psychischen Gesundheit. Die Auswertung erfolgte mit einem Strukturgleichungsmodell. Die psychische Gesundheit wurde mit der Kurzversion der Depressions-, Angst- und Stressskala (DASS-21; Lovibond & Lovibond, 1995; Nilges & Essau, 2015), der Kurzversion des Eating Disorder Examination-Questionnaire for Children (ChEDE-Q8; Kliem et al., 2017) und der Positive Mental Health Scale (PMH; Lukat et al., 2016) gemessen. Zudem wurden der Schlaf mit dem Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI; Buysse et al., 1989) und der soziale Vergleich mit der Physical Appearance Comparison Scale (PACS; Mölbert et al., 2017; Thompson et al., 1991) als mögliche Mediatoren erhoben. Die Mediennutzung wurde über die Nutzungsdauer sozialer Medien, die Abhängigkeit von digitalen Medien und die Motive der Mediennutzung erfasst.

Im nächsten Schritt wurden Apps zur Aufzeichnung der Smartphoneaktivität verwendet, um sich die Nutzung über einen Zeitraum von zwei Wochen längsschnittlich anzuschauen. Ziel war es, kurzfristige intraindividuelle Effekte von langfristigen interindividuellen Effekten zu unterscheiden und die zeitliche Abfolge der Veränderungen in Mediennutzung und psychischer Gesundheit zu untersuchen. Dafür wurde täglich ein Kurzfragebogen zum psychischen Wohlbefinden ausgefüllt und mit der Nutzungszeit in Verbindung gebracht. Dabei wurden Erholung und Belastung (Kurzskala zur Erfassung von Erholungs- und Beanspruchung; Kellmann & Kölling, 2019, 2020), Stimmung (Kurzform des Multimodal Mood Questionnaires; Steyer et al., 1997) und Schlaf (adaptierte Version des Abend-Morgen-Protokolls; Hoffmann et al., 1997; Liendl & Hoffmann, 1999) als Maße des psychischen Wohlbefindens erhoben. Die Auswertung erfolgte in Form eines Mehrebenenmodells.

Auf Basis der Ergebnisse der ersten beiden Studien wurde ein Workshop-Program entwickelt, das zwischen Mai und November 2022 an verschiedenen sportlichen Gruppen evaluiert wurde. Es umfasste zwei Blöcke von je 90 Minuten. Das Ziel der Kurzintervention war es, einen Kompromiss aus wissenschaftlicher Qualität der Intervention und den sportpraktischen Anforderungen zu gewährleisten, die häufig nur wenig Zeit für Interventionsprogramme lassen. Der erste Workshop-Block befasste sich überwiegend mit dem Thema des sozialen Vergleichs. Der zweite Block befasste sich mit den Themen Schlafhygiene und gezielte Nutzung digitaler Medien. Beide Blöcke fokussierten sich auf die Psychoedukation von Athletinnen und Athleten sowie auf die Vermittlung kognitiver und behavioraler Techniken, um das eigene Mediennutzungsverhalten zu reflektieren und zu verändern. Die Kontrollgruppe erhielt eine Einführung zum Thema Sportpsychologie und mentales Training. Als Zielvariablen der psychischen Gesundheit und Smartphone-Nutzung wurden der soziale Vergleich (Iowa-Netherlands-Social Comparison Scale; Gibbons & Buunck, 1999; Schneider & Schupp, 2011), Wissen über und Umsetzung von Schlafhygien (Adolescent Sleep Hygiene Scale; LeBourgeois et al., 2005), gutartiger und böartiger Neid (Benign and Malicious Envy Scale; Lange & Crusius, 2015) und Selbstwirksamkeit (Selbstwirksamkeitsskala aus dem Recovery-Stress Questionnaire-Sport-76; Kallus & Kellmann, 2016) gemessen. Wie in den ersten Studien wurden zudem negative Emotionalität (Depression, Angst und Stress; mit dem DASS-21) und die Dauer der Smartphone-Nutzung erfasst. Als Kontrollvariable wurde zudem die von den Teilnehmenden selbst wahrgenommene Compliance mit dem Treatment Adherence Perception Questionnaire (TAPQ; Sanford & Rivers, 2019) erfasst.

3 Ergebnisse

Die erste Studie zeigte, dass problematischer Medienkonsum sowohl über die Qualität des Schlafs ($B = .184$, $CI [.074, .307]$, $p = .004$) als auch über den sozialen Vergleich ($B = .221$, $CI [.128, .320]$, $p = .005$) einen signifikanten indirekten Ef-

fekt auf negative Emotionen hatte, was auf eine unvollständige Mediation hindeutet. Zusätzlich gab es eine vollständige Mediation des sozialen Vergleichs auf den Effekt der Medienabhängigkeit auf gestörtes Essverhalten ($B = .044$, CI [.030, .062], $p = .001$). Die Qualität des Schlafs war ein signifikanter Mediator für den Effekt der Sucht nach digitalen Medien auf gestörtes Essverhalten ($B = .007$, CI [.002, .004], $p = .004$). Der Effekt war jedoch geringer als bei den anderen drei Mediationspfaden, die für die Sucht nach digitalen Medien untersucht wurden. Für die Zeit, die mit sozialen Medien verbracht wurde, gab es einen signifikanten Mediationseffekt von Qualität des Schlafs ($B = .007$, CI [.001, .013], $p = .014$) und sozialem Vergleich ($B = .004$, CI [.002, .007], $p = .001$) auf negative Emotionen. Die indirekten Effekte der Mediation von sozialem Vergleich und Qualität des Schlafs auf gestörtes Essverhalten waren nicht signifikant. Zusammenfassend zeigte sich ein mediiender Effekt von Schlafqualität und sozialem Vergleich auf problematischen digitalen Medienkonsum und Zeit mit sozialen Medien in Bezug auf negative Emotionen und gestörtes Essverhalten. Der Mediationseffekt des sozialen Vergleichs auf Zeit, die auf sozialen Medien verbracht wurde, und gestörtes Essverhalten war jedoch extrem gering. Medienabhängigkeit interagierte signifikant mit der Freizeit gegenüber Wettkampf- und Eliteebene ($\beta = .18$, CI [.040, .529], $p = .022$), was darauf hindeutet, dass Athleten auf einem hohen Leistungsniveau stärker von einer Verschlechterung der Schlafqualität durch exzessive Mediennutzung betroffen sind.

In der zweiten Studie wurde die Beziehung zwischen vier sozialen Netzwerken (TikTok, Instagram, Snapchat und WhatsApp) und dem psychischen Wohlbefinden anhand eines Multilevel-Modells untersucht. Dabei wurden drei Modelle miteinander verglichen. Im ersten Modell (psychisches Wohlbefinden folgt auf Medienvariablen) wurden interindividuelle Effekte für die Beziehung zwischen Stimmung und Instagram gefunden ($F(1, 30.8) = 4.98$, $p < .035$, $B = -.007$, CI [-.014, -.001]). Das bedeutet, dass Teilnehmende, die Instagram häufiger nutzten, im Durchschnitt eine schlechtere Stimmung hatten. Auf intraindividuellem Ebene trat eine negative

Beziehung zwischen TikTok und Schlafqualität auf ($F(1, 234.8) = 8.32$, $p = .004$, $B = -.005$, CI [-.008, -.002], $\beta = -.13$). Innerhalb der Teilnehmenden stand TikTok zudem negativ mit Erholung in Beziehung ($F(1, 233.6) = 13.30$, $p < .001$, $B = -.006$, CI [-.009, -.003], $\beta = -.15$). Komplementär war die intraindividuelle Nutzung von TikTok im Lead-Modell positiv mit Stress verbunden ($F(1, 236.9) = 8.31$, $p = .004$, $B = .006$, CI [.002, .005], $\beta = .15$). Im zweiten Modell (psychologisches Wohlbefinden geht der Nutzung von sozialen Netzwerkanwendungen voraus) folgte eine längere intraindividuelle Instagram-Nutzung Nächten mit höherer Schlafqualität ($F(1, 220.1) = 4.10$, $p = .045$, $B = .003$, CI [.001, .005]). Messenger ($F(1, 221.0) = 8.15$, $p = .005$, $B = -.005$, CI [-.008, -.001]) und Snapchat ($F(1, 220.6) = 4.89$, $p = .028$, $B = -.002$, CI [-.004, -.001]) wurden nach Nächten mit gutem Schlaf weniger genutzt. Wie im Lead-Modell war zudem die intraindividuelle Zeit auf TikTok im Lag-Modell positiv mit Stress verbunden ($F(1, 226.8) = 7.69$, $p = .006$, $B = .006$, CI [.002, .010], $\beta = .15$). Im dritten Modell wurden das Leistungsniveau, die durchschnittliche Trainingsdauer und die tägliche Trainingsdauer als Prädiktoren aufgenommen. Das Leistungsniveau sagte keine der psychologischen Variablen voraus. Eine höhere Trainingsdauer am Vortag war mit einer besseren Stimmung ($F(1, 135.2) = 5.56$, $p = .020$, $B = .003$, CI [.001, .006]), aber auch mit mehr Stress ($F(1, 138.4) = 6.89$, $p = .01$, $B = .004$, CI [.001, .006]) verbunden. Der Schlaf war bei Personen mit einer höheren durchschnittlichen Trainingsdauer besser ($F(1, 27.2) = 10.90$, $p = .003$, $B = .012$, CI [.004, .019]). Zudem wurde eine signifikante Interaktion zwischen Instagram und dem Leistungsniveau in Bezug auf die Stimmung festgestellt ($F(1, 31.3) = 4.85$, $p < .034$, $B = .022$, CI [.002, .041]), was darauf hindeutet, dass sich Instagram bei Leistungssportlerinnen und -sportlern positiv auf die Stimmung auswirkte, während bei Freizeitsportlerinnen und -sportlern eine negative Beziehung zwischen Instagram und Stimmung bestand. Wie im ersten Modell hing Instagram auf interindividueller Ebene mit der Stimmung zusammen ($F(1, 25.6) = 4.64$, $p < .041$, $B = -.019$, CI [-.001, -.038]) und TikTok auf intraindividuellem Ebene negativ mit Erholung ($F(1, 139.3) = 7.80$, $p = .006$, $B = -.006$, CI [-.011, -.002], $\beta = -.16$).

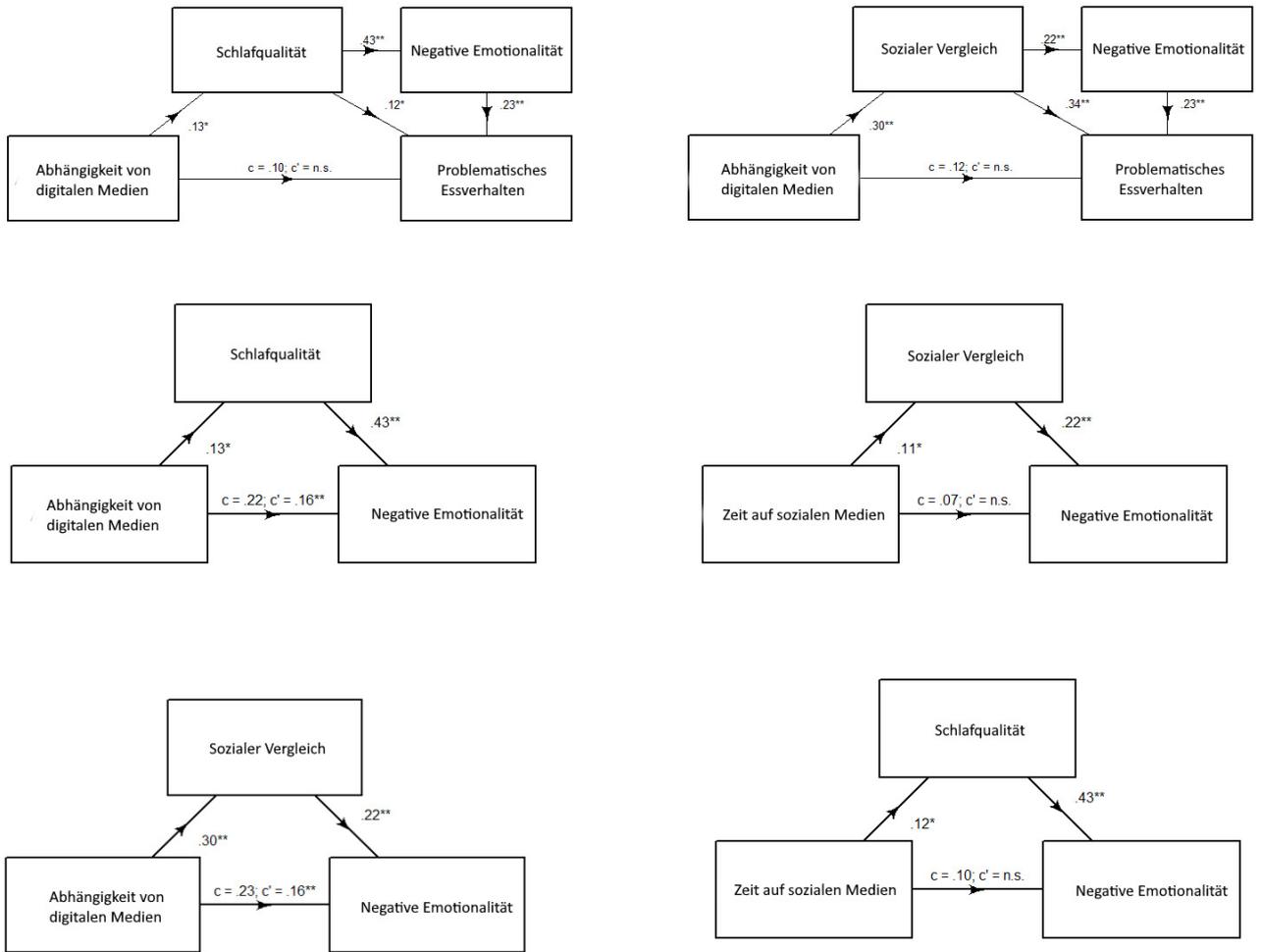


Abb. 1: Darstellung der gefundenen Zusammenhänge aus der Strukturgleichungsanalyse (Studie 1). * = $p < .05$, ** = $p < .001$.

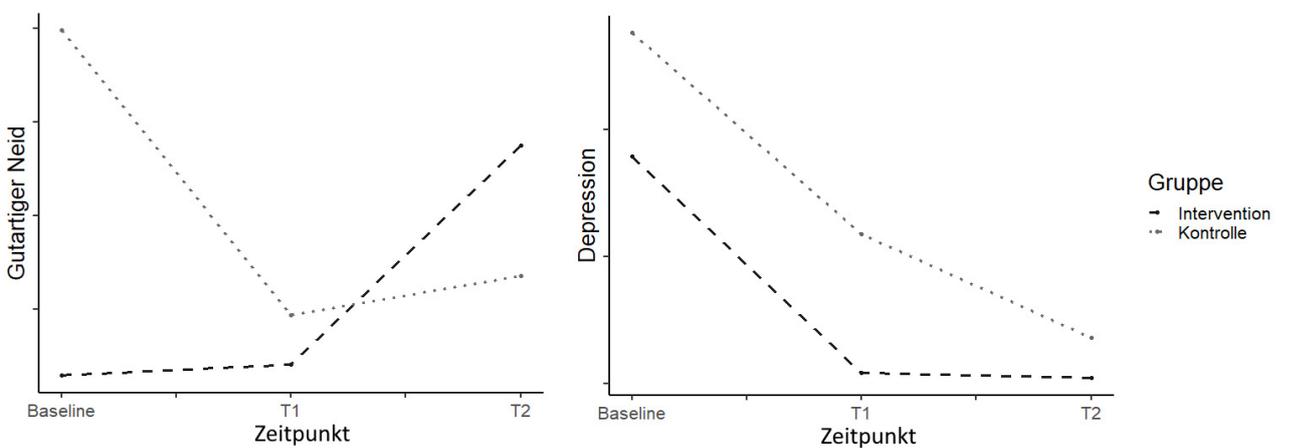


Abb. 2: Interaktion zwischen Zeitpunkt und Interventionsbedingung. T1 = nach sieben Tagen; T2 = nach 3 Monaten.

Um die Wirksamkeit der Workshops zu evaluieren, wurde eine 2x3-ANCOVA mit Messwiederholung mit den Faktoren Gruppe (Intervention vs. Kontrollintervention) und Zeitpunkt (Baseline vs. Erster Follow-Up-Zeitpunkt vs. Zweiter Follow-Up-Zeitpunkt) berechnet. Als abhängige Variablen wurden jeweils die DASS-21-Subskalen, der soziale Vergleich, der gutartige und böartige Neid, Schlafhygiene, Selbstwirksamkeit und die Dauer der Mediennutzung eingesetzt. Als Kontrollvariable wurde die durchschnittliche Motivation, die vermittelten Inhalte umzusetzen, zur ersten und zweiten Nachuntersuchung in die Analyse einbezogen. Für alle Variablen mit Ausnahme der DASS-21-Angst-Subskala war die Sphärizität gegeben. Es wurden keine signifikanten Haupteffekte festgestellt. Eine signifikante Interaktion zwischen Gruppe und Zeit trat für die DASS-21-Subskala Depression ($F(2, 82) = 5,62, p = .005, \eta^2 = .12$) und gutartiger Neid ($F(2, 84) = 3,46, p = .036, \eta^2 = .08$) auf. Für die DASS-21-Subskala Angst wurde ein kleiner Effekt gefunden, der jedoch nach Anwendung der Huynh-Feldt-Korrektur wegen fehlender Sphärizität knapp die Signifikanz verfehlte ($F(2, 82) = 3,14, p = .053, \eta^2 = .07$). Es wurden keine signifikanten Interaktionseffekte für INCOM, die Skala für böartigen Neid, die ASHS, die Selbstwirksamkeit oder die Mediennutzung gefunden. Im Post-hoc-Kontrast zeigte sich für Depression und gutartigen Neid kein positiver Effekt nach sieben Tagen. Nach drei Monaten hingegen hatten sich beide Variablen in der Interventionsgruppe verbessert.

4 Diskussion

In den ersten beiden Studien konnte ein umfassendes Bild der Nutzung digitaler Medien und von deren Zusammenhang mit verschiedenen Aspekten der psychischen Gesundheit in der Gruppe der Nachwuchsleistungssportlerinnen und -sportler gewonnen werden. Dabei wurde die Messung der digitalen Mediennutzung durch Selbstbericht und Fragebogendaten durch die objektive Messung mithilfe von Tracking-Apps ergänzt. Die Ergebnisse dieser Studien implizieren, dass digitale Medien einen kleinen, aber konsistenten Zusammenhang mit

der psychischen Gesundheit aufweisen. Gerade zur Prävention psychischer Erkrankungen und zur Optimierung des Schlafs, der Erholung und der Belastung bietet sich daher eine Intervention an. Die erste Studie konnte dabei Schlaf und sozialen Vergleich als mögliche Ziele einer Intervention herausstellen. Auf Basis der Ergebnisse dieser beiden Studien konnte ein Workshop entwickelt werden, der nach drei Monaten eine positive Wirkung auf Selbstwirksamkeit, Depressivität und gutartigen Neid in der Interventionsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe zeigte. Durch das kurze Format der Intervention von zweimal 90 Minuten kann diese leicht in Kaderlehrgänge oder vereinsinterne Fortbildungen für Athletinnen und Athleten integriert werden. Als Herausforderung stellte sich die Messung der Mediennutzung dar. In der ersten Studie wurde aufgrund der großen angestrebten Stichprobe auf selbstberichtete Daten zurückgegriffen. Die Validität selbstberichteter Mediennutzungszeiten wird teilweise kritisiert (Parry et al., 2021). Verbeij et al. (2021) stellen allerdings heraus, dass die selbstberichtete Mediennutzung bei Jugendlichen eine akzeptable Validität zwischen Individuen aufweist, jedoch nicht innerhalb von Individuen. Auf Basis dieser Befunde kann die selbstberichtete Nutzung sozialer Medien als geeignet angesehen werden. Eine Abschwächung der gefundenen Ergebnisse durch den Selbstbericht muss trotzdem in Betracht gezogen werden. Größere Effektstärken zeigten sich für die Abhängigkeit von digitalen Medien auf die psychische Gesundheit. Hier kann jedoch kritisiert werden, dass Abhängigkeit von vornherein schon für eine beeinträchtigte psychische Gesundheit sprechen könnte und die Effektstärken somit eher verstärkt werden. Für die Praxis könnte allerdings die Abhängigkeit von digitalen Medien ein geeignetes Screening-Instrument darstellen, um Interventionsbedarf frühzeitig zu erkennen. Die appbasierte Messung der Smartphone-Nutzung brachte den Vorteil mit sich, dass Nutzungsdaten kontinuierlich und unabhängig von subjektiven Verzerrungen gemessen werden konnten. Die Compliance der teilnehmenden Athletinnen und Athleten war überwiegend hoch. Ein Problem waren jedoch Unterschiede zwischen den Betriebssystemen Android und iOS. Bei iOS-Geräten ist es nicht

möglich, die Nutzungsdauer mit einer externen App zu messen, sodass auf die vorinstallierte App Bildschirmzeit zurückgegriffen werden musste. Diese bietet jedoch nicht die Möglichkeit, die gemessenen Daten als Datei zu exportieren, sodass die Teilnehmenden Screenshots von ihrer Nutzungszeit erstellen mussten. Dies stellte einerseits einen erheblichen Mehraufwand für die Teilnehmenden dar und war zudem eine Quelle für fehlende Daten, da die Screenshots teilweise aus Versehen unvollständig eingereicht wurden, da zum Beispiel einzelne Tage vergessen wurden. Für zukünftige Forschung wäre es wichtig, eine einheitliche technische Lösung für Android- und iOS-Geräte anzustreben, die eine detaillierte Datenerhebung ermöglicht. Es muss jedoch überprüft werden, ob dies unter dem iOS-Betriebssystem und den damit verbundenen Datenschutzbestimmungen möglich ist. Für die Einschätzung der Mediennutzungsdauer durch Trainerinnen und Trainer oder Sportpsychologinnen und Sportpsychologen in der Praxis ergeben sich datenschutzrechtliche Bedenken. Für eine Selbsteinschätzung der Nutzungszeit durch Athletinnen und Athleten könnten Apps wie AppUsage oder die Bildschirmzeit hingegen gut geeignet sein. Die Workshops wurden überwiegend gut angenommen. In einer unmittelbaren Evaluation vor Ort gaben die meisten an, subjektiv vom Workshop profitiert zu haben. Insbesondere der erste Workshop-Block zum sozialen Vergleich erhielt positives Feedback. Dieser war von einer Mischung aus Psychoedukation und interaktiven Elementen gekennzeichnet. Der zweite Block mit dem inhaltlichen Schwerpunkt Schlafhygiene und Tagesstruktur wies einen höheren Anteil Psychoedukation auf und wurde von den Athletinnen und Athleten subjektiv als langatmiger empfunden. In den Ergebnissen spiegelte sich diese subjektive Tendenz wieder. Während der Block zum sozialen Vergleich positive Auswirkungen auf die psychische Gesundheit und das Mediennutzungsverhalten zeigte, konnte keine Verbesserung der Schlafhygiene erreicht werden. Zukünftige Forschung müsste sich damit befassen, wie Themen wie Schlafhygiene alltags- und verhaltensnäher aufgearbeitet werden können. Positiv ist hervorzuheben, dass bereits eine einmalige 90-minütige Intervention einen Einfluss auf die Nutzung digitaler Medien zum sozialen

Vergleich mit sich bringt, der auch nach drei Monaten noch besteht. Das Format einer Kurzintervention bietet den Vorteil, dass sie sich leicht in Lehrgänge und den sportlichen Alltag einbinden lässt und so Trainern und Verbänden eine niedrigschwellige Möglichkeit bietet, ihre Athletinnen und Athleten bezüglich des Themas digitale Medien zu schulen.

5 Literatur

- Buysse, D., Reynolds, C., Monk, T., Berman, S., & Kupfer, D. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, 28(2), 193-213. [https://doi.org/10.1016/0165-1781\(89\)90047-4](https://doi.org/10.1016/0165-1781(89)90047-4)
- DesClouds, P., & Durand-Bush, N. (2020). Smartphones and varsity athletes: A complicated relationship. *Frontiers in Sports and Active Living*, 2, 560031. <https://doi.org/10.3389/fspor.2020.560031>
- Geurin, A. N. (2017). Elite female athletes' perceptions of new media use relating to their careers: A qualitative analysis. *Journal of Sport Management*, 31(4), 345-359. <https://doi.org/10.1123/jsm.2016-0157>
- Hayes, M. (2019). Social media usage among elite athletes: An exploration of athlete usage during major events. Doctoral Dissertation. Griffith University. <https://doi.org/10.25904/1912/3836>
- Hoffmann, R. M., Müller, T., Hajak, G., & Cassel, W. (1997). Abend-Morgenprotokolle in Schlafforschung und Schlafmedizin – Ein Standardinstrument für den deutschsprachigen Raum. *Somnologie*, 1, 103-109. <https://doi.org/10.1007/s11818-997-0019-z>
- Kellmann, M. (2002). Underrecovery and overtraining: Different concepts – similar impact. In M. Kellmann (Ed.), *Enhancing recovery: Preventing underperformance in athletes* (pp. 3-24). Human Kinetics.

- Kellmann, M., & Kölling, S. (2019). *Recovery and stress in sport: A manual for testing and assessment*. Routledge.
- Kellmann, M., & Kölling, S. (2020). *Das Akutmaß und die Kurzskala zur Erfassung von Erholung und Beanspruchung für Erwachsene, Kinder und Jugendliche: Manual*. Sportverlag Strauß.
- Kliem, S., Schmidt, R., Vogel, M., Hiemisch, A., Kiess, W., & Hilbert, A. (2017). An 8-item short form of the Eating Disorder Examination-Questionnaire adapted for children (ChEDE-Q8). *International Journal of Eating Disorders*, 50(6), 679-686. <https://doi.org/10.1002/eat.22658>
- Liendl, S., & Hoffman, J. R. (1999). Compliance-Probleme bei der Bearbeitung von Abend-Morgen-Protokollen – Entwicklung einer Kurzversion der Standardprotokolle der DGSM. *Somnologie*, 3, 73-77. <https://doi.org/10.1007/s11818-999-0013-8>
- Lovibond, P. F., & Lovibond, S. H. (1995). The structure of negative emotional states: Comparison of the Depression Anxiety Stress subscales (DASS) with the Beck Depression and Anxiety Inventories. *Behavior Research and Therapy*, 33(3), 335-343. [https://doi.org/10.1016/0005-7967\(94\)00075-U](https://doi.org/10.1016/0005-7967(94)00075-U)
- Lukat, J., Margraf, J., Lutz, R., van der Veld, W. M., & Becker, E. S. (2016). Psychometric properties of the Positive Mental Health Scale (PMH-scale). *BMC Psychology*, 4(1), 1-14. <https://doi.org/10.1186/s40359-016-0111-x>
- Mancine, R., Gusfa, D., Moshrefi, A., & Kennedy, S. (2020). Prevalence of disordered eating in athletes categorized by emphasis on leanness and activity type – a systematic review. *Journal of Eating Disorders*, 8(1), 1-9. <https://doi.org/10.1186/s40337-020-00323-2>
- Mölbert, S. C., Hautzinger, M., Karnath, H.-O., Zipfel, S., & Giel, K. (2017). Validation of the Physical Appearance Comparison Scale (PACS) in a German sample: Psychometric properties and association with eating behavior, body image and self-esteem. *Psychotherapie, Psychosomatik, Medizinische Psychologie*, 67(2), 91-97. <https://doi.org/10.1055/s-0042-123842>
- Nilges, P., & Essau, C. (2015). Die Depressions-Angst-Stress-Skalen: Der DASS – ein Screeningverfahren nicht nur für Schmerzpatienten. *Schmerz*, 29(6), 649-657. <https://doi.org/10.1007/s00482-015-0019-z>
- 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, e893.
- Park, J., Williams, A., & Son, S. (2020). Social media as a personal branding tool: A qualitative study of student-athletes' perceptions and behaviors. *Journal of Athlete Development and Experience*, 2(1), 51-68. <https://doi.org/10.25035/jade.02.01.04>
- Parry, D., Davidson, B., Sewall, C., Fisher, J., Mieczkowski, H., & Quintana, D. (2021). A systematic review and meta-analysis of discrepancies between logged and self-reported digital media use. *Nature Human Behaviour*, 5(11), 1535-1547. <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01117-5>
- Rice, S. M., Purcell, R., Silva, S. de, Mawren, D., McGorry, P. D., & Parker, A. G. (2016). The mental health of elite athletes: A narrative systematic review. *Sports Medicine*, 46(9), 1333-1353. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0492-2>
- Sanderson, J. (2018). Thinking twice before you post: Issues student-athletes face on social media. *New Directions for Student Services*, 163, 81-92.

Steyer, R., Schwenkmezger, P., Notz, P., & Eid, M. (1997). Der Mehrdimensionale Befindlichkeitsfragebogen. Handanweisung. Hogrefe.

Thompson, J. K., Heinberg, L. J., & Tantleff-Dunn, S. (1991). The Physical Appearance Comparison Scale (PACS). *The Behavior Therapist*, 14, 174.

Verbeij, T., Pouwels, J. L., Beyens, I., & Valkenburg, P. M. (2021). The accuracy and validity of self-reported social media use measures among adolescents. *Computers in Human Behavior Reports*, 3, e100090. <https://doi.org/10.1016/j.chbr.2021.100090>

Vidal, C., Lhaksampa, T., Miller, L., & Platt, R. (2020). Social media use and depression in adolescents: A scoping review. *International Review of Psychiatry*, 32(3), 235-253. <https://doi.org/10.1080/09540261.2020.1720623>

Wilhelm, P., & Schoebi, D. (2007). Assessing mood in daily life. *European Journal of Psychological Assessment*, 23(4), 258-267. <https://doi.org/10.1027/1015-5759.23.4.258>

Das Fähigkeits- und Anforderungsprofil von Basketball-Bundesligaschiedsrichtern – allgemeine und spezifische Evaluation von physischer und kognitiver Leistung

AZ: 071006/21-23

Stefanie Klatt, Karsten Schul, Alessa Schwarting, Robin Schrödter & Frowin Fasold
Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Trainingswissenschaft und Sportinformatik,
Abteilung Kognitions- und Sportspielforschung

1 Problem

Insbesondere in den schnellen Sportarten, wie Basketball, Handball und Fußball, müssen Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter oftmals in Bruchteilen von Sekunden relevante Informationen wahrnehmen, diese beurteilen und darauf basierend Entscheidungen treffen. Jede falsche Entscheidung kann Auswirkungen auf den Spielverlauf, im schlimmsten Fall sogar auf den Ausgang eines ganzen Spiels haben (Pizzera & Raab, 2012). Um in jeder Phase eines Spiels korrekte Entscheidungen treffen zu können, wird von den Schiedsrichterinnen und Schiedsrichtern über eine gewisse körperliche Fitness hinaus auch ein entsprechendes kognitives Fähigkeitslevel gefordert. Neben Konzentration und Aufmerksamkeit ist unter anderem auch ein effizientes Blickverhalten über die gesamte Dauer eines Wettkampfs entscheidend (Fasold et al., 2021; Klatt et al., 2021). Trotz des Wissens über die Relevanz verschiedener Fähigkeiten und Fertigkeiten gibt es bislang kein umfassendes Anforderungsprofil, welches die vielfältigen physischen und kognitiven Anforderungen von Schiedsrichterinnen und Schiedsrichtern aufgreift.

In Bezug auf die physische Leistungsfähigkeit konnte bereits gezeigt werden, dass die Unparteiischen im Basketball in einem Spiel im Durchschnitt 5.000 m zurücklegen (Nabli et al., 2019). Weitere Untersuchungen zum erforderlichen Fitnesslevel bzw. zu den spezifischen physischen Anforderungen von Schiedsrichterinnen und Schiedsrichtern, um unter Belastung

akkurate Entscheidungen in Spielen treffen zu können, gibt es bislang nicht.

Auch zu den notwendigen kognitiven Fähigkeiten von Schiedsrichterinnen und Schiedsrichtern im Hinblick auf die Leitung eines Basketballspiels ist wenig erforscht. Aufbauend auf den Ergebnissen von Helsen und Bultynck (2004), welche zeigten, dass im Fußball in einem einzigen Spiel von den Unparteiischen bis zu 250 Entscheidungen (inklusive sog. No-Call-Entscheidungen) getroffen werden müssen, ist davon auszugehen, dass die kognitiven Fähigkeiten (z. B.: Wahrnehmung, Antizipation) als Basis der Entscheidungsbildung auch im Basketball von besonderer Bedeutung sind.

Ziel des Forschungsprojekts war es, ein Anforderungsprofil für Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter der Basketball-Bundesliga zu erstellen. Aufbauend auf vorherigen Forschungsarbeiten (Avugos et al., 2021; MacMahon et al., 2014; Morgulev et al., 2018), wurden allgemeine und spezifische kognitive und physische Fähigkeiten und Fertigkeiten getestet, welche von Bedeutung sein könnten, um akkurate und konsistente Entscheidungen im Basketball treffen zu können.

2 Methode

2.1 Stichprobe

Es wurden Daten von 35 (32 männliche, 3 weibliche) Basketball-Bundesliga-Schiedsrichterinnen

und Schiedsrichtern (15 B-Kader, 20 A-Kader, davon 9 mit internationaler Erfahrung) analysiert. Das durchschnittliche Alter der Teilnehmenden lag bei $34,4 \pm 6,9$ Jahren.

2.2 Durchführung

Im Rahmen des Projekts durchliefen die teilnehmenden Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter des A- und B-Kaders eine Testbatterie zur Bestimmung der allgemeinen physischen und kognitiven Fähigkeiten (z. B.: Ausdauer, Wahrnehmungsgeschwindigkeit) sowie der spezifischen physischen und kognitiven Faktoren (z. B.: Sprinthäufigkeit, Wahrnehmungsstrategien und spezifische Laufwege im Spiel). Die Testungen der allgemeinen Fähigkeiten wurden in kontrollierten Labortestungen durchgeführt, während die spezifischen Fähigkeiten in Vorbereitungsspielen der easyCredit-Basketball-Bundesliga (Saison 2020/2021) erhoben wurden. Eine Übersicht über die durchgeführten Tests zu den verschiedenen erfassten Leistungsfähigkeiten kann Abb. 1 entnommen werden.

nen und Schiedsrichter wurden vor Beginn des Tests mit Polar®-Sensoren zur Erfassung der durchschnittlichen und maximalen Herzfrequenz ausgestattet. Es musste hierbei mit stetig steigender Geschwindigkeit eine Strecke von 2 x 20 Metern zurückgelegt werden, wobei nach den gelaufenen 40 Metern eine Erholungspause von 10 Sekunden eingelegt wurde. Dieser Test wurde nach dem Testprotokoll der FIBA (Fédération Internationale de Basketball) bis Level 30 gelaufen.

2.2.2 Das Wiener Testsystem

Die Testbatterie des Wiener Testsystems (Schuhfried GmbH) wurde in der Vorbereitung der Saison 2020/21 von 26 Schiedsrichterinnen bzw. Schiedsrichtern (14 A-Kader, 12 B-Kader) zur Erhebung der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten durchgeführt. Die computerbasierte Testung beinhaltet insgesamt elf Tests zur Bestimmung der Antizipation, visuellen Wahrnehmung, allgemeinen Intelligenz, Aufmerksamkeit und Reaktionsschnelligkeit (Gesamtdauer ca. 120 Minuten).

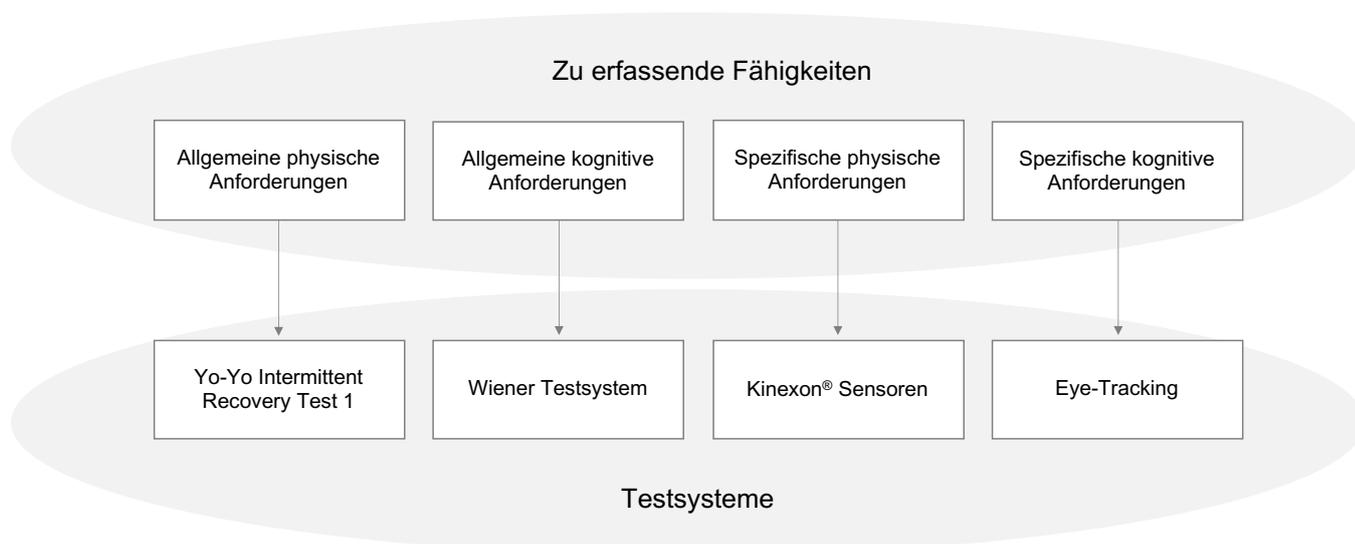


Abb. 1: Darstellung der erfassten allgemeinen und spezifischen Anforderungen und Auflistung der genutzten Testsysteme.

2.2.1 Yo-Yo Intermittent Recovery Test

Der Yo-Yo Intermittent Recovery Test (Krusstrup et al., 2003) wurde zur Testung der allgemeinen physischen Fähigkeiten im Rahmen der Vorbereitungslehrgänge mit insgesamt 33 Probandinnen und Probanden (19 A-Kader; 14 B-Kader) durchgeführt. Alle Schiedsrichterin-

2.2.3 KINEXON® und mobiles Eye-Tracking

Insgesamt 18 Probandinnen und Probanden (13 A-Kader, 5- B-Kader) wurden zu Beginn der Testung der spezifischen kognitiven und physischen Fähigkeiten mit einem mobilen Eye-Tracking-System (Pupil Core, Pupil Labs GmbH, Berlin) ausgestattet, mit welchem Blickbewe-

gungen aufgezeichnet werden können, sowie mit Herzfrequenz- (Polar®) und Bewegungssensoren (Kinexon®). Durch die Eye-Tracking-Aufnahmen sollten visuelle Informationsquellen zur erfolgreichen Differenzierung von regelwidrigen Situationen aus der Schiedsrichterperspektive identifiziert werden. Die Bewegungs- und Herzfrequenzsensoren dienen zur Messung der spezifischen physischen Belastung während eines Spiels.

3 Ergebnisse

In dem durchgeführten Projekt wurden Daten von insgesamt 35 Schiedsrichterinnen und Schiedsrichtern erhoben, allerdings konnten nicht alle Teilnehmenden an der gesamten Testbatterie teilnehmen, sodass die Stichprobengröße bei den einzelnen Tests unterschiedlich groß war: Yo-Yo Intermittent Recovery Test (n = 33), Testbatterie des Wiener-Testsystems (n = 26), Bewegungs- und Herzfrequenzdaten (n = 18). Bei der Erhebung der Eye-Tracking-Daten kam es zu technischen Ausfällen, sodass bei 6 von 18 erhobenen Schiedsrichterinnen und Schiedsrichtern keine Daten generiert werden konnten.

Schiedsrichter X

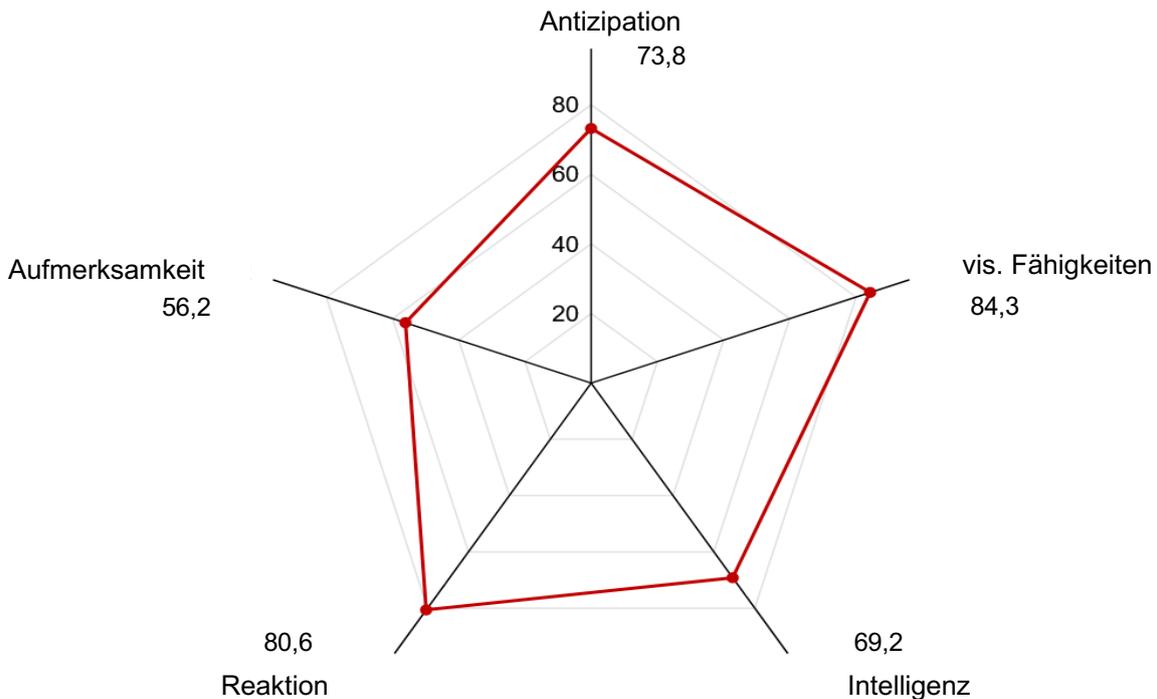


Abb. 2: Diagramm der gemittelten Werte aller Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter in den verschiedenen Fähigkeiten der allgemein-kognitiven Testung. Dabei stellt die rote Linie das Leistungsniveau in den verschiedenen kognitiven Fähigkeiten im Vergleich zu einer Normstichprobe dar (die Zahlenwerte zeigen die Perzentile an).

3.1 Allgemeine physische Leistungsfähigkeit (Yo-Yo Intermittent Recovery Test)

Die Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter des A-Kaders absolvierten diesen Test mit einer maximalen Herzfrequenz von $189,6 \pm 10,7$ bpm (beats per minute) und einer durchschnittlichen Herzfrequenz von $126,4 \pm 12,9$ bpm. Im B-Kader lag die maximale Herzfrequenz bei $190,8 \pm 11,6$ bpm und der Durchschnitt bei $131 \pm 13,9$ bpm. Die Kaderzugehörigkeit hatte keinen statistisch signifikanten Effekt auf die Herzfrequenz, $t(31) = -0,61$, $p = .548$, Cohens $d = 0,21$. Alle Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter verfügten über ein ausreichendes Ausdauernde, um das geforderte Testprotokoll zu absolvieren (Stufe 30).

3.2 Allgemeine kognitive Leistungsfähigkeit (Wiener Testsystem)

Mithilfe des Wiener Testsystems wurden Daten von elf allgemein-kognitiven Tests erhoben. Die allgemein-kognitiven Fähigkeiten der Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter wurden unter

Verwendung von Normstichproben (Ong, 2015) für jeden Test des Wiener Testsystems analysiert und in Leistungsperzentile eingeteilt (Abb. 2). Die Analyse zeigte, dass die Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter im Vergleich zur Normstichprobe in jeder Fähigkeit überdurchschnittlich abschnitten (Schrödter et al., 2023). Es wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen A- und B-Kaderzugehörigkeit in einzelnen Tests (z. B. räumliche Antizipation, $t(24) = 0.86$, $p = .546$, $d = 0.31$) oder übergeordneten Fähigkeiten (z. B. generelle Antizipation, $t(24) = 0.11$, $p = .921$, $d = 0.09$) festgestellt.

3.3 Spezifische physische Leistungsfähigkeit (KINEXON®)

Mittels der Kinexon®-Sensoren und der Herzfrequenzmessung konnte gezeigt werden, dass die Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter in einem Spiel maximal $4.815 \text{ m} \pm 641,5 \text{ m}$ zurücklegen (durchschnittlich $3.925,5 \text{ m} \pm 901,3\text{m}$). Im Verlauf eines Spiels absolvierten sie durchschnittlich $14,1 \pm 6,7$ Sprints (max. 49 Sprints pro Spiel). Diese Sprints werden mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von $18,41 \pm 3,4 \text{ km/h}$ zurückgelegt (max. 24 km/h). Die durchschnittliche Herzfrequenz der Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter liegt im Spiel bei $120,6 \pm 10,4 \text{ bpm}$ und die maximale Herzfrequenz befindet sich im Durchschnitt bei $157 \pm 11,9 \text{ bpm}$. Interferenzstatistisch wurden keine signifikanten Unterschiede der Belastungsparameter zwischen den verschiedenen Vierteln gefunden (z. B.: Distanz, $F(3,18) = 0,68$, $p = .674$, $\eta^2 = 0,08$). Deskriptiv ist zu erkennen, dass sowohl die maximalen als auch die Durchschnittswerte zeigen, dass sich der Bewegungsumfang der Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter im Verlaufe des Spiels verringert. Hieraus lässt sich allerdings nicht zwangsläufig schließen, dass die Spiele im 4. Viertel an Geschwindigkeit und Intensität verloren haben, da die Sprinthäufigkeit pro Viertel konstant blieb.

3.4 Spezifische kognitive Leistungsfähigkeit (Eye-Tracking)

Für die Analyse der spezifischen kognitiven Leistungsfähigkeit mittels Eye-Tracking-Systemen

konnte auf 67 Szenen von 12 Schiedsrichterinnen und Schiedsrichtern zurückgegriffen werden. Diese Szenen zeigen Foulsituationen (47), Schrittfehler (3), Offensivfouls (7) und No-Calls (10). Die Daten zeigen, dass sich das Blickverhalten der Unparteiischen über den Spielverlauf nicht wesentlich verändert. Das bedeutet zum Beispiel, dass Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter den Fokus ihres Blickverhaltens zwischen dem ersten Viertel und dem vierten Viertel nicht nennenswert veränderten. Vielmehr scheint das Blickverhalten der Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter abhängig zu sein von ihrer Position auf dem Feld und den speziellen Umständen der zu beobachtenden Szene.

Mithilfe der generierten Eye-Tracking-Daten wurde weiterhin untersucht, ob die Perspektive, aus der eine Szene wahrgenommen wird, Einfluss auf die Entscheidungsqualität hat. Es zeigte sich ein Trend, dass die Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter in den Szenen aus der Schiedsrichterperspektive im Durchschnitt eine höhere Entscheidungsgenauigkeit aufweisen als bei Szenen aus der Zuschauerperspektive, allerdings bleibt dieses Ergebnis in zukünftigen Arbeiten mit einer größeren Stichprobe zu überprüfen.

4 Diskussion

Um ein Basketballspiel als Schiedsrichterin bzw. Schiedsrichter möglichst fehlerfrei leiten zu können, ist eine Kombination verschiedener spezifischer und allgemeiner kognitiver und physischer Fähigkeiten und Fertigkeiten erforderlich. Die Analyse der spezifischen physischen Tests im Rahmen des durchgeführten Projekts zeigte, dass A- und B-Kader-Schiedsrichterinnen und -Schiedsrichter in einem Spiel über alle vier Viertel eine konstante Leistung in Bezug auf Laufdistanzen, Richtungswechsel und Sprints erbringen. Dafür legen sie in einem Spiel eine Distanz von ca. 4.000 m mit einer durchschnittlichen Herzfrequenz von 121 bpm zurück. Es wurden maximale Herzfrequenzen bei den im Projekt untersuchten Spielen von 157 bpm gemessen. Innerhalb der Spiele wurden durchschnittlich 14 Sprints mit einer Geschwindigkeit von 18 km/h absolviert. In Bezug auf den allge-

meinen physischen Test konnte gezeigt werden, dass Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter im Rahmen eines Spiels ihre individuellen physischen Belastungsgrenzen nicht erreichen. Dies zeigt, dass der Yo-Yo Intermittent Recovery Test ein adäquater Test ist, um die allgemeine physische Belastungsfähigkeit abzubilden. Jedoch bildet der Test in dieser Form keine Sprintbelastungen sowie flexible Richtungswechsel, wie sie im Spiel zunehmend vorkommen, ab.

Für die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten konnte gezeigt werden, dass alle Basketball-Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter des A- und B-Kaders über überdurchschnittliche kognitive Leistungsfähigkeiten (verglichen mit Normstichproben) verfügen. Am besten waren ihre Leistungen in Tests zur Bestimmung der visuellen Wahrnehmung und der räumlichen Antizipation. Insbesondere die herausragenden Leistungen im Test zur räumlichen Antizipation lassen darauf schließen, dass dies eine Kernkompetenz von Unparteiischen im Basketball ist.

Bei den spezifischen kognitiven Testungen konnte festgestellt werden, dass alle Probandinnen und Probanden ähnliche Blickstrategien aufwiesen und bei dem Großteil der Entscheidungen ihren Blick auf die ihnen durch ihre Position auf dem Feld zugewiesenen Aufgaben- und Betrachtungsbereiche fokussierten. Dies scheint sich nicht mit steigender Belastung zu verändern. Auch konnte kein Zusammenhang zwischen den Ausprägungen der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten und dem individuellen Blickverhalten gefunden werden. Die erhobenen Daten lassen sich vor allem für die Entwicklung eines neuen Schiedsrichterentscheidungstrainings nutzen, damit Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter regelmäßig in einem möglichst realistischen Setting trainieren können. Bisher wurden ausschließlich Aufnahmen aus der Zuschauerperspektive für das Schiedsrichterentscheidungstraining verwendet. Es ist allerdings zu überlegen, zukünftig Situationen aus der direkten Schiedsrichterperspektive in das Training aufzunehmen.

Zusammenfassend lässt sich durch die Ergebnisse ein umfassendes Leistungsprofil darstellen,

an dem sich zukünftig Basketballschiedsrichterinnen und -schiedsrichter orientieren können. Das Profil und die entsprechenden Orientierungswerte lassen sich dabei sowohl zur Talentprognose als auch zur Fehleranalyse und damit verbunden für Trainingsempfehlungen nutzen. Nachfolgende Forschungsaktivitäten sollten den Fokus auf den Einfluss der Wahrnehmungsperspektive sowie auf die Entscheidungsqualität legen. Hierfür wäre es denkbar, Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter während der Spiele mit Bodycams auszustatten, um Aufnahmen aus der Perspektive von Schiedsrichterinnen und Schiedsrichtern für ein Entscheidungstraining zu generieren. Des Weiteren wäre es denkbar, die bestehende allgemeine physische Diagnostik mittels des Yo-Yo Intermittent Recovery Tests durch eine spezifische Diagnostik zu ergänzen, die es ermöglicht, die Beschleunigungs- und Sprintfähigkeit von Schiedsrichterinnen und Schiedsrichtern abzubilden. Eine entsprechende Diagnostik ist derzeit nicht validiert und müsste in Anlehnung an die Bedürfnisse der Schiedsrichterinnen und Schiedsrichter entwickelt werden.

5 Literatur

- Avugos, S., MacMahon, C., Bar-Eli, M., & Raab, M. (2021). Inter-individual differences in sport refereeing: A review of theory and practice. *Psychology of Sport and Exercise*, 55, 101926. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2021.101926>
- Fasold, F., Nicklas, A., Seifriz, F., Schul, K., Noël, B., Aschendorf, P., & Klatt, S. (2021). Gaze coordination of groups in dynamic events – A tool to facilitate analyses of simultaneous gazes within a team. *Frontiers in Psychology*, 12, 656388.
- Helsen, W., & Bultynck, J.-B. (2004). Physical and perceptual-cognitive demands of top-class refereeing in association football. *Journal of Sports Sciences*, 22(2), 179-189. <https://doi.org/10.1080/02640410310001641502>

- Klatt, S., Noël, B., Nicklas, A., Schul, K., Seifriz, F., Schwarting, A., & Fasold, F. (2021). Gaze behavior and positioning of referee teams during three-point shots in basketball. *Applied Sciences*, 11, 6648.
- Krustrup, P., Mohr, M., Amstrup, T., Rysgaard, T., Johansen, J., Steensberg, A., ... & Bangsbo, J. (2003). The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(4), 697-705.
- MacMahon, C., Mascarenhas, D., Plessner, H., Pizzera, A., Oudejans, R., & Raab, M. (2014). *Sports officials and officiating: Science and practice*. Routledge.
- Morgulev, E., Azar, O. H., Lidor, R., Sabag, E., & Bar-Eli, M. (2018). Searching for judgment biases among elite basketball referees. *Frontiers in Psychology*, 9, 2637. <https://doi.org/doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02637>
- Nabli, M. A., Ben Abdelkrim, N., Fessi, M. S., DeLang, M. D., Moalla, W., & Chamari, K. (2019). Sport science applied to basketball refereeing: A narrative review. *The Physician and Sportsmedicine*, 47(4), 365-374.
- Ong, N. C. H. (2015). The use of the Vienna Test System in sport psychology research: A review. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 8(1), 204-223.
- Pizzera, A., & Raab, M. (2012). Perceptual judgments of sports officials are influenced by their motor and visual experience. *Journal of Applied Sport Psychology*, 24(1), 59-72. <https://doi.org/10.1080/10413200.2011.608412>
- Schrödter, R., Schwarting, A., Fasold, F., Schul, K., & Klatt, S. (2023). The relevance of general spatial anticipation skills for basketball referees. *Applied Sciences*, 13, 2991.

Ausdauerleistung und Wohlbefinden von Athlet*innen in Zeiten von COVID-19: Entwicklung und Erprobung eines App-basierten Trainings mit Atemübung und Biofeedback

AZ: 071010/20-22

Dr. Uirassu Borges, Dr. Babett Lobinger & PD Dr. Sylvain Laborde

Deutsche Sporthochschule Köln, Psychologisches Institut

1 Problem

Studien zeigen seit dem Ausbruch der Coronapandemie, dass eine Infektion mit dem Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) zu Leistungseinbußen bei professionellen Athlet*innen führen kann (Rasmussen et al., 2022). Für die Angewandte Sportpsychologie im Leistungssport stellt sich die Frage, welcher gesamtgesellschaftliche Beitrag zur Genesung, Gesunderhaltung und Wiederherstellung der Lebensqualität der Athlet*innen geleistet werden könnte (Laborde et al., 2022). Eine Möglichkeit ist gezieltes Atemtraining in Form von Slow-Paced Breathing (SPB) mit Biofeedback. Dies besteht in einer bewussten, verlangsamten Bauchatmung auf einer spezifischen Frequenz mit gleichzeitiger Darstellung der eigenen Herzaktivität.

Das vorliegende Forschungsprojekt beschäftigt sich mit dem Einsatz von SPB als eine Interventionsmethode für gesunde Athlet*innen zur Verbesserung von leistungsrelevanten psychophysiologischen Prozessen, die von SARS-CoV-2 beeinträchtigt werden können. Ziele des Projektes waren erstens die Untersuchung des Einflusses von SPB auf pulmonale Leistung, kardiale vagale Aktivität (die Beeinflussung der Aktivität des Vagusnervs auf dem Herzen), Ausdauerleistung, Schlafqualität und subjektives Wohlbefinden und zweitens die Entwicklung eines App-basierten Atemtrainings mit Biofeedback für eine individuelle, flexible Nutzung durch die Athlet*innen.

Um dem oben erwähnten Forschungsziel nachzugehen, wurden drei Hauptphasen geplant: In der ersten Phase wurde eine Pilotstudie mit sportlich aktiven Proband*innen durchgeführt, welche zum Ziel hatte, ein geeignetes Atemtrainingsprotokoll zu testen (Studie 1). In der zweiten Phase wurde eine App konzipiert, entwickelt und auf Reliabilität sowie Validität geprüft. Auf beiden Phasen aufbauend wurde in der dritten Phase diese App im Rahmen einer Studie mit professionellen Athlet*innen auf Nutzbarkeit und Akzeptanz getestet (Studie 2).

2 Studie 1

2.1 Methode

In Studie 1 wurden die oben erwähnten Variablen mit den folgenden Methoden erfasst: pulmonale Leistung sowie Ausdauerleistung mittels Spiroergometrie (pulmonale Leistung: Sauerstoffaufnahme, $\dot{V}O_2$ Ruhe, Ausdauerleistung: maximale Sauerstoffaufnahme, $\dot{V}O_{2peak}$ und erbrachte Leistung auf dem Ergometer, Wattzahl kurz vor Erschöpfung), kardiale vagale Aktivität mithilfe eines Elektrokardiogramms (EKG; root mean square of successive differences, RMSSD, und absolute Differenz von RMSSD beim orthostatischen Test), Schlafqualität mittels Wearable (Gesamtschlafzeit (total sleep time), TST), EKG über Nacht (RMSSD) und Fragebogen (Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI); Buysse et al., 1989) und subjektives Wohlbefin-

den mittels Fragebogen (Comprehensive Inventory of Thriving (CIT); Su et al., 2014).

Die Werte von 49 Proband*innen (31 weiblich, MAlter = 23.6 Jahre alt, SD = 2.9) wurden zweimal (Pre- und Post-Messung) an zwei aufeinanderfolgenden Tagen erhoben. Bei der Pre-Messung übernachteten die Proband*innen mit dem EKG und dem Wearable zuhause. Am nächsten Tag führten sie den orthostatischen Test unmittelbar nach dem Aufwachen durch und gingen dann ins Labor. Dort fand eine Ruhemessung mit dem EKG statt und im Anschluss daran ein Belastungstest mit dem Spiroergometer. Zum Schluss füllten die Proband*innen die beiden Fragebögen aus, installierten die App „Awesome Breathing v44.1“ auf ihren eigenen Smartphones und starteten am selben Tag die Intervention. Die Intervention bestand in einer täglichen, 15-minütigen Übung mit SPB vor dem Schlafen über einen Monat. Dabei führten die Proband*innen ein Tagebuch, indem sie immer den Tag ankreuzten, an dem sie die Übung erfolgreich abgeschlossen hatten. Am Ende dieses Monats gingen die Proband*innen wieder ins Labor und wiederholten das gleiche Prozedere wie vor dem Beginn der Intervention (Post-Messung). 17 Proband*innen waren in der SPB-Gruppe und wurden instruiert, auf sechs Zyklen pro Minute zu atmen. 16 Proband*innen waren in Kontrollgruppe 1, die auf zwölf Zyklen pro Minute atmeten, was sich innerhalb des Bereichs der spontanen, nicht kontrollierten Atmung befindet (Tortora & Derrickson, 2014). 17 Proband*innen waren in Kontrollgruppe 2, die die Instruktion erhielten, 15 Minuten lang Social Media zu konsumieren.

2.2 Ergebnisse

Die tägliche Übung wurde den Studienteilnehmer*innen zufolge (eigene Angabe durch das Tagebuch) im Durchschnitt 26,8 Mal (SD = 1.7) durchgeführt. Hinsichtlich $V'O_2$ Ruhe gibt es weder einen Haupteffekt von Zeit, $F(1,35) = 2.927$, $p = .096$, noch von Bedingung, $F(2,35) = 0.969$, $p = .389$. Es gibt ebenfalls keinen Interaktionseffekt, $F(2,35) = 1.321$, $p = .280$. Was die Ausdauerleistung angeht, so gibt es keine Haupteffekte von den Gruppen bzw. von den Messzeitpunkten auf $V'O_2$ peak (Haupteffekt Zeit: $F(1,37) = 0.238$, $p =$

$.629$; Haupteffekt Bedingung: $F(2,37) = 0.600$, $p = .554$). Die Leistung auf dem Ergometer (Watt) zeigt ebenfalls keine Effekte (Haupteffekt Zeit: $F(1,38) = 0.165$, $p = .686$; Haupteffekt Bedingung: $F(2,38) = 1.455$, $p = .246$; Interaktionseffekt: $F(2,38) = 0.197$, $p = .822$).

Die Ruhemessung von RMSSD beim Pre-Messzeitpunkt unterscheidet sich nicht signifikant von der Post-Messung, $F(1,28) = 0.886$, $p = .355$. Gleiches ergibt sich für die Gruppen, $F(2,28) = 1.206$, $p = .314$, sowie für die Interaktion, $F(2,28) = 0.431$, $p = .654$. Die Differenz beim orthostatischen Test unterscheidet sich auch nicht signifikant, Haupteffekt Zeit: $F(1,27) = 0.038$, $p = .846$; Haupteffekt Bedingung: $F(2,27) = 2.579$, $p = .094$; Interaktionseffekt: $F(2,27) = 1.422$, $p = .259$.

Auch über Nacht zeigt RMSSD keine Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten und den Gruppen: Haupteffekt Zeit: $F(1,28) = 0.002$, $p = .966$; Haupteffekt Bedingung: $F(2,28) = 0.635$, $p = .537$; Interaktionseffekt: $F(2,28) = 1.386$, $p = .267$. Hinsichtlich objektiver Schlafqualität zeigt TST ebenfalls kein signifikantes Ergebnis, Haupteffekt Zeit: $F(1,36) = 2.317$, $p = .137$; Haupteffekt Bedingung: $F(2,36) = 1.437$, $p = .251$; Interaktionseffekt: $F(2,36) = 1.437$, $p = .251$. Bezüglich subjektiver Schlafqualität (PSQI-Fragebogen, Gesamtscore) wurden keine Effekte gefunden (Haupteffekt Zeit: $F(1,39) = 0.869$, $p = .357$; Haupteffekt Bedingung: $F(2,39) = 2.125$, $p = .127$; Interaktionseffekt: $F(2,39) = 0.205$, $p = .815$).

Was das subjektive Wohlbefinden angeht (CIT-Fragebogen, Gesamtscore), so wurde ein Haupteffekt von Zeit gefunden, $F(1,46) = 12.943$, $p < .001$, $\eta^2 p = .220$, wobei pre ($M = 4.0$ SD = 0.359) niedriger ist als post ($M = 4.4$ SD = 0.3). Ein Haupteffekt lässt sich aber nicht für Bedingung finden, $F(2,46) = 0.317$, $p = .730$, und Gleiches gilt für den Interaktionseffekt, $F(2,46) = 0.317$, $p = .730$.

3 Appentwicklung

Nach Abschluss der Appentwicklung bzw. Kooperation mit dem App-Entwickler lagen zwei Versionen der App vor. App-Version 1 wurde,

zugeschnitten auf Studie 2, in den App-Stores veröffentlicht. Dies bedeutet, dass einige Funktionen nach dem Abschluss von Studie 2 freigeschaltet wurden. Diese freizuschaltenden Funktionen sind: freie Festlegung der Atemfrequenz für die Atemübung, Entfernen von Funktionen, die nur für Studie 1 von Relevanz waren (z. B. Instruktionen zur Testung und zum orthostatischen Test), und offene Messung (nicht mehr an die 15 Minuten gebunden). App-Version 2 besteht in der vollständigen Version der App (Abb. 1) und wurde den Athlet*innen zur freien Nutzung über die BISP-Homepage zur Verfügung gestellt.

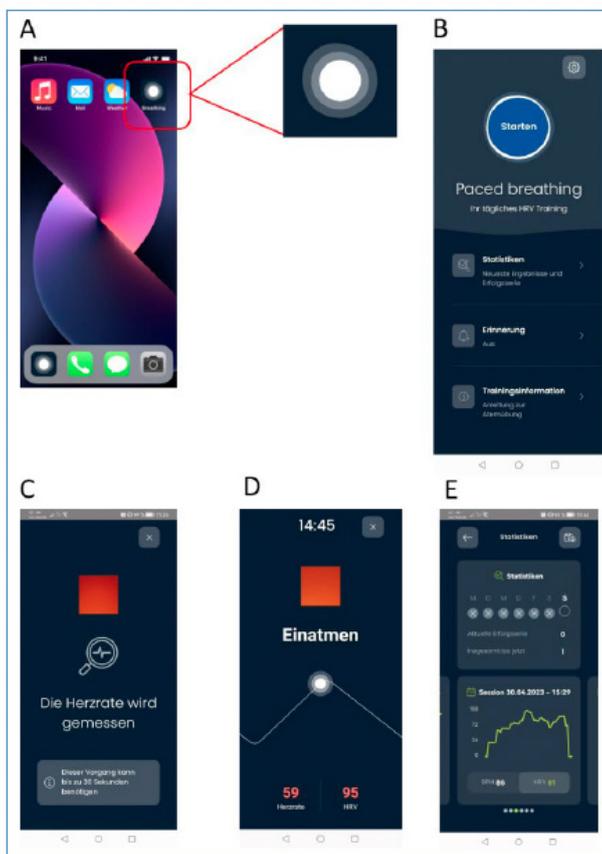


Abb. 1: Screenshots der App mit beispielhaften Funktionen. A: Icon der App; B: Hauptseite; C: Berechnung der Herzrate mittels Photoplethysmographie (PPG); D: Visueller Schrittmacher für Slow-Paced Breathing mit Biofeedback (rote Zahlen; die Farben deuten auf die Qualität des PPG-Signals hin); E: Statistiken nach der Atemübung.

Die App ermöglicht SPB sowie Resonanzfrequenzatmung und gleichzeitig die graphische Live-Darstellung des Verlaufs der aktuellen HRV sowie Herzfrequenz (Biofeedback). Die Konzeption der App erfolgte in enger Zusammenarbeit mit dem App-Entwickler „App Dafuer GmbH“,

welcher über ein öffentliches Vergabeverfahren kontaktiert wurde. Durch die Zusammenarbeit mit uns konnten wir sicherstellen, dass die Inhalte fachlich korrekt dargestellt wurden. Die Zusammenarbeit erfolgte nach einem intensiven iterativen Verfahren inkl. 14-tätigem Jour Fixe, um neue Funktionen zu testen und Rückmeldungen an die Entwickler zu geben. Dies erfolgte insbesondere während der Entwicklung des eigenen Codes für Photoplethysmographie (PPG), Grundlage des Biofeedbacks. In dieser Phase fand eine Reihe von Reliabilitätstests statt, mit dem Ziel, die Signalerkennung der PPG mithilfe der eigenen Smartphone-Kamera zu optimieren. Dabei wurde die PPG-Messung der App mit dem Goldstandard EKG und zusätzlich mit einer Messung über einen Polar-Gurt gleichzeitig verglichen. Als die Messung die gleichen HRV-Muster aufwies wie die von EKG und Polar-gurt, wurde die Feinschliffphase der Appentwicklung abgeschlossen. Mit der fertigen App-Version 1 konnte Studie 2 durchgeführt werden.

4 Studie 2

Studie 2 hatte zum Ziel, die App bei Athlet*innen zu erproben. Dabei standen die Erfahrung mit und die Akzeptanz der App von Seiten der Athlet*innen im Vordergrund, nachdem man diese einen Monat lang angewendet hatte. Die Stichprobe besteht aus 19 professionellen Athlet*innen (N = 10 Probandinnen, M = 20.4 Jahre, SD = 5.8).

Da es bislang kein standardisiertes, deutschsprachiges Messinstrument für die Bewertung der Anwenderfreundlichkeit und Akzeptanz (Usability) von neuen Gesundheits-Apps durch Athlet*innen gibt, wurde im Rahmen des vorliegenden Projektes ein Fragebogen zur Erfassung der Usability der App konstruiert, der auf die Eigenschaften der App sowie auf die Bedürfnisse der Zielgruppe zugeschnitten ist. Der Fragebogen legt den Fokus auf Nutzungsverhalten und Einstellungen und basiert auf dem Technologieakzeptanzmodell (Davis, 1989). Die Items des Usability-Fragebogens umfassen auch Zusatzfragen, die sich spezifisch auf die entwickelte App und den Leistungssportkontext bezo-

gen. Neben „Zusatzfragen“ wurden Items zu den folgenden Themenbereichen generiert: wahrgenommene Nützlichkeit, wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit, Offenheit gegenüber neuen Technologien, Einstellung und Verhaltensintention. Die Variable „Nutzung“ wurde mithilfe des eingebauten Appnutzungs-Trackers erfasst. Alle Items bis auf Nutzung können auf einer Likert-Skala zwischen 1 („trifft überhaupt nicht zu“) und 6 („trifft voll zu“) bzgl. persönlicher Zustimmung bewertet werden. Der Fragebogen wurde mithilfe des Befragungsportals SosciSurvey (Leiner, 2019) umgesetzt. Bei der Auswertung wurden die Gesamtscores berücksichtigt.

Zum Thema Offenheit für neue Technologien (Gesamtscore) haben die Studienteilnehmer*innen die App, auf einer Skala von 1 bis 6, mit $M = 4.83$ ($SD = 0.91$, $Min = 2.60$, $Max = 6.00$) bewertet. Die wahrgenommene Benutzerfreundlichkeit (Gesamtscore) wurde mit $M = 4.97$ ($SD = 0.72$, $Min = 3.50$, $Max = 5.50$) bewertet. Die wahrgenommene Nützlichkeit wurde mit $M = 4.36$ ($SD = 0.79$, $Min = 2.71$, $Max = 5.00$) bewertet. Die Verhaltensintention wurde weniger positiv bewertet mit $M = 3.27$ ($SD = 0.99$, $Min = 1.33$, $Max = 5.00$).

Über die Items zu den spezifischen Konstrukten hinaus wurden Zusatzfragen gestellt. Auf die Aussage „Die App zu benutzen ist anstrengend“ haben die Nutzer*innen mit $M = 3.3$, $SD = 1.2$ geantwortet. „Die Benutzung ist langweilig“ wurde mit $M = 3.5$, $SD = 0.9$ bewertet. Dem Satz „Ich würde die App weiterempfehlen“ wurde mit $M = 4.3$, $SD = 1.1$ zugestimmt. Die Zufriedenheit mit der App insgesamt wurde mit $M = 4.5$, $SD = 0.9$ zugestimmt. Der Aussage „Die App ist für Sportler*innen in einer Pandemie hilfreich“ wurde mit $M = 4.6$, $SD = 1.4$ zugestimmt.

Die App wurde im Durchschnitt 15,7 Mal ($SD = 7.3$, $Min = 1$, $Max = 23$) benutzt. Davon haben 3 der 19 Teilnehmer*innen die App weniger als 10 Mal während der Intervention benutzt. Insgesamt haben zwei Appnutzer*innen die App tatsächlich weiter angewendet, obwohl die Studienteilnahme bereits zu Ende war. Eine*r von diesen beiden Teilnehmer*innen nutzt die App bis heute auf täglicher Basis.

5 Diskussion

Eine einmonatige, tägliche Intervention mit SPB (Studie 1) führte zu keiner Verbesserung der hier untersuchten Variablen. Parallel zu Studie 1 wurde die App erfolgreich entwickelt. Obwohl die App generell sehr positiv bewertet wurde (Studie 2), wurde sie in der Praxis nur mäßig benutzt und eine weitere Nutzung der App nach Studienteilnahme erfolgte eher vereinzelt. Dies kann so interpretiert werden, dass die intrinsische Motivation von Studienteilnehmer*innen zentral ist, insbesondere wenn die Intervention eigenständig und von Zuhause aus umgesetzt werden muss. Trotz der sehr positiven Bewertung wurden die Items zur Intention, die App auch nach Studienteilnahmeabschluss weiter zu nutzen, am wenigsten positiv bewertet. Dies deutet darauf hin, dass zukünftige Studien weitere Überlegungen zum Thema Motivation einbringen sollten, um eine wirksame Intervention zu ermöglichen, sodass die Ergebnisse eindeutiger interpretierbar sind. Motivationale Komponenten sollten eingebaut werden. Im Sinne des Studiendesigns könnte es eine vielversprechende Möglichkeit sein, zusätzlich eine Veranstaltung z. B. zum Thema Psychoedukationstraining anzubieten.

Da die Übung von Zuhause aus durchgeführt werden musste, sollte neben der Verbesserung des Studiendesigns im Sinne von motivationalen Komponenten in der Zukunft auch die App in diese Richtung weiterentwickelt werden. Ein vielversprechendes Follow-Up-Projekt könnte den Fokus auf die Motivation und Verhaltensänderung im Sinne einer Integration der App-Nutzung in den Alltag legen. Es könnte sich hierbei um App-Funktionen handeln, die notwendig wären, um die Motivation zur Nutzung zu erhöhen. Dabei können die Mechanismen genauer verstanden werden, die einer erhöhten Motivation zur Nutzung einer solchen gesundheitsfördernden App zugrunde liegen. Dies könnte darüber hinaus dabei helfen, besser zu verstehen, warum keine Effekte der App-basierten Intervention gefunden werden konnten. Dank dieses Projekts konnte eine erste kostenlose Smartphone-App entwickelt werden, die es ermöglicht, SPB durchzuführen und dabei ein

Live-Feedback (HRV-Biofeedback) zu erhalten, ohne die Notwendigkeit, über die eigene Smartphone-Kamera hinaus ein zusätzliches Gerät zu verwenden. Wir hoffen, dass diese Initiative dazu beitragen wird, die Verwendung dieser Technik in Zukunft bei einer größeren Anzahl von Sportler*innen zu verbreiten.

6 Literatur

- Buysse, D. J., Reynolds, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R., & Kupfer, D. J. (1989). The Pittsburgh sleep quality index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research*, 28(2), 193–213. [https://doi.org/10.1016/0165-1781\(89\)90047-4](https://doi.org/10.1016/0165-1781(89)90047-4)
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, 13(3), 319–339. <https://doi.org/10.2307/249008>
- Laborde, S., Borges, U., & Adler, M. (2022). Betreuung von Sportlern in Covid-19-Zeiten: eine Perspektive aus der Sportpsychologie. *Sportphysio*, 10(03), 123–132. <https://doi.org/10.1055/A-1841-8223>
- Leiner, D. J. (2019). *Sosci Survey (Version 3.1.06)* [Computer Software]. <https://www.soscisurvey.de>
- Rasmusen, H. K., Aarøe, M., Madsen, C. V., Gudmundsdottir, H. L., Mertz, K. H., Mikkelsen, A. D., Dall, C. H., Brushøj, C., Andersen, J. L., Vall-Lamora, M. H. D., Bovin, A., Magnusson, S. P., Thune, J. J., Pecini, R., & Pedersen, L. (2022). The COVID-19 in athletes (COVA) study: a national study on cardio-pulmonary involvement of SARS-CoV-2 infection among elite athletes. <https://doi.org/10.1080/20018525.2022.2149919>, 10(1). <https://doi.org/10.1080/20018525.2022.2149919>
- Su, R., Tay, L., & Diener, E. (2014). The Development and Validation of the Comprehensive Inventory of Thriving (CIT) and the Brief Inventory of Thriving (BIT). *Applied Psychology: Health and Well-Being*, 6(3), 251–279. <https://doi.org/10.1111/aphw.12027>
- Tortora, G. J., & Derrickson, B. H. (2014). *Principles of Anatomy and Physiology*. John Wiley & Sons Inc.

Qualifizierung im DOSB: Kompetenzorientierung in der Trainer:innenbildung Leistungssport (QuaTroPLUS)

AZ: 071101/18-20

Annalena Möhrle, Sebastian Liebl & Ralf Sygusch (Projektleitung)

Friedrich-Alexander-Universität (FAU) Erlangen-Nürnberg

1 Einleitung

Kompetenzorientierung im Sport wird seit fast 20 Jahren in verschiedenen Bildungssettings – beispielsweise Sportunterricht, Sportlehrkräfte- und Trainer:innenbildung – diskutiert und beforscht (u. a. Baumgartner, 2022; Gogoll, 2022; Heim et al., 2022). Nachdem Kompetenzorientierung bereits seit 2005 in den Rahmenrichtlinien für Qualifizierung (DSB, 2005) des Deutschen Olympischen Sportbunds (DOSB) formal verankert ist, ist der Kompetenzdiskurs zur Trainer:innenbildung im deutschsprachigen Raum – angeregt durch die Lehrkräfte- und Schüler:innenbildung (u. a. Baumert & Kunter, 2011; Klieme et al., 2007) – dynamisch fortgeschritten. So hat zum Beispiel der DOSB die kompetenzorientierte Ausrichtung seiner Rahmenrichtlinien (DSB, 2005) um ein eigen entwickeltes DOSB-Kompetenzmodell ergänzt (Sygusch et al., 2020a, 2020b). Dieses Modell geht davon aus, dass Trainer:innenkompetenzen „sportwissenschaftliches, methodisch-didaktisches und sozial-kommunikatives aktives Wissen und dessen reflektierte Nutzung (= Können) zur Lösung von variablen Anforderungssituationen in Training und Wettkampf [umfassen]“ (Sygusch et al., 2020a, S. 47). Zentraler Ausgangspunkt dieses Modells sind Anforderungssituationen von Trainer:innen. Für den Erwerb von Trainer:innenkompetenzen gibt das Modell zur Bewältigung dieser Anforderungssi-

tuationen konkrete Qualitätsempfehlungen¹ zur Gestaltung einer kompetenzorientierten Trainer:innenbildung. Diese Empfehlungen zielen auf die Entwicklung einer verbandsspezifischen kompetenzorientierten Lernziel-, Aufgaben- und Prüfungskultur (Sygusch et al., 2020a, 2020b). Eine erste Erprobung des DOSB-Kompetenzmodells fand im Rahmen des vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft geförderten Forschungsprojekts Qualifizierung im DOSB: Kompetenzorientierung in der Trainer:innenbildung Leistungssport (QuaTroPLUS)² statt. QuaTroPLUS hatte das Ziel, die Trainer:innenbildung Leistungssport in vier Spitzensportverbänden (Deutscher Hockey Bund e. V. [DHB], Deutscher Judo-Bund e. V. [DJB], Deutscher Leichtathletik Verband e. V. [DLV] und Deutscher Skiverband e. V. [DSV]) orientiert am DOSB-Kompetenzmodell kompetenzorientiert weiterzuentwickeln und fokussierte hierbei folgende Fragestellungen:

- F1: (Wie) Wird in den Ausbildungs- und Lehrgangskonzeptionen der beteiligten Verbände eine am DOSB-Kompetenzmodell orientierte Trainer:innenbildung angelegt?
- F2: (Wie) Werden die – orientiert am DOSB-Kompetenzmodell – entwickelten Lehrgangskonzeptionen der beteiligten Verbände umgesetzt, erlebt und akzeptiert?

¹ Aus Platzgründen wurde auf eine eigenständige Erläuterung des DOSB-Kompetenzmodells verzichtet. In Kapitel 3 werden zentrale Qualitätsempfehlungen benannt, um die dort dargestellten Ergebnisse einzuordnen. Im Detail ist es bei Sygusch et al. (2020a, 2020b) nachzulesen.

² Das Forschungsprojekt QuaTroPLUS ist das Folgeprojekt zum ebenfalls vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft geförderten Forschungsprojekt *Qualifizierung im DOSB: Trainer Leistungssport zwischen Anspruch und Wirklichkeit (QuaTro)* (AZ 071101/14-16).

2 Forschungsmethodisches Vorgehen

Angelehnt an die sportpädagogische Programm-evaluation (Sygusch et al., 2013) besteht das methodische Vorgehen aus einer Evaluation der Konzeption (F1) und einer Evaluation der Durchführung (F2).

F1: (Wie) Wird in den Ausbildungs- und Lehrgangskonzeptionen der beteiligten Verbände eine am DOSB-Kompetenzmodell orientierte Trainer:innenbildung angelegt?

Im ersten Schritt wurde mit der Evaluation der Konzeption überprüft, ob den Ausbildungs- und Lehrgangskonzeptionen eine kompetenzorientierte Verortung (Kap. 3.1: Kompetenzverständnis) zugrunde liegt und konkret festgelegte Anforderungssituationen, Wissensbereiche, Lernziele (Kap. 3.1: Lernzielkultur), Lern- (Kap. 3.1: Aufgabenkultur) sowie Leistungsaufgaben (Kap. 3.1: Prüfungskultur) identifiziert werden können. Die Stichprobe der N = 3 Ausbildungs- und N = 28 Lehrgangskonzeptionen stammt aus dem Kooperativen Planungsprozess (Gelius et al., 2021) des Projekts. Für diese Kooperative Planung wurde in jedem beteiligten Verband eine Gruppe eingerichtet. Sie setzte sich aus Vertreter:innen der Sportpraxis (z. B. Ausbildungsverantwortliche, Ausbilder:innen, Trainer:innen), der Sportpolitik/-verwaltung (z. B. Vorstand, Präsidiumsmitglied) und der Sportwissenschaft (FAU-Kompetenzexperten) zusammen. Um die Bedarfe der Verbände und der Sportwissenschaft gleichermaßen zu berücksichtigen, wurde die Planungsgruppe um eine Moderatorin ergänzt. Die verbandsspezifischen Gruppen trafen sich im Zeitraum Mai 2019 bis Februar 2022 zwölf³ bis 15 Mal. Die Datenauswertung der Ausbildungs- und Lehrgangskonzeptionen erfolgte anhand einer Dokumentenanalyse.

F2: (Wie) Werden die – orientiert am DOSB-Kompetenzmodell – entwickelten Lehrgangskonzeptionen der beteiligten Verbände umgesetzt, erlebt und akzeptiert?

Im zweiten Schritt wurde mit der Evaluation der Durchführung die Ausbildungswirklichkeit überprüft. Konkret ging es darum, ob die Ausbilder:innen Lernaufgaben (Kap. 3.2: Aufgabenkultur) bzw. die Prüfer:innen Leistungsaufgaben (Kap. 3.2: Prüfungskultur) gemäß den Lehrgangskonzeptionen umsetzen. Ergänzend wurde untersucht, inwiefern aufgaben- (Kap. 3.2: Aufgabenkultur) und prüfungsbezogenes Handeln (Kap. 3.2: Prüfungskultur) seitens der Ausbilder:innen und Prüfer:innen umgesetzt und von den Ausbilder:innen und Teilnehmenden erlebt und akzeptiert wird. Die Stichprobe bilden N = 9 Ausbilder:innen, N = 2 Prüfer:innen und N = 6 Teilnehmendengruppen. Für die Datenerhebung wurde die Umsetzung von N = 17 Lehrgangskonzeptionen videographiert. Ergänzend erfolgten mit den Ausbilder:innen und Prüfer:innen Stimulated-Recall-Interviews (Messmer, 2014), mit den Teilnehmendengruppen Gruppeninterviews (Misoch, 2019). Für die Datenauswertung erfolgte die Beobachtung der Lehr-Lern- und Prüfungssituationen mithilfe eines am DOSB-Kompetenzmodell orientierten Beobachtungsbogens. Für die Stimulated-Recall- und Gruppeninterviews wurde auf eine qualitative Inhaltsanalyse zurückgegriffen (Mayring, 2015).

3 Ergebnisse

3.1 Evaluation der Konzeption

F1: (Wie) Wird in den Ausbildungs- und Lehrgangskonzeptionen der beteiligten Verbände eine am DOSB-Kompetenzmodell orientierte Trainer:innenbildung angelegt?

³ Ein Verband wechselte nach fünf Kooperativen Projekttreffen in den Projektbeirat, sodass die Kooperative Planung abgebrochen wurde.

Kompetenzverständnis

Alle Verbände haben das Kompetenzverständnis des DOSB-Kompetenzmodells innerhalb der Kooperativen Planungssitzungen sowie in damit einhergehenden Diskussionsprozessen übernommen. Eine entsprechende Definition von Trainer:innenkompetenz wurde seitens der beteiligten Verbände nicht in deren Ausbildungs- und/oder Lehrgangskonzeptionen eingearbeitet. Modelltreu wäre es, diese – oder eine verbandsspezifisch angepasste – Definition beispielsweise in die Ausbildungskonzeption zu übertragen.

Ergänzend wurde im Zuge des Kooperativen Planungsprozesses eine kompetenzorientierte Lernziel-, Aufgaben- und Prüfungskultur konstruktiv diskutiert. Eine formale Verankerung in den Ausbildungsdokumenten der beteiligten Verbände, was beispielweise unter den Merkmalen einer kompetenzorientierten Aufgaben- und Prüfungskultur (kognitive Aktivierung⁴, Lebensweltbezug⁵ oder Meta-Reflexion⁶) konkret verstanden wird und welche didaktisch-methodischen Implikationen sich daraus ergeben, wurde in den Ausbildungs- und/oder Lehrgangskonzeptionen nicht integriert. Modelltreu wäre es, auch solche Leitlinien und didaktisch-methodischen Implikationen einzuarbeiten und dadurch für alle aktuellen und künftigen Ausbilder:innen und Prüfer:innen zugänglich zu machen.

Anforderungssituationen und Wissensbereiche

Insgesamt haben die beteiligten Verbände 43 verbandsspezifische Anforderungssituationen identifiziert, z. B. „Dein Sportler arbeitet an der Verbesserung einer sportlichen Technik. Du beobachtest ihn und hast deine Aufmerksamkeit auf ihn gerichtet. Die ersten vier Versuche, die Technik zu verbessern, waren erfolglos.“ Diesen

Anforderungssituationen wurden lösungsrelevante Wissensbereiche zugeordnet und damit wurde eine Grundlage für die Konkretisierung und Ausdifferenzierung kompetenzorientierter Lernziele, Lern- und Prüfungsaufgaben geschaffen. Die Auswahl lösungsrelevanter Wissensbereiche erfolgte primär erfahrungsgeleitet bzw. pragmatisch (Auswahl vorhandener Wissensmodule). Gleiches gilt für die Zuordnung zu Lizenzstufen, sodass sich keine Lizenzstufen-übergreifende Systematik abbildet, welche die Komplexität der Anforderungssituationen und/oder Wissensbereiche in Niveaustufen unterteilt.

Perspektivisch wäre hier eine Qualitätssteigerung denkbar, indem die Auswahl und Zuordnung von Anforderungssituationen und Wissensbereichen auf einer sportwissenschaftlichen Grundlage erfolgen würde; wenn also den Anforderungssituationen von sportwissenschaftlichen Expert:innen lösungsrelevante Wissensbereiche zugeordnet würden.

Lernzielkultur

Die Dokumentenanalyse belegt für fast alle Lehrgangskonzeptionen eine systematische Ausrichtung der Lernziele an den jeweiligen Anforderungssituationen und Wissensbereichen. Die entwickelten Lernziele sind zudem überwiegend kompetenzorientiert formuliert, d. h., sie greifen die zugeordneten Wissensbereiche auf (Inhaltskomponente) und orientieren sich modellnah an den Aktivitäten (1) Wissen erwerben, (2) Handeln planen, (3) umsetzen sowie (4) auswerten (Handlungskomponente). Zur Aktivität (5) Handeln innovieren wurden nur in Einzelfällen Lernziele entwickelt.

Modelltreu wäre es hier, neben den relevanten Wissensbereichen auch die jeweiligen Anforderungssituationen explizit in Lernzielformulierungen aufzugreifen. Gerade Lernziele zur Wis-

⁴ *Kognitive Aktivierung* meint die eigenständige Auseinandersetzung der Teilnehmenden mit eigenen Erfahrungen und/oder neu erworbenem objektivem Fachwissen sowie die Reflexion dessen (Sygusch et al., 2020b).

⁵ *Lebensweltbezug* meint die Orientierung an und die Herstellung von Bezügen zu Anforderungssituationen aus dem Trainings- und/oder Wettkampfalltag der Teilnehmenden (Sygusch et al., 2020b).

⁶ *Meta-Reflexion* meint die Thematisierung von individuellen Lernzielen, Lernprozessen und Lernfortschritten der Teilnehmenden (Sygusch et al., 2020b).

sensnutzung ([2] Handeln planen, [3] umsetzen, [5] auswerten) würden sich hierfür anbieten. Dies würde den zentralen Ausgangs- und Bezugspunkt von Anforderungssituationen für alle Ausbilder:innen noch stärker verdeutlichen.

Aufgabenkultur

Analog zu den Lernzielen bestätigt die Dokumentenanalyse mehrheitlich eine Ausrichtung der Lernaufgaben an den Anforderungssituationen und Wissensbereichen. Außerdem belegt sie eine überwiegende Passung zwischen Lernzielen und Lernaufgaben. Die meisten formulierten Lernaufgaben greifen die in den Lernzielen benannten Wissensbereiche auf und orientieren sich modellnah an den Aktivitäten (0) Vorwissen aktivieren, (1) Wissen erwerben, (2) Handeln planen, (3) umsetzen sowie (4) auswerten. Die Aktivität (5) Handeln innovieren wurde – analog zur Lernzielkultur – nur in Einzelfällen bedacht.

Modelltreu wäre es – analog zu den Lernzielen –, neben den Wissensbereichen auch die jeweilige Anforderungssituation in den Lernaufgaben aufzugreifen, hier zu (0) Vorwissen aktivieren und zur Wissensnutzung (s. o.: Lernziele).

Prüfungskultur

Bislang liegen erst von zwei Verbänden Konzeptionen mit Leistungsaufgaben vor. Hiervon weisen zwei Konzeptionen Modellnähe auf, indem sowohl die Aktivitäten des Wissenserwerbs und der Wissensnutzung berücksichtigt werden als auch ein deutlicher Bezug zu den entsprechenden Anforderungssituationen, Lernzielen und -aufgaben hergestellt wird. Sie können als Good-Practice-Beispiele angesehen werden. Die weiteren Leistungsaufgaben werden nur für einzelne Aktivitäten angeführt und mit marginalem Bezug zu Anforderungssituationen, Lernzielen und -aufgaben. Modelltreu wäre es, wenn zu allen Lernzielen und -aufgaben passende Leistungsaufgaben konzipiert würden.

3.2 Evaluation der Durchführung

F2: (Wie) Werden die – orientiert am DOSB-Kompetenzmodell – entwickelten Lehrgangskonzeptionen der beteiligten Verbände umgesetzt, erlebt und akzeptiert?

Aufgabenkultur

Die Lernaufgaben wurden zu über zwei Drittel wie konzipiert durchgeführt. In allen anderen Fällen wurden die Lernaufgaben entweder durch weitere Lernaufgaben ergänzt oder konnten bei der Beobachtung nicht identifiziert werden.

Inwiefern die Merkmale einer kompetenzorientierten Aufgabenkultur umgesetzt, erlebt und akzeptiert wurden, wird im Folgenden für jedes Merkmal einzeln dargestellt:

Kognitive Aktivierung wird vielfach aus Zeitgründen und vor allem bei den Aktivitäten zur Wissensnutzung von den Ausbilder:innen nicht konsequent umgesetzt. In den Fällen, in denen kognitive Aktivierung ermöglicht wurde, wird sie sowohl von den Ausbilder:innen als auch von den Teilnehmenden als sinnvoll erlebt und akzeptiert. Ergänzend wurde festgestellt, dass die Aktivitäten (2) Handeln planen und (4) auswerten oft auf subjektivem Erfahrungswissen statt auf (vorher erarbeitetem) objektivem Fachwissen basieren.

Zum Lebensweltbezug werden statt der identifizierten Anforderungssituationen vielfach spontane Praxisbeispiele herangezogen. Die Interviews mit den Ausbilder:innen und Teilnehmenden bestätigen die inhaltliche und didaktisch-methodische Relevanz von Anforderungssituationen. Das didaktische Potenzial der Anforderungssituationen wird allerdings vielfach nicht ausgeschöpft. Wenn Anforderungssituationen aufgegriffen wurden, dann überwiegend zur Veranschaulichung von Wissensbereichen, nicht jedoch als zentraler Ausgangs- (bspw. zum [1] Vorwissen aktivieren) und Bezugspunkt (bspw. zur Aktivität [2] Handeln planen und [3] umsetzen) von Ausbildungssituationen. Modelltreu wäre es, bei der Durchführung regelmäßig auf die in der Konzeption zugrunde gelegte Anforderungssituation aus dem Training und/oder Wettkampf Bezug zu nehmen.

Eine modelltreue Meta-Reflexion über individuelle Lernziele, Lernprozesse und Lernfortschritte ist kaum beobachtbar und wird seitens der Befragten nur in Einzelfällen thematisiert.

Prüfungskultur

Die Leistungsaufgaben aus den beiden vorliegenden Prüfungskonzeptionen wurden mehrheitlich wie konzipiert durchgeführt. Vereinzelt konnten die Leistungsaufgaben bei der Beobachtung nicht identifiziert werden.

Die Merkmale Kognitive Aktivierung, Lebensweltbezug und Meta-Reflexion konnten bei der Umsetzung der Leistungsaufgaben vielfach nicht (als modellnah) identifiziert werden. Hinzu kommt, dass hierfür auch nur in Einzelfällen Aussagen zum Erleben und zur Akzeptanz vorliegen.

4 Diskussion

Die dargestellten Ergebnisse zeigen insgesamt, dass sich die (Weiter-)Entwicklung der Trainer:innenbildung in den beteiligten Spitzensportverbänden auf konzeptioneller Ebene systematisch am DOSB-Kompetenzmodell orientiert. Die Monita beziehen sich wesentlich auf die Umsetzung, vor allem hinsichtlich der Nutzung von Anforderungssituationen und der kompetenzorientierten Ausgestaltung der Rolle von Ausbilder:innen und Prüfer:innen. Die Merkmale aufgaben- und prüfungsbezogenen Handelns (kognitive Aktivierung, Lebensweltbezug und Meta-Reflexion) wurden vielfach nicht als modelltreu identifiziert. Das dürfte unter anderem darin begründet liegen, dass dafür in den Kooperativen Planungssitzungen deutlich weniger Zeit investiert wurde als beispielweise für die Konzeption von Lernaufgaben. Ergänzend wurde festgestellt, dass diejenigen Ausbilder:innen und Prüfer:innen, die durchgehend an der Kooperativen Planung beteiligt waren, tendenziell eher aufgaben- bzw. prüfungsbezogen modellnah gehandelt haben als diejenigen, die nicht oder nur vereinzelt in die Kooperative Planung involviert waren.

Den Spitzensportverbänden wird infolgedessen empfohlen, das aufgabenbezogene Handeln der Ausbilder:innen und deren Rolle als Lernbegleiter:innen weiter zu konkretisieren. Ergänzend sollten die pro Verband geschaffenen ‚Produkte‘ zur Entwicklung und Umsetzung

kompetenzorientierter Trainer:innenbildung den Weg von der Planungsgruppe in den Gesamtverband finden. Hierfür sollten im Sinne einer kompetenzorientierten Trainer:innenbildung (ggf. auch verbandsübergreifend) Maßnahmen zur (Weiter-)Qualifizierung von Ausbilder:innen und Prüfer:innen geschaffen und umgesetzt werden. Darüber hinaus sollten für alle Lernziele und -aufgaben prüfungsbezogene Leistungsaufgaben entwickelt und umgesetzt sowie analog zum aufgabenbezogenen Handeln prüfungsbezogenes Handeln konkretisiert werden.

Aus den Ergebnissen lassen sich nicht nur Handlungsempfehlungen für die Spitzensportverbände, sondern auch für die Weiterentwicklung des DOSB-Kompetenzmodells ableiten. So sollten die im Projektverlauf gewonnenen verbandsübergreifenden Erkenntnisse zu Anforderungssituationen und Anforderungsbereichen in das Modell eingearbeitet werden. Ergänzend sollte die Dimension Anforderungsniveaus im Lernziellaster ausdifferenziert und mittels exemplarischer Anforderungssituationen und Wissensbereiche veranschaulicht werden. Das Merkmal Reflexion (Bestandteil der Aufgaben- und Prüfungskultur) sollte stärker in Richtung Meta-Reflexion präzisiert werden und vor allem den individuellen Lernprozess der Teilnehmenden fokussieren. Empfehlungen zum aufgaben- und prüfungsbezogenen Handeln der Ausbilder:innen und Prüfer:innen sollten konkretisiert werden und zwischen Einführungs-, Bearbeitungs- und Nachbereitungsphase der Lern- und Leistungsaufgaben differenzieren.

Ergänzend lassen sich Empfehlungen für die Überarbeitung der DOSB-Rahmenrichtlinien ableiten. Um eine für alle aktuellen und künftigen Ausbildungsverantwortlichen hilfreiche Grundlage für die Konzeption und Durchführung kompetenzorientierter Aus- und Fortbildungen zu schaffen, sollten die DOSB-Rahmenrichtlinien insbesondere dahingehend weiterentwickelt werden, dass das im DOSB-Kompetenzmodell beschriebene Kompetenzverständnis, dazugehörige Leitlinien oder Empfehlungen zur Konzeption und Durchführung einer verbandspezifischen Lernziel-, Aufgaben- und Prüfungskultur sowie Anforderungsberei-

che zur Ordnung von Anforderungssituationen integriert werden. Darüber hinaus wird empfohlen, eine ‚Entschlackung‘ von Ausbildungsinhalten bzw. Wissensbereichen vorzunehmen und viel mehr exemplarische Ausbildungsinhalte und Wissensbereiche zu verankern, die im Zusammenhang mit konkreten Anforderungssituationen der Trainer:innen stehen.

Im weiteren vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft geförderten Forschungsprojekt Qualifizierung im DOSB – Kompetenzorientierung in der Trainer:innenbildung Leistungssport: Anforderungssituationen, Auswahl sportpädagogischer Inhalte, Ausbilder:innenhandeln, Ausbilder:innenbildung (QuaTrA)⁷ werden diese Empfehlungen aufgegriffen, um die Kompetenzorientierung in der Trainer:innenbildung konsequent weiterzuentwickeln und zu evaluieren.

5 Literatur

- Baumert, J. & Kunter, M. (2011). Das Kompetenzmodell von COACTIV. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften: Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 29-55). Waxmann.
- Baumgartner, M. (2022). Professionelle Kompetenz(en) von Sportlehrkräften – Begriffe, Traditionen, Modellierungen und Perspektiven. In R. Sygusch, J. Hapke, S. Liebl & C. Töpfer (Hrsg.), *Kompetenzorientierung im Sport: Grundlagen, Modellentwurf und Anwendungsbeispiele zu Sportunterricht, Sportlehrerbildung & Trainerbildung* (S. 35-50). Hofmann.
- Deutscher Sportbund (DSB) (2005). *Rahmenrichtlinien für Qualifizierung im Bereich des Deutschen Sportbundes*.
- Gelius, P., Brandl-Bredenbeck, H. P., Hasel, H., Loss, J., Sygusch, R., Tittlbach, S., Töpfer, C., Ungerer-Röhrich, U. & Pfeifer, K. (2021). Kooperative Planung von Maßnahmen zur Bewegungsförderung. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, 64(2), 187-198. <https://doi.org/10.1007/s00103-020-03263-z>
- Gogoll, A. (2022). Kompetenzorientierung im Sportunterricht – konzeptuelle Grundlagen und didaktische Innovationen. In R. Sygusch, J. Hapke, S. Liebl & C. Töpfer (Hrsg.), *Kompetenzorientierung im Sport: Grundlagen, Modellentwurf und Anwendungsbeispiele zu Sportunterricht, Sportlehrerbildung & Trainerbildung* (S. 19-34). Hofmann.
- Heim, C., Ennigkeit, F. & Ullrich, M. (2022). Professionswissen von Trainer*innen – Testkonstruktion und Pilotierungsstudie auf Basis des Junior-Coach-Ausbildungsprogramms des Deutschen Fußball-Bundes. In R. Sygusch, J. Hapke, S. Liebl & C. Töpfer (Hrsg.), *Kompetenzorientierung im Sport: Grundlagen, Modellentwurf und Anwendungsbeispiele zu Sportunterricht, Sportlehrerbildung & Trainerbildung* (S. 51-67). Hofmann.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Ri-quarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E. & Vollmer, H. J. (2007). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards: Eine Expertise*. BMBF.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*. Beltz.
- Messmer, R. (2014). Stimulated Recall as a Focused Approach to Action and Thought Processes of Teachers. *Forum Qualitative Sozialforschung*, 16(1). <https://doi.org/10.17169/fqs-16.1.2051>

⁷ AZ 071101/23-25, Laufzeit: 2023-2025.

Misoch, S. (2019). Qualitative Interviews. De Gruyter.

Sygyusch, R., Bähr, I., Gerlach, E. & Bund, A. (2013). Orientierungspunkte einer Programmevaluation in der Sportpädagogik. Zeitschrift für sportpädagogische Forschung, 1(1), 31-54.

Sygyusch, R., Muche, M., Liebl, S., Fabinski, W. & Schwind-Gick, G. (2020a). Das DOSB-Kompetenzmodell für die Trainerbildung. Teil 1. Leistungssport, 50(1), 41-47.

Sygyusch, R., Muche, M., Liebl, S., Fabinski, W. & Schwind-Gick, G. (2020b). Das DOSB-Kompetenzmodell für die Trainerbildung. Teil 2: Aufgaben- und Prüfungskultur. Leistungssport, 50(2), 45-49.

Pädagogische Qualität im Nachwuchsleistungssport: Trainer-Coaching für das frühe Jugendalter und Multiplikatoren-Training

AZ: 071101/19-20

Alfred Richartz¹ (Projektleiter), Kathrin Kohake² & Jessica Maier²

¹Universität Hamburg

²Universität Münster

1 Problemstellungen

Die Aus- und Fortbildung von Trainerinnen und Trainern steht vor besonderen Herausforderungen, die durch Ressourcenknappheit (zeitliche Ressourcen auf Seiten der Adressaten u.v.m.) und die Notwendigkeit eines engen Anwendungsbezugs gekennzeichnet sind. Die Praxis des Trainerhandelns geschieht im Schnittpunkt hoher fachlicher und pädagogischer Anforderungen – insbesondere im Leistungssport des Kindes- und Jugendalters. Bildungskonzepte der Verbände fokussieren i.d.R. sportartspezifisch-fachliche Schwerpunkte und sie beschränken sich nicht selten auf Aus- und Fortbildungsformate mit vorrangig theoretisch-konzeptueller Wissensvermittlung. In vorangegangenen Projekten wurde beforscht, inwieweit Bildungsformate, die auf evidenzbasierte fachübergreifende Qualitätsmerkmale des Lehrhandelns zurückgreifen und sie in videobasierten, praxisnahen Best-Practice-Sequenzen vermitteln, in der Trainerbildung aufgenommen und bewertet wurden (Richartz & Anders, 2016). Ein weiterer Schritt war die Verknüpfung von videobasierter Präsenzlehre mit einem individuellen videobasierten Online-Coaching (Richartz, Kohake & Maier, 2021). Kernbausteine der Konzeptentwicklung und Implementation waren dabei durchweg die starke Orientierung an einem umfassenden Beobachtungssystem zur pädagogischen Qualität, dem Classroom Assessment Scoring System (CLASS).

Das vorliegende Forschungsprojekt knüpfte daran an. Im Mittelpunkt standen sportart- und fachübergreifende wirkungsorientierte Qualitätsmerkmale des Trainings im Jugendalter, ihre

Aneignung durch Trainerinnen und Trainer sowie ein Multiplikatoren-Training zur Qualifizierung von verbandlichen Verantwortlichen zur reliablen Wahrnehmung, Einschätzung und effektiven Förderung pädagogischer Qualität. Die Projektziele wurden in drei Modulen verfolgt:

Modul 1

Es sollte eine Videobibliothek mit Best-Practice-Clips für acht Dimensionen pädagogischer Qualität für das frühe Jugendalter (12-15/16 Jahre) entwickelt werden. Dimensionalität und Qualitätsmerkmale orientierten sich dabei an der altersgruppenspezifischen Version des CLASS-Instruments (CLASS-Secundary; Pianta, Hamre & Mintz, 2012). Das CLASS-Instrument wurde bereits an anderer Stelle im Hinblick auf seine Relevanz zur Erhebung pädagogischer Qualität im Sport vorgestellt (Richartz & Zoller, 2012), hier soll deshalb der Hinweis genügen, dass es in Breite und Dimensionierung den dominierenden Konzepten der internationalen Bildungsforschung entspricht. Allerdings wurden in diesem wie den Vorgängerprojekten jene Dimensionen des Instruments ausgespart, die im sportlichen Training wenig Relevanz haben, da sie sich auf das tiefe Verständnis kognitiv-theoretischer Sachzusammenhänge oder auf sprachlich-dialogische Lehrpraktiken beziehen.

Modul 2

In einer Interventionsstudie im Kontrollgruppendesign sollte die Effektivität eines videobasierten Online-Coachings evaluiert werden. Trainerinnen und Trainer wurden durch Videofeedback, Videokomentierung und Coaching-Gespräche auf ihrem individuellen Lernweg bei

der Verbesserung der pädagogischen Trainingsqualität unterstützt. Die Prozessqualität und die Ergebnisqualität des Coachings sollten untersucht werden.

Modul 3

In der Lehrarbeit von Verbänden wird die pädagogische Qualität von Trainerverhalten häufig von Multiplikatoren durch Beobachtung bzw. Hospitation eingeschätzt und rückgemeldet (Lehrproben in Lehrgängen, Hospitation zur kollegialen Beratung usw.). Dieses Feld der Bildungspraxis ist weitgehend unerforscht. Aus dem Schulkontext ist bekannt, dass Beobachtungsurteile notorisch divergieren und intransparent bleiben. Das Modul 3 sollte deshalb zu reliablen Beobachtungsurteilen durch Multiplikatoren beitragen.

2 Methoden der Intervention/ Projektdurchführung

Trainingseinheiten sind komplexe und dynamische soziale Ereignisse, in denen die Lehrperson und die Lernenden stets mehrere Ziele simultan verfolgen, z. B. Leistungsverbesserung, gelingende Trainer-Athlet-Beziehung, langfristige Motivierung. In der sozialwissenschaftlichen Trainingsforschung werden deshalb die wechselseitigen Interpretations- und Aushandlungsprozesse zwischen Trainierenden und Lehrkräften betont. Im Konzept von CLASS wird dieses Problem aufgenommen, indem theoretisch und empirisch gut begründete Tiefenkonzepte förderlicher Interaktionen und Beziehungsgestaltungen zwischen Lehrenden und Lernenden in den Mittelpunkt gerückt werden. Auf der Verhaltensebene des Trainerhandelns kann sich die Realisierung dieser Tiefenkonzepte – z.B. aus der Selbstbestimmungstheorie der Motivation, Scaffolding- und Feedbackforschung – situationspezifisch unterschiedlich darstellen. Diese Unterscheidung von Sicht- und Tiefenstruktur pädagogischer Interaktionen hat Auswirkungen auf die reliable Beobachtung von pädagogischer Qualität (Lutz, Gabriel & Lipowski, 2013), auf die adressatengerechte videobasierte Präsentation von Qualitätskriterien und auch auf Lehrstrategien in Bezug auf Verhaltensänderungen von

Lehrkräften (Coaching) – also auf alle drei Module dieses Projekts.

Modul 1: Entwicklung einer Videobibliothek für das frühe Jugendalter

Dieser Projektteil verfolgt zwei Funktionen. In der Aus- und Fortbildung von Trainerinnen und Trainern werden mit den CLASS-Qualitätskriterien und ihren wissenschaftlichen Hintergrundkonzepten fachliche Wissensbestände vermittelt. Die Videoclips dienen dabei einer anschaulichen, praxisnahen, motivierenden Vermittlung von pädagogisch-fachlichem Wissen. Dieser Aspekt wird jedoch unmittelbar verknüpft mit der Förderung der professionellen pädagogischen Wahrnehmung. Durch die Bearbeitung von Beobachtungsaufträgen bei der Betrachtung der Videoclips wird die Aufmerksamkeit der Teilnehmenden gezielt auf Qualitätskriterien gelenkt. Dies erleichtert die Identifizierung der Qualitätsmarker in praxisrelevanten Situationen und liefert einen Ansatzpunkt für die selbstständige Weiterentwicklung von Wahrnehmung und Selbstreflexion. Dies kann aber nur gelingen, wenn die kognitive Last der Aufgabenstellung nicht überfordernd wirkt.

Geeignete Videoclips müssen deshalb mehreren Anforderungen gerecht werden. Sie müssen ausreichend kurz sein, und sie müssen Qualitätsmarker deutlich, spezifisch und in so hoher Zahl präsentieren, dass lernende Beobachter ausreichend Erfolgserfahrungen in der Identifizierung von Gelerntem machen können. Gleichzeitig dürfen Videoclips nicht durch ihre Inhalte ablenken, in ihnen dürfen keine Qualitätskriterien ernsthaft verletzt werden und sie sollten realistisch und alltagsnah sein.

Die Produktion neuer Best-Practice-Videoclips erforderte im ersten Schritt eine Identifikation von Trainerinnen und Trainern, die die Qualitätskriterien des CLASS-Instruments bereits so sichtbar realisieren, dass aus der Aufzeichnung gewöhnlicher Trainingsstunden ausreichend brauchbares Material gewonnen werden konnte. Insgesamt wurden zehn Trainerinnen und Trainer der Sportarten Handball, Turnen und Rhythmische Sportgymnastik während einer Trainingseinheit videogra-

phiert. Alle Video-Aufnahmen wurden von zwei zertifizierten CLASS-Ratern durchgeführt. Auch der Schnitt und die abschließende Selektion aller Clips wurden konsensual von drei zertifizierten CLASS-Ratern vorgenommen. Die sportartspezifische Eignung wurde von Experten der Sportarten geprüft.

Clips aus der Videobibliothek wurden während des Projektzeitraums bei 25 Traineraus- und -fortbildungen der Sportarten Turnen, RSG, Trampolin, Handball, Kanusport, Wasserball und Basketball von Leitungskräften des Projekts zum Thema „Pädagogische Trainingsqualität“ eingesetzt. Das Ausbildungsniveau reichte von Trainer-C-Lizenz bis Trainer-A-Lizenz und Kadertrainer-Fortbildung.

Modul 2: Videobasiertes Online-Coaching für Trainerinnen und Trainer mit Trainingsgruppen im Jugendalter

Das zweite Modul dieses Projekts beinhaltete die videogestützte Verbesserung der pädagogischen Trainingsqualität durch individuelles Coaching von Trainerinnen und Trainern. Die Coaching-Intervention lehnt sich eng an das Programm „My-Teaching-Partner“ (MTP) an, das auf der Grundlage des CLASS-Instruments entwickelt und evaluiert wurde (Pianta et al., 2008). Es beinhaltet einen Kreislauf aus fünf Stationen (Trainingsaufnahme, Bereitstellung von kurzen Videoclips mit Feedback, individuelle Sichtung durch den Coachee, Coaching-Dialog, Zieldefinition für den nächsten Durchgang), der jeweils sechs Mal durchlaufen wurde (Richartz, Kohake & Maier, 2021).

Zur Teilnahme an der Interventions- und der Kontrollgruppe wurde bei Absolventinnen und Absolventen des Moduls 1 geworben. Beide Gruppen hatten weiterhin Zugang zur Online-Videobibliothek, die Interventionsgruppe erhielt zusätzlich die Coaching-Intervention. Begonnen haben das Projekt 22 Trainerinnen, davon acht in der Kontrollgruppe und 14 in der Interventionsgruppe. Die geplante Laufzeit der Interventionen betrug sechs Monate. Durch Verzögerungen seitens der Trainer (Krankheiten, Ferien, Hallenbelegungen, Wettkämpfe, Weihnachten usw.) sowie vor allem der mehrmaligen

drastischen Einschnitte durch die Corona-Pandemie dauerte die Intervention tatsächlich zwischen sechs und 16 Monaten ($M=11$ Monate). In diesem Verlauf mussten drei Trainerinnen aus der Coaching-Gruppe die Teilnahme abbrechen. Wegen dieser Verzögerungen und Unterbrechungen konnte in keinem Fall der Follow-Up-Messzeitpunkt realisiert werden.

Die Teilnehmenden (12 weiblich, 10 männlich) waren zwischen 24 und 58 Jahre alt ($M=38,9$, $SD=11,6$ Jahre) und kamen aus den Sportarten Turnen (5), RSG (4), Handball (11) und Trampolin (2). Die Trainerinnen und Trainer in der Interventionsgruppe waren gleichmäßig über die Lizenzgruppen C- bis A-Lizenz verteilt.

Die Prozessqualität der Coachings wurde quantitativ und qualitativ evaluiert. Ein selbst entwickelter Fragebogen erhob evidenzbasierte Faktoren der Coaching-Prozessqualität: Beziehungsqualität Coach-Coachee, Ressourcenaktivierung, Lösungsorientierung, Commitment (der Coaches), Lernfortschritt und Autonomieförderung. Die Ergebnisse sind insgesamt in allen Wirkfaktoren bemerkenswert positiv (Variationsbreite von 4 bis 5 auf einer 5-stufigen Skala; Mittelwerte der Skalen zwischen 4,56 und 4,89). Diese Bewertungstendenz ist zudem unabhängig von Sportart, Geschlecht, Vorerfahrung oder Lizenzstufe der Trainerinnen und Trainer. Es zeigen sich weder Ausreißer, noch werden die inhaltlich doch sehr verschiedenen Qualitätsfaktoren in auffälliger Weise unterschiedlich bewertet.

Die qualitative Befragung der Coaching-Teilnehmerinnen und -Teilnehmer unterstreicht und differenziert dieses Ergebnis, kann aber hier wegen Platzmangels nicht angemessen dargestellt werden. Einen Eindruck soll die Auswertung der Frage nach zwei bis drei Adjektiven geben, mit denen die Teilnehmenden ihre Coaches beschreiben sollten. Die Antworten lassen vier Oberkategorien erkennen: Erstens eine besonders hohe Qualität der personalen Beziehung im Rahmen einer professionellen Rollengestaltung (positiv, freundlich, hilfreich, einfühlsam, menschlich, warmherzig, vertrauensfördernd usw.), zweitens eine hohe inhaltliche Unterstützungsqualität (kompetent, professionell,

zielführend, akkurat, präzise usw.), drittens eine emotional positiv getönte, zielorientierte Erfahrung (begeistert, engagiert, konstruktiv usw.) und schließlich wird das Bemühen um eine partnerschaftliche Rollenverteilung sichtbar (dialogisch, interessiert, aufmerksam, neugierig). Insgesamt wurde kein einziges Adjektiv mit ambivalenter oder negativer Valenz vergeben.

Modul 3: PQ-Sport-Instrument und Multiplikatoren-Training

Bei Trainerlehrgängen, in Feedbackgesprächen und bei kollegialen Beratungen bewerten Kolleginnen sowie Multiplikatorinnen häufig die pädagogische Qualität von Training – allerdings auf subjektiver Grundlage und weitgehend willkürlich. Um die Vorteile eines evidenzbasierten Beobachtungssystems einem breiteren Nutzungskreis zugänglich zu machen, wurde deshalb ein reduziertes und sportspezifisches Derivat des CLASS-Instruments entwickelt: Das Instrument „Pädagogische Qualität im Kinder- und Jugendsport (PQ-Sport)“ (Kohake & Richartz, 2020). Das Instrument sollte niedrigschwelliger zugänglich sein als CLASS, sportspezifische Besonderheiten des Lehrens und Lernens berücksichtigen und die fachübergreifenden Qualitätsdimensionen an Ankerbeispielen aus dem sportlichen Training konkretisieren. Dabei sollte die Tiefenstruktur konstruktretreu gewahrt bleiben. Es mussten also die drei Domänen und Kernkonzepte der Dimensionen erhalten bleiben, die die Qualität der Trainer-Athlet-Beziehung, das Interaktionsklima, die Lerngruppenorganisation und die Qualität von Instruktion und Feedback enthalten. Sportspezifische Besonderheiten betreffen vor allem die spezifischen instruktionale Anforderungen des Bewegungslernens und des taktischen Lernens (vgl. Richartz & Kohake, 2021). Deshalb wurden einschlägige Forschungsergebnisse der Motorikforschung sowie der sportspezifischen Feedbackforschung bei der Entwicklung des Instruments berücksichtigt.

Die Kernkonzepte der Tiefenstruktur mussten in einem für Multiplikatoren geeigneten Bildungsformat kognitiv vermittelt werden. Dazu wurde ein Webinar durchgeführt und das Selbststudium unter Nutzung der Materialien und Videos der

Videobibliotheken angeregt. Eine ausreichende Professionalisierung der Aufmerksamkeitslenkung auf relevante Trainingsereignisse ist dadurch allein aber nicht erreichbar. Deshalb mussten in einem Beobachtungstraining Übungs- und Kalibrierungsmöglichkeiten bereitgestellt werden.

Die wichtigsten Lernschritte im Beobachtungstraining betreffen erstens die Entwicklung eines klaren kategorialen Verständnisses für die Qualitätsdimensionen (Was soll gesehen werden?). Die zweite Hürde ist in der Praxis extrem hoch: Im Training ereignen sich die Interaktionen zwischen vielen Beteiligten simultan, Interaktionsketten entwickeln sich dynamisch, vernetzt und sehr schnell. Damit ist die Wahrnehmungskapazität von Novizen überfordert. Das Beobachtertraining muss deshalb didaktisch sorgfältig orchestriert sein – diese beiden Barrieren lassen sich nur Schritt für Schritt und mit geeigneten Hilfsmitteln überwinden.

Im PQ-Sport wird die Qualität auf einer Ebene von sechs Dimensionen in einer Skala von 1 (sehr niedrig) bis 7 (sehr hoch) eingeschätzt. Jede Dimension wird über zwei weitere Ordnungsebenen konkretisiert: Indikatoren und Verhaltensmarker. Es handelt sich also um eine hochinferente Bewertung (Lotz, Gabriel & Lipowsky, 2013). Das wichtigste Hilfsmittel für die Bewertungsentscheidungen ist ein ausführliches Beobachtungsmanual. Es liefert konkrete Ankerbeispiele für jeden Indikator auf niedrigem, mittlerem und hohem Qualitätsniveau. Durch Kombination der Indikatorwerte wird die Dimensionseinschätzung ermittelt.

Die kognitive Überlast während der Beobachtung selbst kann aber nur durch Prozeduralisierung dieses Wissens bewältigt werden. Dies geschieht am besten durch gezielte, schrittweise komplexere Übungsaufgaben. Es wurden dafür vier Arten von Videosequenzen produziert (vgl. auch McClellan, 2013):

1. Kurze Videoclips, in denen viele Indikatoren und Verhaltensmarker einer Dimension beobachtbar sind. Hier kamen Clips zum Einsatz, die auch in den Modulen A und B verwendet wurden.

2. Längere Videosequenzen, mit denen die zu verarbeitende Informationsmenge gesteigert wird.
3. Längere Sequenzen, die unterschiedliche Qualitätsstufen des Trainerverhaltens zeigen und differenziertere Bewertungsabwägungen verlangen. Für diese 12-15-minütigen Videobeispiele wurden Master-Codierungen mit präzisen verschrifteten Begründungen erstellt, an denen die Anwenderinnen ihre Beobachtungen abgleichen können.
4. Zusätzlich wurden mastercodierte Prüfungs-videos zur Testung der Beobachterübereinstimmung produziert.

Das Beobachtertraining wurde in zwei Settings durchgeführt und evaluiert: Initial haben N = 9 Multiplikatorinnen (3 weiblich, 6 männlich) aus den Sportarten Gerätturnen, Rhythmische Sportgymnastik, Trampolinturnen, Handball und Basketball an einer zweitägigen Fortbildungsveranstaltung (14 LE) teilgenommen. Davon haben 5 an der Reliabilitätsprüfung teilgenommen. Weitere Präsenzveranstaltungen mit Trainerinnen und Trainern mussten wegen der Pandemieeinschränkungen ausfallen. Um das Beobachtertraining dennoch intensiv zu testen, haben anschließend N = 77 Sport-Studierende (37% weiblich, 63% männlich) das Training in universitären Lehrveranstaltungen (20 LE) in einer Online-Version absolviert. Ergebnisse der Reliabilitätsprüfung liegen von 75 Studierenden vor. Damit haben die Multiplikatoren insgesamt 15 und die Studierenden 225 Bewertungen pro Dimension abgegeben.

Beim Reliabilitätstest waren drei 12-15-minütige Videos in sechs Dimensionen auf einer Skala von 1 bis 7 zu bewerten, insgesamt also pro Proband 18 Urteile. Als reliabel wurde ein Urteil mit maximal einem Punkt Abweichung vom Master-Code bewertet. Bei den Multiplikatorinnen haben 4 von 5 den Reliabilitätstest mit mehr als 80% reliabler Urteile abgeschlossen, bei den Studierenden haben 62 von 75 diese 80%-Schwelle erreicht bzw. überschritten.

Die Ergebnisse der Reliabilitätstests zeigen eine hohe Wirksamkeit des Beobachtungstrainings. Lediglich in der Dimension „Qualität des Feedbacks“ sind die Resultate weniger zufriedenstellend.

Die Bewertungen der Teilnehmenden unterstreichen dies. Die Multiplikatoren bewerteten die Nützlichkeit des PQ-Sport-Instruments durchweg positiv. 7 von 9 Personen stimmen völlig zu, dass das Instrument helfen kann, sich über gemeinsame Standards für die pädagogische Qualität des Trainings zu verständigen. Mit einer Ausnahme stimmen alle Teilnehmerinnen zu, dass das PQ-Sport-Instrument für die stützpunktinterne Trainerfortbildung sinnvoll ist und für eine bessere Beobachterübereinstimmung nützlich ist.

3 Diskussion und Bewertung

3.1 Modul 1: Erweiterung von Videobibliotheken

Die Ausweitung der Videobibliotheken durch die Produktion von Best-Practice-Clips für das Jugendalter wurde sehr erfolgreich abgeschlossen. Die Clips haben sich in der Transferpraxis der beteiligten Verbände positiv bewährt – die hohe Zahl von 25 Transfermaßnahmen in die verbandliche Bildungspraxis unterstreicht dies. Die positive Resonanz ging sogar über den Adressatenkreis der hier beteiligten Verbände hinaus, wie die Einladungen zu Trainerbildungsveranstaltungen anderer Verbände zeigen. Die Nutzung von Videoclips im Rahmen von Einladungen an die Forschungsgruppe zu Trainerfortbildungen des Deutschen Kanu-Verbandes hat dazu geführt, dass der DKV ein Projekt zur Produktion von Videoclips für die Sportarten des Kanusports entwickelt hat und die Forschungsgruppe mit der Projektrealisierung betraut hat.

3.2 Modul 2: Videobasiertes Online-Coaching

Im Modul 2 darf man für die Evaluation der Prozessqualität der Coaching-Intervention von beeindruckend positiven Bewertungen sprechen. Übereinstimmend zeigt sich anhand der quantitativen und qualitativen Daten, dass der Coaching-Prozess für die Teilnehmenden verbunden war mit einer außerordentlich hohen, professionellen Beziehungsqualität zu den Coaches, mit hohen und relevanten subjektiven Lernzuwachsen, mit einer als sehr hoch erfahrenen Lösungsorientierung und Ressourcenaktivierung. Wie alle Trainerinnen und Trainer lebhaft schilderten, war die Coaching-Erfahrung für sie persönlich sehr befriedigend, ermutigend, inhaltlich anspruchsvoll und hilfreich. Die Trainerinnen und Trainer haben sich uneingeschränkt unterstützt gefühlt in ihrer Selbstbestimmung und im Einbringen ihrer individuellen Interessen und Problemlagen. Die Coaches wurden erfahren als professionelle und hochkompetente Beratungspartner mit einer ausgezeichneten wissenschaftlichen Wissensbasis, die jedoch immer auf Augenhöhe in die kollaborative Entwicklung von praktischen Lösungen für konkrete und individuelle Problemlagen im Training eingebracht wurde. Nicht zuletzt wurden die Coaches übereinstimmend als hoch engagiert für den Lernfortschritt der Coachees und für die pädagogische Qualität des Trainings im Jugendalter insgesamt erfahren.

Die Evaluation der Ergebnisqualität fiel in wesentlichen Punkten den Einschränkungen der Projektarbeit durch die Corona-Pandemie zum Opfer. Zum einen haben sich die Interventionszeiträume sehr stark verlängert und auch bei den einzelnen Coachees sehr unterschiedlich entwickelt. Die Interventionsstationen konnten deshalb nur stark diskontinuierlich abgearbeitet werden. Nicht zuletzt haben sich die Zusammensetzungen der Trainingsgruppen in vielen Fällen stark verändert. Durch diese einschneidenden äußeren Bedingungen konnten die Auswertungen im Längsschnitt noch nicht beendet werden.

3.3 Modul 3: Beobachtertraining für Multiplikatoren

Die Entwicklung des Moduls 3 hat die Konzeption, Entwicklung und Produktion außerordentlich umfangreicher Materialien erfordert. Entstanden ist dabei ein sportspezifisches Beobachtungsinstrument mit starker Anlehnung an das bewährte CLASS-Instrument. Das PQ-Sport-Instrument ist niedrigschwelliger und in seinen Materialien vollständig auf die Unterstützung von strukturierten Beobachtungen und Evaluationen pädagogischer Qualität im Sportkontext ausgerichtet. Das Training umfasst neben den schriftlichen Trainingsmaterialien die Nutzung umfangreicher Video-Materialien. Das Training konnte im Projektrahmen an zwei Pilot-Stichproben realisiert werden. Die Ergebnisse sind vielversprechend:

- › Es gelang in hohem Maße, die Aufmerksamkeit von Beobachtern auf relevante Ereignisse zu lenken und damit entscheidende Merkmale für die pädagogische Qualität des Trainings wahrzunehmen,
- › Beobachter wurden erfolgreich darin unterstützt, die wahrgenommenen Ereignisse kategorial übergeordneten Konzepten zuzuordnen (Indikatoren, Dimensionen) und damit die Tiefenstrukturen pädagogischer Qualität zu erfassen,
- › einer großen Zahl der Teilnehmerinnen und Teilnehmer gelang es, die Evaluation pädagogischer Qualität konzepttreu und reliabel vorzunehmen.

Insgesamt kann das Projektergebnis im Modul 3 des Vorhabens als überaus erfolgreich bilanziert werden.

4 Literatur

- Kohake, K. & Richartz, A. (2020). Beobachtungsinstrument Pädagogische Qualität im Kinder- und Jugendsport (PQ-Sport). Unveröffentlichtes Manual.
- 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.
- McClellan, C. (2013). What It Looks Like. Master Coding Videos for Observer Training and Assessment. Bill & Melinda Gates Foundation.
- Pianta, R. C., Mashburn, A. J., Downer, J. T., Hamre, B. K., & Justice, L. (2008). Effects of web-mediated professional development resources on teacher–child interactions in pre-kindergarten classrooms. *Early Childhood Research Quarterly*, 23(4), 431–451.
- Pianta, R. C., Hamre, K. M. & Mintz, S. (2012). Classroom Assessment Scoring System. Secondary Manual. Charlottesville: Teachstone.
- Richartz, A., & Anders, D. (2016). Pädagogische Qualität als Thema der Trainerbildung – hat die Sportpädagogik Trainern Relevantes zu bieten. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, 57(2), 21–40.
- Richartz, A. & Kohake, K. (2021). Zur (Fach-)Spezifität von Unterrichtsqualität im Fach Sport. *Unterrichtswissenschaft*, 49, 243–251.
- Richartz, A., Kohake, K. & Maier, J. (2021). Die Förderung pädagogischer Qualität im Kinder- und Jugendsport – vier videogestützte Module für die Trainerbildung. In N. Neuber (Hrsg.), *Kinder- und Jugendsportforschung in Deutschland – Bilanz und Perspektiven* (S. 365–385). Wiesbaden: Springer.
- Richartz, A., Kohake, K. & Maier, J. (2022). Pädagogische Qualität des Trainings im Kinder- und Jugendsport. In F. Bessi (Hrsg.), *Materialien für die Lehre im Gerätturnen*. Band 3 (S. 275–325).
- Richartz, A., Maier, J. & Kohake, K. (2021). Pädagogische Qualität des Trainings im Kinder- und Jugendsport – normative und wirksamkeitsorientierte Kriterien. In N. Neuber (Hrsg.), *Kinder- und Jugendsportforschung in Deutschland – Bilanz und Perspektiven* (S.171–201). Wiesbaden: Springer.
- Richartz, A., & Zoller, R. (2011). Die Qualität von Unterrichtsprozessen erfassen. In H. Lange, G. Duttler, T. Leffler, A. Siebe, & M. Zimlich (Hrsg.), *Bewegungsbezogene Bildungskonzeptionen. Zur Trias Konzeption, Implementation und Evaluation*. *Jahrbuch Bewegungs- und Sportpädagogik in Theorie und Forschung* (S. 75–87). Bremen: LIS.

Collaboratio: Gesundheit versus sportlicher Erfolg

Von der Forschung in die Ausbildung: Eine Untersuchung zur Zusammenarbeit von Trainer*innen und Sportphysiotherapeut*innen im Spitzensport¹

AZ: 071101/21-23

Moritz Breucker¹, Annika Steinmann¹, David Jaitner², Anna Klees¹, Milena Pippert¹ & Swen Körner¹

¹Deutsche Sporthochschule Köln

²TU Braunschweig

Trainer*innen (TR) und Sportphysiotherapeut*innen (SPT) ordnen im Team mit Spitzensportler*innen regelmäßig gesundheitliche Risiken sportlichen Höchstleistungen unter. Immer wieder aufs Neue muss der Interessenskonflikt zwischen dem System des Hochleistungssports und dem Medizinsystem gelöst werden. Besonders Entscheidungen bezüglich der Einsatzfähigkeit von verletzten oder angeschlagenen Athlet*innen provozieren Konfliktpotenzial. Für eine optimale Zusammenarbeit sollten TR und SPT die Handlungslogiken der jeweils anderen Berufsgruppe respektieren und verinnerlichen. Um langfristig international wettbewerbsfähig zu bleiben, sollte im deutschen Spitzensport die Professionalisierung der Sportphysiotherapie vorangetrieben werden. Im Idealfall werden die jeweiligen fachlichen Expertisen von SPT und TR im Spitzensport im Einklang auf den sportlichen Erfolg ausgerichtet.

Im Förderzeitraum (2021-2023) wurde die Zusammenarbeit von Trainer*innen (TR) und Sportphysiotherapeut*innen (SPT) im deutschen Spitzensport theoriegeleitet empirisch untersucht, indem wechselseitige Funktions-, Rollen- und Handlungserwartungen von TR und SPT erhoben und gegenübergestellt wurden. Die Ergebnisse der Untersuchung können als Basis für die beteiligten Projektpartner dienen, um Prozesse und Strukturen in der Zusammenarbeit beider Akteure zu optimieren. Für den Transfer in die spitzensportliche Aus-, Fort- und Weiterbildung von TR und SPT wurden dafür praxisrelevante Materialien entwickelt.

Soziale Systeme mit unterschiedlicher Handlungslogik im Spitzensport

In der Zusammenarbeit zwischen SPT und TR orientieren wir uns an drei wesentlichen Reibungspunkten mit Konfliktpotenzial:

1. Systemdifferenzen: Systemtheoretisch agieren TR und SPT in gesellschaftlichen Teilsystemen mit je unterschiedlicher Handlungslogik. TR handeln besonders im Spitzensport auf Basis des Sieg/Niederlage-Codes (Bette, 1999; Cachay, 1995). Sie orientieren sich am Erreichen sportlicher Höchstleistungen und Erfolge und haben großen Einfluss auf die Arbeit des Unterstützungssystems. SPT hingegen lassen sich dem Medizinsystem zuordnen. Sie sind weisungsgebundene Mitglieder, die entlang der Krank/gesund-Unterscheidung agieren (Luhmann, 1983, 1990; Pelikan, 2007).
2. Systemzugehörigkeit: Aus ihrer Zugehörigkeit zum Medizinsystem entstehen für SPT Dilemmata in der Arbeit im Spitzensport. Sie stehen mit ihrer Profession zwischen beiden Gesellschaftsbereichen, dem Spitzensportsystem und dem Medizinsystem (Collier, 2017; Dunn et al., 2007; Greenfield & West, 2012; Nixon, 1992; Polsky, 1998; Safai, 2003). SPT sind ärztlich weisungsgebunden, d.h., sie dürfen nur auf ärztliche Verordnung berufs- oder erwerbsmäßig tätig werden (Hütter-Becker & Dölken, 2004). Berufsethisch und arbeitsrechtlich kommt es zu Interessenskonflikten zwischen den leistungssportli-

¹ Dieser Artikel ist vorab erschienen in IMPULSE, 2023 (1), 42-47.

chen Interessen der Arbeitgeber*innen und der medizinischen Profession (Collier, 2017; Dunn et al., 2007; Greenfield & West, 2012; Nixon, 1992; Polsky, 1998; Safai, 2003). In ihrer Arbeit müssen sie sich in konkreten Situationen zwischen medizinischer und Spitzensportlicher Handlungslogik entscheiden (Simon, 2010). Dabei ist die Ausrichtung der TR entscheidend. Je stärker sie das Unterstützungssystem der Athlet*innen auf sportliche Höchstleistung und Erfolg ausrichten, desto herausfordernder werden für SPT berufsethische, systemische und arbeitsrechtliche Konflikte (Anderson & Jackson, 2013; Collins et al., 1999; Reid et al., 2004).

3. Hierarchie: TR als Führungskräfte und hauptverantwortliche Akteur*innen des athletischen Unterstützungssystems haben teilweise einseitige und wenig differenzierte Rollenerwartungen an SPT. Sie sehen auch das Handeln der SPT vor dem Ziel maximaler athletischer Leistungsfähigkeit und treffen dahingehend Entscheidungen, die das gesamte Unterstützungssystem zu tragen hat. Es entstehen dadurch Konfliktsituationen und Optimierungs- bzw. wechselseitige Sensibilisierungsbedarfe (Mayer & Thiel, 2011; Nixon, 1994; Steinmann et al., 2019; Waddington, 2006).

1 Methodik und Datenauswertung

Expert*inneninterviews

Es wurden n=45 leitfadengestützte Expert*innen-interviews (Gläser & Laudel, 2010; Hopf & Schmidt, 1993) mit n=19 TR und n=26 SPT geführt, die zum Interviewzeitpunkt mindestens ein Jahr lang im Senior*innenbereich im deutschen Spitzensport tätig waren. Der Interviewleitfaden wurde mit Blick auf das Forschungsziel und der theoretischen Ausrichtung konzipiert und einem Pre-Test (n=2) unterzogen. Die Interviewdauer lag zwischen 24:18 und 78:37 Minuten, im Durchschnitt bei 47:37 Minuten (SD 11:36 Minuten). Das Ziel theoretischer Sättigung (Glaser & Strauss, 1998) wurde mit den geführten Interviews erreicht, die Durchführung weiterer

Interviews versprach keine neuen Erkenntnisgewinne. Nach erfolgter deduktiver und induktiver Kategorienbildung und Kodierung des Interviewmaterials wurden die Ergebnisse systematisch aufbereitet (Kuckartz & Rädiker, 2020, 2022).

Delphi-Workshop

Nach Niederberger & Renn (2018, 2019) wurden im Gruppen-Delphi-Verfahren die Ergebnisse der Inhaltsanalyse mit den teilnehmenden TR (n=5) und SPT (n=3) partizipativ validiert, indem über moderierte Diskussionen Konsens oder Konsens über Dissens angestrebt wurde.

2 Ergebnisse aus Expert*inneninterviews und dem Delphi-Workshop mit TR und SPT aus dem deutschen Spitzensport

Verständnis der beruflichen Handlungsfelder

Grundsätzlich sind sich die befragten TR und SPT über die berufliche Aufgabenteilung einig. TR sind für Sportartspezifisches und Trainingswissenschaftliches verantwortlich. Ihr Verantwortungsbereich beinhaltet Trainings- und Wettkampfplanung, -durchführung sowie Belastungssteuerung. Außerdem sind sie als Führungskräfte des gesamten Betreuer*innenstabs anerkannt. TR treffen organisatorische Entscheidungen für das gesamte Team und stehen auch öffentlich in der Verantwortung. SPT agieren als Unterstützer*innen im Betreuer*innenstab. Sie arbeiten als Dienstleister*innen der Athlet*innen und ordnen sich deren Zielen unter. Selbst wenn Sportler*innen gegen medizinischen Rat handeln, erhalten sie von der physiotherapeutischen Abteilung häufig Unterstützung. Auch berufsunspezifische Aufgaben werden von TR und SPT ausgeführt. Organisatorische Aufgaben, wie Trainingslagerplanung und Materialbeschaffung (überwiegend TR), oder vielseitige unterstützende Aufgaben, wie Aufbereitung der Wettkampfverpflegung oder Fahrdienste (überwiegend SPT), werden nur selten zum Problem, in der Regel ordnen sich alle dem sportlichen Erfolg unter.

Konflikte in der Zusammenarbeit zwischen TR und SPT können dann entstehen, wenn eine Person den eigenen Handlungsbereich verlässt und im jeweils anderen tätig wird.

Systemkonflikt

Der Systemkonflikt zwischen dem Spitzensportsystem („Letztendlich ganz oben drüber steht der Erfolg bei Olympischen Spielen“ (IP12-T, Z.33)) und dem Medizinsystem (Gesundheit geht „IMMER“ vor (IP8-PT, Z.323)) offenbart sich besonders bei Return-to-Sport-Entscheidungen. Bei verletzten oder angeschlagenen Athlet*innen gilt es zu entscheiden, in welchem Umfang und zu welchem Zeitpunkt sie wieder in das sportartspezifische Training einsteigen. In Wettkampfsituationen müssen diese Entscheidungen in wenigen Augenblicken getroffen werden, während in der Rehabilitationsphase mehr Zeit für objektive Analyse Kriterien, wie bildgebende Verfahren oder leistungsphysiologische Tests, zur Verfügung steht. Return-to-Sport-Entscheidungen weisen die größte Überschneidung der beiden Aufgabengebiete auf und werden in der Regel im Team getroffen. Ärzt*innen (sofern verfügbar) und SPT geben ihre medizinische Einschätzung ab. Gemeinsam mit TR und volljährigen Athlet*innen wird dann eine Entscheidung herbeigeführt. Diese Situationen bieten Konfliktpotenzial zwischen den Systemen. Es stellt sich in jedem Einzelfall die Frage, ob die Wichtigkeit eines Einsatzes (im Training oder im Wettkampf) kurz- und/oder langfristige gesundheitliche Risiken rechtfertigt. In der Zusammenarbeit muss zudem geklärt werden, wer solche Entscheidungen trifft und zu verantworten hat.

Kommunikation

Alle Interviewpartner*innen begrüßen eine offene Kommunikationskultur. Es werden alle möglichen Kommunikationswege (persönlich, telefonisch, per E-Mail oder Messenger) genutzt, mit klarer Präferenz zum persönlichen Gespräch. Für TR ist in der Regel der Austausch mit SPT ausreichend vorhanden. Wenn überhaupt, plädieren SPT für häufigere, regelmäßige Rücksprachen, insbesondere für Rückmeldungen zur Zusammenarbeit.

Hierarchie

Beide Akteur*innengruppen berichten von einer fachlichen Zusammenarbeit auf Augenhöhe. Im medizinischen Bereich sind die SPT in der Verantwortung, im sportartspezifischen Leistungsbereich die TR, sodass sich für die jeweiligen Bereiche fachlich bezogene Hierarchien ergeben. Im Hinblick auf das gesamte Betreuer*innenteam sind TR als Führungskräfte angesehen, so fällt es in der Regel auch in ihren Zuständigkeitsbereich, PT einzustellen oder zu entlassen. Im Zweifel, bei Uneinigkeit im Team, gibt die TR-Meinung den Ausschlag. Dies gilt allerdings nicht für medizinische Grundsatzentscheidungen (z.B. spielfähig oder nicht).

Strukturelle Gegebenheiten

Die Expert*innen sind sich einig, dass die formalen Arbeitsbedingungen der SPT im deutschen Spitzensport verbesserungswürdig sind („amateurhaft und schlecht“ (IP18-T, Z.560)). Einige sehen sogar dauerhaft die internationale Konkurrenzfähigkeit gefährdet. Während TR in der Regel hauptberuflich angestellt sind, arbeiten SPT auf Honorarbasis. Die Honorare zwischen 70€ und 150€ am Tag kommen einer ehrenamtlichen Tätigkeit nahe. Darüber hinaus müssen sich SPT normalerweise für die Arbeit im Spitzensport von Arbeitgeber*innen freistellen lassen oder als Selbständige in ihrer eigenen Praxis wegen Ausfalls finanzielle Einbußen hinnehmen. Das heißt, die physiotherapeutische Betreuung findet sozusagen in der Freizeit der SPT statt. Dies hat zur Folge, dass nicht dauerhaft und bei jedem sportlichen Training/ Wettkampf SPT zur Verfügung stehen (einzelfallabhängig) und die Fluktuation der SPT hoch ist.

Beziehung zu den Athlet*innen

SPT und TR haben je besondere Beziehungen zu den betreuten Sportler*innen. Die gesamte Gruppe verbringt sehr viel Zeit miteinander und erlebt emotionale und intensive Phasen gemeinsam. TR tendieren zu einer etwas distanzierteren Beziehung zu den Sportler*innen als SPT, weil sie unter anderem die Autorität für Personalentscheidungen (z.B. Nominierung) wahren müssen. Trotzdem berichten TR und SPT von väterlichen Beziehungen und sehr engen, vertrauensvollen

Verhältnissen zwischen TR und Athlet*innen. SPT pflegen in der Regel eine enge persönliche Beziehung mit Sportler*innen, teilweise sogar auf freundschaftlicher Ebene. Athlet*innen neigen in einer körpernahen, physiotherapeutischen Behandlung dazu, auch private Belange und Befindlichkeiten zu äußern, die sie TR gegenüber nicht erzählen. Beispielsweise wird berichtet, dass Athlet*innen über Schmerzen oder körperlich-mentale Erschöpfung teilweise nur mit SPT sprechen, aus Angst vor einer Nicht-Nominierung. SPT erhalten tiefe Einblicke in den Gemütszustand der Sportler*innen, intra- und interpersonelle Konflikte mit TR können folgen. SPT müssen entscheiden, welche Informationen, die sie im Vertrauen erhalten haben, an den TR-Stab weitergegeben werden (müssen). Diese engen Beziehungen sind von TR und Athlet*innen gewünscht, denn sie sollen die Stimmung im Team beleben (SPT als „Gute-Laune-Bär“). SPT sollen den Sportler*innen ein Anlaufpunkt für ihre Sorgen und Nöte sein („PT als Kummerkasten“). TR achten jedoch darauf, dass dadurch keine Abhängigkeitsverhältnisse oder Untergruppen entstehen.

Optimierungsansätze

Das Verständnis moderner Sportphysiotherapie entwickelt sich unter TR und SPT in die gleiche Richtung: SPT sollen als Bewegungsexpert*innen das TR-Team unterstützen. Sowohl SPT als auch einige TR halten es für sinnvoll, SPT für Trainingsbeobachtungen einzusetzen, damit sie ein besseres sportartspezifisches Bewegungsverständnis erlangen. Einige TR binden SPT bereits in die Belastungssteuerung ein. Auch präventive Kräftigungs- oder Stabilisationsübungen werden durch SPT angeleitet. Ein Trainer unterstreicht die Wichtigkeit, sportphysiotherapeutische Arbeit ins Training zu integrieren: „Das ist fahrlässig [SPT nicht einzubinden], da lässt man sehr viel Expertise links liegen, die man als Trainer nicht hat.“ (IP26-T, Z.688-689). Eine enge Zusammenarbeit anstatt eines Konkurrenzdenkens zwischen Gesundheits- und Leistungsbe-reich sollte angestrebt werden.

Die Befragten schlagen vor, dass beide Akteur*innengruppen besser im jeweils anderen Fachbereich geschult werden sollten. TR

sollten z.B. in Aus- und Fortbildungen ein tieferes Verständnis der Sportphysiotherapie und zugrunde liegender physiologischer Prozesse erlangen, um bspw. die Dauer von Wundheilungsphasen zu berücksichtigen. Genauso sollten SPT ihr Verständnis für die Trainingswissenschaft erweitern, um Athlet*innen optimal auf die Belastungen vorzubereiten.

Vor allem SPT stellen die Wichtigkeit regelmäßiger und lückenloser Kommunikation mit TR heraus, idealerweise während der regulären (bezahlten) Arbeitszeit.

3 Handlungsempfehlungen und Fallarbeit

Kommunikationskultur

Für die Zusammenarbeit auf Spitzenniveau ist u. E. eine regelmäßige Kommunikation unabdingbar. Es ist daher geraten, gemeinsam eine Kommunikationsstrategie zu entwickeln und zu etablieren.

Von einem Interviewpartner greifen wir für den Umgang von SPT mit persönlichen Informationen einen Vorschlag auf: Zu Beginn einer Zusammenarbeit sollte geklärt werden, welche Informationen ungefragt im Team weitergegeben werden können. In seinem Fall dürfen grundsätzlich alle Informationen innerhalb der Gruppe (TR, SPT, Athlet*innen) weitergegeben werden. Nur bei explizitem Hinweis, eine Information vertraulich zu behandeln, wird diese nicht weitergegeben. Dies erleichtert das Dilemma, selbst zu entscheiden, welche Informationen zur Weitergabe bestimmt sind.

Strukturelle Gegebenheiten

Im internationalen Vergleich scheint es geboten, die Anstellungsverhältnisse von SPT zu professionalisieren (Steinmann et al., 2019). Physiotherapeutische Arbeit sollte im Spitzensport nicht auf ehrenamtlicher Basis ausgeführt werden. Feste Anstellungsverhältnisse würden zu größerer Kontinuität und extensiver Verfügbarkeit von SPT führen, was wiederum zur Folge hätte, dass die Sportler*innen körperlich und persönlich besser betreut wären.

Wenn möglich, sollten Umgebungen eingerichtet werden, in denen SPT örtlich nahe an Trainings- bzw. Wettkampfstätten arbeiten und somit bei Bedarf schnell zur Verfügung stehen.

Merkliste für Verletzungsszenarios

Im Falle einer Verletzung während eines Wettkampfs oder Trainings kann es sinnvoll sein, im Vorfeld eine klare Strategie für das Vorgehen im Verletzungsfall zu entwickeln. Das Team könnte zu Beginn einer Zusammenarbeit festlegen, welche Punkte im Notfall durchgegangen werden, um über die Einsatzfähigkeit von Athlet:innen zu entscheiden. Dadurch kann zwar keine unmittelbare medizinische Entscheidung getroffen werden, für die bildgebendes Material notwendig ist. Es könnte aber bei der Objektivierung der Sachlage helfen, damit Entscheidungen möglichst belastbar gemacht werden und die Entscheidungsfindung einen routinierten Prozess durchläuft.

Transferleistung

Für die Aus-, Fort- und Weiterbildung von SPT und TR wurden vom Projektteam methodisch-didaktisch aufbereitete Fallbeispiele entwickelt, die den Kooperationspartnern für die jeweilige Zertifizierung (Weiterbildungsmaster Sportphysiotherapie, DSHS Köln und Trainerakademie des DOSB) als Unterrichtsmaterial zur Verfügung gestellt werden. Anhand von fiktiven, aber realistischen Szenarios, die aus den Interviewergebnissen abgeleitet wurden, können Teilnehmer*innen damit diskursiv auf die potenziell konfliktäre Zusammenarbeit im Spitzensport vorbereitet werden, indem sie über Reflektion im Abgleich mit den systemischen Möglichkeiten eigene Lösungen entwickeln.

Fazit

Im Spitzensport treffen unweigerlich zwei Welten aufeinander. „Spitzensport ist kein Gesundheitssport.“ Diese Systemdifferenz wird mit ausgesprochener Selbstverständlichkeit von allen Teilnehmer*innen am System Spitzensport wahrgenommen, insbesondere TR und SPT sind sich der speziellen Handlungslogik im Spitzensport bewusst. Dem sportlichen Erfolg wird vieles untergeordnet, nicht zuletzt die Akzeptanz gesundheitlicher Einbußen der Sportler*innen.

„Jede Verletzung ist ein Nachteil für den Athleten, weil er Trainingszeit verliert“ (IP43-PT, Z. 470-471). Unter anderem diese Aussage eines Interviewpartners ist bezeichnend für die Leistungsorientierung im Spitzensport und unterstreicht die Problematik der Systemzugehörigkeit von SPT. Verletzungen sind in erster Linie problematisch, weil Trainingszeit verloren geht und nicht, weil ein Mensch gesundheitliche Einschränkungen zu verkraften hat. Dennoch relativieren die Interviewpartner*innen und geben zu verstehen, dass nur gesunde Athlet*innen langfristig zu Höchstleistungen fähig sind. Optimierte Zusammenarbeit zwischen TR und SPT auf Augenhöhe, insbesondere ohne fachübergreifende Hierarchien, ist im Sinne aller Beteiligten: TR, SPT und Sportler*in.

4 Literatur

- Anderson, L. & Jackson, S. (2013). Competing loyalties in sports medicine: Threats to medical professionalism in elite, commercial sport. *International Review for the Sociology of Sport*, 48(2), 238-256. <https://doi.org/10.1177/1012690211435031>
- Bette, K.-H. (1999). *Systemtheorie und Sport*. Suhrkamp.
- Cachay, K. (1995). Gesellschaft – Sport – Trainer, Systemtheoretische Überlegungen zu Perspektiven der Trainerrolle. *Leistungssport*, 25(6), 23-26.
- Collier, R. (2017). Competing interests. *CMAJ*, 189(4), E179–E181. <https://doi.org/10.1503/cmaj.1095377>
- Collins, D., Moore, P., Mitchell, D. & Alpress, F. (1999). Role conflict and confidentiality in multidisciplinary athlete support programmes. *British Journal of Sports Medicine*, 33(3), 208. <https://doi.org/10.1136/bjism.33.3.208>

- Dunn, W. R., George, M. S., Churchill, L. & Spindler, K. P. (2007). Ethics in Sports Medicine. *The American Journal of Sports Medicine*, 35(5), 840-844. <https://doi.org/10.1177/0363546506295177>
- Glaser, B. G. & Strauss, A. L. (1998). *Grounded Theory. Strategien qualitativer Forschung*. Huber.
- Gläser, J. & Laudel, G. (2010). Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse. <https://doi.org/10.1007/978-3-531-91538-8>
- Greenfield, B. H. & West, C. R. (2012). Ethical Issues in Sports Medicine. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 4(6), 475-479. <https://doi.org/10.1177/1941738112459327>
- Hopf, C. & Schmidt, C. (Hrsg.) (1993). *Zum Verhältnis von innerfamiliären sozialen Erfahrungen, Persönlichkeitsentwicklung und politischen Orientierungen: Dokumentation und Erörterung des methodischen Vorgehens in einer Studie zu diesem Thema*. Hildesheim. <https://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/45614>
- Hütter-Becker, A. & Dölken, M. (2004). *Beruf, Recht, wissenschaftliches Arbeiten*. Georg Thieme Verlag.
- Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2020). Fokussierte Interviewanalyse mit MAXQDA, Schritt für Schritt. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-31468-2>
- Kuckartz, U. & Rädiker, S. (2022). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (5. Aufl.). Beltz Juventa.
- Luhmann, N. (1983). Medizin und Gesellschaftstheorie. *Medizin, Mensch, Gesellschaft*, 8, 168-175.
- Luhmann, N. (1990). Der medizinische Code. In N. Luhmann (Hrsg.), *Soziologische Aufklärung. Konstruktivistische Perspektiven* (S. 183-195). Westdeutscher Verlag.
- Mayer, J. & Thiel, A. (2011). Verletzungen im Leistungssport aus soziologischer Perspektive. *Sportwissenschaft*, 41(2), 124-136. <https://doi.org/10.1007/s12662-011-0193-9>
- Niederberger, M. & Renn, O. (2018). *Das Gruppendelphi-Verfahren, Vom Konzept bis zur Anwendung*. Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-18755-2>
- Niederberger, M. & Renn, O. (2019). *Delphi-Verfahren in den Sozial- und Gesundheitswissenschaften, Konzept, Varianten und Anwendungsbeispiele*. Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-21657-3>
- Nixon, H. L. (1992). A Social Network Analysis of Influences On Athletes To Play With Pain and Injuries. *Journal of Sport & Social Issues*, 16(2), 127-135. <https://doi.org/10.1177/019372359201600208>
- Nixon, H. L. (1994). Coaches' Views of Risk, Pain, and Injury in Sport, with Special Reference to Gender Differences. *Sociology of Sport Journal*, 11(1), 79-87. <https://doi.org/10.1123/ssj.11.1.79>
- Pelikan, J. M. (2007). Zur Rekonstruktion und Rehabilitation eines absonderlichen Funktionssystems – Medizin und Krankenbehandlung bei Niklas Luhmann und in der Folgerezeption. *Soziale Systeme*, 13(1-2), 290-303. <https://doi.org/10.1515/sosys-2007-1-22>

- Polsky, S. (1998). Winning medicine: professional sports team doctors' conflict of interest. *Journal of Contemporary Health Law and Policy*, 14, 503-529.
- Reid, C., Stewart, E. & Thorne, G. (2004). Multidisciplinary Sport Science Teams in Elite Sport: Comprehensive Servicing or Conflict and Confusion? *The Sport Psychologist*, 18(2), 204-217. <https://doi.org/10.1123/tsp.18.2.204>
- Safai, P. (2003). Healing the Body in the "Culture of Risk": Examining the Negotiation of Treatment between Sport Medicine Clinicians and Injured Athletes in Canadian Intercollegiate Sport. *Sociology of Sport Journal*, 20(2), 127-146. <https://doi.org/10.1123/ssj.20.2.127>
- Simon, F. B. (2010). *Einführung in die Systemtheorie des Konflikts* (1. Aufl.). Carl-Auer-Systeme Verlag.
- Steinmann, A., Jaitner, D. & Himmelseher, N. (2019). "One aspect of the coaching business." Function and role of sports physiotherapists from the perspective of coaches in German elite athletics. *Sports Coaching Review*, 9(3), 1-20. <https://doi.org/10.1080/21640629.2019.1657680>
- Waddington, I. (2006). Ethical problems in the medical management of sports injuries: a case study of English professional football. In S. Loland, B. Skirstad & I. Waddington (Eds.), *Pain and Injury in Sport: Social and Ethical Analysis* (pp. 182-199). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203002995-22>

Förderung der Sozialkompetenz von Trainerinnen und Trainern im Deutschen Tischtennis-Bund

AZ: 071601/22-23

Transferprojekt

Projektleitung: Prof. Dr. Carmen Borggrefe & Prof. Dr. Klaus Cachay

Projektmitarbeiter: Andreas Hoffmann

Universität Stuttgart, Institut für Sport- und Bewegungswissenschaft, Abteilung Sportsoziologie und -management

1 Problem

Die zentrale Aufgabe von Trainerinnen und Trainern im Spitzensport besteht darin, ihre Athletinnen und Athleten unter Beachtung sportspezifischer Regeln und Wahrung ethischer Grundsätze zu Höchstleistungen zu bringen. Im hochkomplexen Feld des Spitzensports mit seinen zahlreichen Umweltansprüchen geht es für einen Trainer also immer darum, im Training wie im Wettkampf so Einfluss auf die Athleten und deren Verhalten zu nehmen, dass diese möglichst als Sieger aus Wettkämpfen hervorgehen. Doch wie kann dies gelingen? Wie können Trainer die Leistungen ihrer Athleten bestmöglich fördern?

Zweifellos ist an dieser Stelle zunächst die fachliche Kompetenz hervorzuheben: Trainer sollten unbedingt 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 anwen-

den 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 Studien¹ zur Trainer-Athlet-Kommunikation im Spitzensport – zuletzt im WVL-Projekt „Sozialkompetenz“ – wurden zentrale kommunikative Anforderungen an Trainer sowie Strategien ihrer Bewältigung theoretisch reflektiert und empirisch untersucht. Diese Studien wurden im Transferprojekt „Förderung der Sozialkompetenz von Trainerinnen und Trainern im Deutschen Tischtennis-Bund“ fortge-

1 Im Einzelnen handelt es sich um folgende Projekte: „Kommunikation im Spitzensport“ (Dissertationsprojekt 2004-2007; Borggrefe, 2008), „Kommunikation unter Druck – Praktiken der Verständigung von Trainern und Athleten im Wettkampfsport“ (2010-2013, Fördereinrichtung: DFG), „Kommunikative Kompetenzen von Trainerinnen und Trainern im Leistungssport“ (2010-2013, Fördereinrichtung: Ministerium für Familie, Kinder, Jugend, Kultur und Sport des Landes NRW) und „Sozialkompetenz als wesentlicher Baustein erfolgreichen Trainerhandelns im Nachwuchs- und Spitzensport“ (2013-2015, Fördereinrichtung: Bundesinstitut für Sportwissenschaft).

setzt, das wiederum darauf zielte, wissenschaftliche Erkenntnisse in innovativer Weise in die Sportpraxis zu transferieren und für die Fortbildung von Bundestrainerinnen und -trainern im Tischtennis zu nutzen.

2 Methode

Die Analyse kommunikativer Anforderungen und Strategien im Tischtennis erfolgte fallstudienartig in drei Nachwuchskadern des Deutschen Tischtennis-Bundes. Die durchgeführten Fallstudien weisen ein qualitatives Forschungsdesign auf, das zum einen Video- und Audioaufzeichnungen unterschiedlicher Trainer-Spieler-Kommunikationen, zum anderen qualitative Interviews mit Trainern und Spielern implizierte. Erstere entstammen authentischen Interaktionssituationen – Trainingskommunikationen, Kommunikationen während des Wettkampfs, Vor- und Nachbesprechungen sowie Auszeiten und Satzpausen –, wobei pro Wettkampfeinheit Datenmaterial im Umfang von ca. 50 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 Spielern der betreffenden Wettkampfeinheit eingespielt. Insgesamt wurden auf diese Weise 16 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 kommunika-

tiven Anforderungen zugeordnet wurden. 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 Spielern 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 Spielerinterviews dann wiederum theoriegeleitet entlang kommunikativer Anforderungen ausgewertet, was schließlich viertens eine strukturierte Zusammenführung der Video- und Audiosequenzen mit den dazugehörigen Interviewdeutungen der Trainer und Spieler ermöglichte.

3 Ergebnisse und Transfer

Im Rahmen der durchgeführten Fallstudien konnten aufschlussreiche Erkenntnisse zur Sicherung von Verständigung, zur Steuerung von Verhalten, zur Regulierung von Konflikten und zur Gestaltung von Partizipation ermittelt werden, die bisher vorliegende Ergebnisse untermauern (siehe hierzu ausführlich die unter 4 aufgeführte Literatur). Das vorrangige Ziel des Transferprojekts lag jedoch nicht in der Produktion wissenschaftlicher Erkenntnisse, sondern das bewährte theoretisch-methodische Design der Vorgängerstudien wurde genutzt, um Kommunikationsprozesse im Spitzensport zu analysieren und das Kommunikationsverhalten der beteiligten Trainerinnen und Trainer über die Vermittlung von Beobachtungs- und Reflexionsfähigkeit zu beeinflussen. Dementsprechend wurden die Ergebnisse fallstudienbezogen aufbereitet und in individuellen Feedbacksitzungen mit den teilnehmenden Trainerinnen und Trainern erörtert.

4 Literatur

- Borggrefe, C., Cachay, K. & Bahlke, S. (2016). „Soweit alles klar jetzt?“ Zum Problem gelingender Verständigung in der Trainer-Athlet-Kommunikation. *Leistungssport*, 46, 1.
- Borggrefe, C. & Cachay, K. (2016). ‘You’ve Got to Go Where It Hurts’. Forms, Functions and Effects of Moral Communication in Elite Sport. *Sport in Society*, 19, 7, 990-1019.
- Borggrefe, C. & Cachay, K. (2015b). „Die Ansagen sind einfach blind“ – Konflikte in der Trainer-Athlet-Kommunikation. *Sport und Gesellschaft – Sport and Society*, 12, 1, 3-38.
- Borggrefe, C. & Cachay, K. (2015c). Kommunikative Anforderungen an Trainer im Spitzensport – Ein systemtheoretischer Analyserahmen. In C. Borggrefe & K. Cachay (Hrsg.), *Kommunikation als Herausforderung. Eine theoretisch-empirische Studie zur Trainer-Athlet-Kommunikation im Spitzensport* (S. 9-61). Schorndorf: Hofmann.
- Borggrefe, C. & Cachay, K. (2015d). Ein qualitatives Forschungsdesign zur Analyse der Trainer-Athlet-Kommunikation im Spitzensport. In C. Borggrefe & K. Cachay (Hrsg.), *Kommunikation als Herausforderung. Eine theoretisch-empirische Studie zur Trainer-Athlet-Kommunikation im Spitzensport* (S. 63-76). Schorndorf: Hofmann.
- Bahlke, S., Borggrefe, C. & Cachay, K. (2015). „Soweit alles klar jetzt?“ – Zum Problem gelingender Verständigung. In C. Borggrefe & K. Cachay (Hrsg.), *Kommunikation als Herausforderung. Eine theoretisch-empirische Studie zur Trainer-Athlet-Kommunikation im Spitzensport* (S. 77-130). Schorndorf: Hofmann.
- Borggrefe, C., Cachay, K. & Dölling, R. (2015 Sa). Zwischen Macht und Vertrauen – Zum Problem der Steuerung. In C. Borggrefe & K. Cachay (Hrsg.), *Kommunikation als Herausforderung. Eine theoretisch-empirische Studie zur Trainer-Athlet-Kommunikation im Spitzensport* (S. 131-194). Schorndorf: Hofmann.
- Borggrefe, C., Cachay, K. (2015e). „Ihr müsst da hingehen, wo es weh tut!“ – Formen, Funktionen und Folgen moralischer Kommunikation im Spitzensport. In C. Borggrefe & K. Cachay (Hrsg.), *Kommunikation als Herausforderung. Eine theoretisch-empirische Studie zur Trainer-Athlet-Kommunikation im Spitzensport* (S. 195-226). Schorndorf: Hofmann.
- Borggrefe, C. & Cachay, K. (2015f). Konflikte in der Trainer-Athlet-Kommunikation – Formen, Funktionen und Möglichkeiten der Regulierung. In C. Borggrefe & K. Cachay (Hrsg.), *Kommunikation als Herausforderung. Eine theoretisch-empirische Studie zur Trainer-Athlet-Kommunikation im Spitzensport* (S. 227-286). Schorndorf: Hofmann.
- Cachay, K. & Borggrefe, C. (2015). Kommunikation unter Druck – Anforderungen und Strategien wettkampfbezogener Trainer-Athlet-Kommunikation. In C. Borggrefe & K. Cachay (Hrsg.), *Kommunikation als Herausforderung. Eine theoretisch-empirische Studie zur Trainer-Athlet-Kommunikation im Spitzensport* (S. 287-383). Schorndorf: Hofmann.
- Bahlke, S., Borggrefe, C. & Cachay, K. (2015). „Es dürfen gerne alle was sagen!“ – Zur Bedeutung von Partizipation in der Trainer-Athlet-Kommunikation. In C. Borggrefe & K. Cachay (Hrsg.), *Kommunikation als Herausforderung. Eine theoretisch-empirische Studie zur Trainer-Athlet-Kommunikation im Spitzensport* (S. 385-458). Schorndorf: Hofmann.

Borggrefe, C. & Cachay, K. (2013). „Ihr müsst da hingehen, wo es weh tut!“ – Formen, Funktionen und Folgen moralischer Kommunikation im Spitzensport. *Sport und Gesellschaft – Sport and Society*, 10, 2, 143-173.

Borggrefe, C. & Cachay, K. (2013). Communicative Challenges of Coaches in Elite-Level Sports. System Theoretical Reflections on Successful Coaching Strategies. *European Journal for Sport and Society*, 10, 1, 7-29.

Borggrefe, C. (2008). *Kommunikation im Spitzensport – Theoretische Reflexionen zu kommunikativen Erfolgsstrategien von Trainern*. Schorndorf: Hofmann.

Sportentwicklungsbericht 3.0: Ausgewählte Ergebnisse der Stakeholderbefragungen im Rahmen der 8. Erhebungswelle des „SEB 3.0“

AZ: 081802/17-26

Christoph Breuer (Projektleitung), Svenja Feiler & Leonie Hauptvogel

Deutsche Sporthochschule Köln, Institut für Sportökonomie und Sportmanagement

1 Problem

Die Sportentwicklungsberichte – „Analysen zur Situation der Sportvereine in Deutschland“ – verfolgen das Ziel, die Entscheidungsträger im organisierten Sport sowie in der öffentlichen Sportpolitik und -verwaltung zeitnah mit politikfeld- und managementrelevanten Informationen zu versorgen (Argumentations- und Handlungswissen). Mithilfe dieser Unterstützung soll die Wettbewerbsfähigkeit des organisierten Sports in Zeiten eines dynamischen sozialen Wandels gestärkt werden. Mitte des Jahres 2017 wurde Univ.-Prof. Dr. Christoph Breuer vom Institut für Sportökonomie und Sportmanagement der Deutschen Sporthochschule Köln mit der Durchführung der siebten bis neunten Welle der Sportentwicklungsberichte beauftragt („SEB 3.0“). Weiterhin liegt der methodische Kerngedanke der Sportentwicklungsberichte im Aufbau eines Paneldesigns. Nunmehr werden ab der siebten Welle die gleichen Sportvereine alle drei Jahre zu ihrer Situation online befragt.

Zudem sind neue Elemente des „SEB 3.0“ die sogenannten Stakeholderbefragungen, d.h. Befragungen verschiedener Personengruppen. In der siebten Welle wurden in diesem Zusammenhang neben den Vereinen selbst auch TrainerInnen und ÜbungsleiterInnen sowie Vorstandsmitglieder befragt. In der jetzt vorliegenden achten Welle wurden ergänzend zu den Vereinen auch Mitglieder sowie Schieds- und KampfrichterInnen befragt. Die Befragungen der Personengruppen erfolgten zeitlich nach der jeweiligen Organisationsbefragung.

In diesem Beitrag stehen die Befragungen der genannten Stakeholder, d.h. der Schieds- und

KampfrichterInnen (Breuer & Feiler, 2022a, 2022b) sowie der Vereinsmitglieder (Breuer & Feiler, 2022d, 2022f) im Mittelpunkt. Ergebnisse der Vereinsbefragung der achten Welle (Breuer & Feiler, 2021, 2022e) sowie der Zusatzbefragung der Vereine zur COVID-19-Thematik (Breuer, Feiler, & Rossi, 2021a, 2021b) wurden bereits im Beitrag zum BISp-Jahrbuch 2021/22 behandelt (Breuer & Feiler, 2022c).

2 Methode

Wie die Vereinsbefragung der achten Welle wurden auch die beiden Stakeholderbefragungen online durchgeführt. Für die Befragung der Mitglieder wurden die Vereine am Ende der Befragung gefragt, ob sie bereit wären, sich an einer Befragung ihrer Mitglieder zu beteiligen. Im Falle der Zustimmung wurden die Vereine gebeten, eine E-Mail-Adresse anzugeben, unter der sie für die Befragung der Mitglieder kontaktiert werden konnten. Von den 20.179 Sportvereinen, die an der Vereinsbefragung im Herbst 2020 teilgenommen hatten, stimmten 4.349 Vereine zu, an der Befragung ihrer Mitglieder mitzuwirken. Diese Vereine erhielten am 21.06.2021 einen individuellen Befragungslink für ihren Verein mit der Bitte, diesen Link an die Mitglieder weiterzuleiten. Während der Befragung wurde ein Reminder versendet (am 27.07.2021), welcher zu einem erhöhten Rücklauf führte. Die Befragung wurde am 26.08.2021 beendet, mit einer Beteiligung von n=8.298 Mitgliedern aus 1.329 Vereinen aus allen 16 Bundesländern.

Für die Befragung der Schieds- und KampfrichterInnen wurden die Fachverbände invol-

viert. Zunächst wurden alle Fachverbände vom DOSB kontaktiert und befragt, ob Interesse an einer Befragung ihrer Schieds- und Kampf-richterInnen bestehen würde. Insgesamt 18 Fachverbände bekundeten Interesse und wurden daher am 15.06.2021 vom Projektteam mit einem individuellen Befragungslink für jeden Verband kontaktiert. Während der Feldzeit wurde auch in dieser Befragung ein Reminder versendet (am 27.07.2021), welcher die Beteiligung steigerte. Die Befragung der Schieds- und Kampf-richterInnen wurde am 26.08.2021 mit einem Rücklauf von n=7.391 Personen beendet.

3 Ergebnisse und Diskussion

Die Aufarbeitung der Ergebnisse der unterschiedlichen Befragungen erfolgte in der achten Welle des Sportentwicklungsberichts in verschiedenen Berichten. Zunächst wurde aufgrund der Aktualität ein spezieller Bericht zu den Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf die Sportvereine veröffentlicht (Breuer et al., 2021a). Ergänzend zum Bericht in deutscher Sprache wurde eine englische Fassung publiziert (Breuer et al., 2021b). Wie in jeder Erhebungswelle des Sportentwicklungsberichts stellt der sog. Bundesbericht (Breuer & Feiler, 2021) die Ergebnisse der regulären Vereinsbefragung der achten Welle für Gesamtdeutschland dar. Auch hier wurde eine englische Fassung veröffentlicht (Breuer & Feiler, 2022e). Ergänzend zu den Ergebnissen der Organisationsbefragung enthält der Bundesbericht erste Ergebnisse der beiden Stakeholderbefragungen. Analog zum Bundesbericht für Gesamtdeutschland gibt es 16 Länderberichte, die die Ergebnisse jeweils differenziert auf Bundeslandebene darstellen. Detaillierte Berichte der Befragungen der Mitglieder (Breuer & Feiler, 2022d, 2022f) sowie der Schieds- und Kampf-richterInnen (Breuer & Feiler, 2022a, 2022b) wurden in deutscher und englischer Sprache veröffentlicht und stehen in diesem Beitrag im Mittelpunkt. Nachfolgend wird zunächst eine Übersicht der Ergebnisse der Befragung der Mitglieder präsentiert, gefolgt von Kernergebnissen der befragten Schieds- und Kampf-richterInnen.

3.1 Mitgliederbefragung

Die Mitglieder der Sportvereine in Deutschland wurden im Rahmen der Mitgliederbefragung hinsichtlich ihres Mitglieds- sowie Sportverhaltens, ihrer Zufriedenheit und Identifikation mit dem eigenen Verein sowie zu sozio-demographischen Faktoren befragt. Da Sportvereine als Mitgliederorganisation die Kernaufgabe der Erfüllung der Mitgliederinteressen verfolgen und innerhalb der Organisationsbefragungen die Bindung und Gewinnung von Mitgliedern durchschnittlich als eine der größten Herausforderungen benannt wurde, sind die Ergebnisse für die Sportvereine von großer Bedeutung. Um mögliche Verzerrungen der Ergebnisse (z.B. selection bias) zu reduzieren, wurden die Daten systematisch auf Basis des Alters, Geschlechts sowie eines ehrenamtlichen Engagements im Verein gewichtet. Dennoch kann nicht ausgeschlossen werden, dass sich an der Befragung möglicherweise stärker engagierte und interessierte Mitglieder beteiligt haben. Dies sollte bei der Interpretation der Ergebnisse beachtet werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass 89 % der befragten Mitglieder aktive Mitglieder, knapp 9 % passive Mitglieder und 1 % fördernde Mitglieder sind. Lediglich ein kleiner Anteil (1,1 %) war kürzlich aus einem Verein ausgetreten. Die durchschnittliche Mitgliedschaftsdauer besteht seit gut zehn Jahren, wobei die männlichen Teilnehmenden durchschnittlich seit 11,3 Jahren und geschlechtsdiverse Personen seit 19,3 Jahren Mitglieder des Vereins sind, während die Mitgliedschaftsdauer von Frauen durchschnittlich neun Jahre andauert. Zudem wurde (wenig überraschend) ein positiv signifikanter Zusammenhang zwischen der Mitgliedschaftsdauer und dem Alter festgestellt.

Die Untersuchung zeigt, dass die Mitglieder eine zentrale Bedeutung für die Sportvereine darstellen, indem sie den Verein mittels unterschiedlicher Leistungen unterstützen, auch während der Corona-Pandemie (u.a. finanziell oder durch Know-how). Zudem engagierten sich unter den befragten Mitgliedern 11,5 % in einer ehrenamtlichen Position für den Verein (z.B. Vorstandsmitglied, TrainerIn, ÜbungsleiterIn, BetreuerIn,

Schieds-/KampfrichterIn), wobei eine solche Position häufiger von männlichen Teilnehmenden als von weiblichen oder geschlechtsdiversen Personen übernommen wurde.

Im Durchschnitt sind die Mitglieder eher oder sogar sehr zufrieden mit ihrem Verein. Die durchschnittlich stärkste Zufriedenheit der Mitglieder zeigte sich hinsichtlich der Kompetenzen und der Motivation der TrainerInnen und ÜbungsleiterInnen, des Preis-Leistungs-Verhältnisses und des Mitgliedsbeitrags des Vereins. Ebenfalls konnte eine durchschnittlich stark ausgeprägte Loyalität sowie eine durchschnittlich mittel-mäßig bis stark ausgeprägte Identifikation der Mitglieder zu ihrem Verein festgestellt werden. Die stärkste Ausprägung der abgefragten Identifikationsmerkmale war im Sprachmerkmal der „Wir-Form“ zu finden, wenn über den eigenen Verein gesprochen wird. Im geschlechterdifferenzierten Vergleich zeigte sich, dass signifikant mehr Männer diesem Statement zustimmten als Frauen oder geschlechtsdiverse Personen. Insgesamt stimmten jedoch zwei Drittel aller Befragten dem Statement voll oder eher zu. Einzelne Teilaspekte der Zufriedenheit zeigen jedoch Handlungsbedarf auf. So ist besonders auffällig, dass weibliche Mitglieder im Schnitt weniger zufrieden mit dem Zustand der Sanitär- und Umkleieräume von Sportanlagen sind. Insbesondere die stark abweichenden Meinungen geschlechtsdiverser Mitglieder im Zusammenhang der Teilzufriedenheiten sprechen für die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen in diesem Bereich.

Eine differenzierte Betrachtung der Ergebnisse zur Zufriedenheit, Identifikation und Loyalität nach Mitgliedschaftstypen offenbart u.a., dass fördernde Mitglieder im Schnitt am zufriedensten mit dem Verein insgesamt sind, während dies auf kürzlich ausgetretene Mitglieder am wenigsten stark zutrifft. Ein ähnliches Bild zeigt sich bei der Identifikation mit dem Verein. Fördernde Mitglieder weisen zudem, ähnlich wie aktive Mitglieder, eine besonders große Vereinsloyalität auf. Zudem sind sie im Vergleich zu den aktiven und passiven Mitgliedern am ehesten bereit, sich ehrenamtlich wie auch finanziell für ihren Verein zu engagieren.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Mitglieder der Sportvereine in Deutschland durchschnittlich sehr zufrieden mit den jeweiligen Sportvereinen und ihren Angeboten sind und eine erhöhte Loyalität sowie eine moderat bis stark ausgeprägte Identifikation mit den Vereinen festzustellen ist. Gesellschaftlich bedeutsam ist, dass die Sportvereinsmitglieder im Vergleich zur Gesamtbevölkerung ein höheres soziales Vertrauen aufweisen sowie von einer höheren Anzahl enger Freunde und einer höheren Lebenszufriedenheit berichten.

3.2 Befragung der Schieds- und KampfrichterInnen

Zusätzlich zu der Herausforderung der Bindung und Gewinnung von Mitgliedern zeigten die Organisationsbefragungen im Rahmen der Wellen des Sportentwicklungsberichts, dass auch die Bindung und Gewinnung von Kampf- und SchiedsrichterInnen für die Sportvereine eine durchschnittlich stark ausgeprägte Herausforderung darstellt (vgl. Breuer & Feiler, 2017). Darauf basierend wurden Schieds- und KampfrichterInnen aus 18 Sportarten, deren Fachverbände sich an der Befragung beteiligen wollten, hinsichtlich ihrer Schieds- bzw. KampfrichterInnen-Tätigkeit sowie ihrer Motivation und Zufriedenheit befragt.

Unter den befragten Schieds- und KampfrichterInnen waren mehr Männer (70,6 %) als Frauen (29,3 %). Nur ein sehr geringer Anteil (0,1 %) der Befragten war geschlechtsdivers. In diesem Zusammenhang wurden weiterhin geschlechtsspezifische Unterschiede in den Differenzierungen nach Sportarten deutlich. So haben in den Sportarten Turnen und Cheerleading deutlich mehr weibliche als männliche Personen an der Befragung teilgenommen, wohingegen in der Leichtathletik und im Rettungssport weniger als die Hälfte der Befragten weiblich waren. Zudem wurden auf Basis der sportartspezifischen Differenzierung Altersunterschiede der Schieds- und KampfrichterInnen festgestellt. So waren zum Zeitpunkt der Erhebung die teilnehmenden Schieds- und KampfrichterInnen durchschnittlich 46,7 Jahre alt. Die im Durchschnitt jüngsten Schieds- und Kampfrichter-

Innen waren im Cheerleading und Judo tätig, wobei die im Durchschnitt ältesten aus dem Bereich des Motor- und Tanzsports kamen. Im Schnitt waren die Schieds- und KampfrichterInnen 15,7 Jahre in ihrer Funktion tätig, wobei die im Tischtennis und Tanzsport tätigen Personen durchschnittlich am längsten aktiv waren. Zum Zeitpunkt der Befragung waren gut 40 % der befragten Schieds- und KampfrichterInnen bereits mehr als 15 Jahre in dieser Funktion tätig. Gut drei Viertel der befragten Schieds- und KampfrichterInnen waren für ihren Sportverein tätig, wodurch das restliche Viertel für den jeweiligen Verband tätig sein dürfte. Knapp 60 % der befragten Schieds- und KampfrichterInnen gaben zudem an, mindestens eine weitere ehrenamtliche Tätigkeit in ihrem Sportverein auszuüben. Hierbei zeigt sich, dass über ein Drittel der Schieds- und KampfrichterInnen auch als TrainerInnen oder ÜbungsleiterInnen in ihrem Sportverein tätig waren, knapp ein Viertel gab an, als Vorstandsmitglied zu fungieren sowie 15 % als BetreuerInnen. Seltener (3,7 %) waren Schieds- und KampfrichterInnen zusätzlich als KassenprüferInnen im Einsatz. Weiterhin gaben 16 % der Schieds- und KampfrichterInnen an, sonstige Funktionen im Verein inne zu haben.

Knapp vier von zehn Schieds- und KampfrichterInnen gaben an, dass sie (vor Beginn der Corona-Pandemie) regelmäßig ihrer Tätigkeit als Schieds- bzw. KampfrichterIn nachgingen, wobei deutliche sportartspezifische Unterschiede festgestellt wurden. Es fällt auf, dass mit Ausnahme der Sportarten Fußball, Judo und Tennis mehr als die Hälfte der befragten Schieds- und KampfrichterInnen vor der Pandemie weniger als einmal im Monat ihrer Tätigkeit nachgingen. Im Durchschnitt waren die befragten Schieds- und KampfrichterInnen im Jahr 2019 bei knapp 13 Wettkämpfen bzw. Ligaspielen im Einsatz. Bei durchschnittlich weniger als einem Einsatz (0,7) wurden sie dabei sportartübergreifend mit Beleidigungen konfrontiert. Im Verhältnis zu ihren Einsätzen waren die Schieds- und KampfrichterInnen am häufigsten in den Sportarten Ju-Jutsu, Fußball und Judo von Beleidigungen betroffen. Es wurden durchschnittlich vor allem empfundene Diskriminierungen aufgrund des Alters und Geschlechtes genannt. In seltenen

Fällen fühlten sich Schieds- und KampfrichterInnen während ihres Einsatzes bedroht (0,45 % aller Einsätze). Noch seltener kam es zu körperlichen Ausschreitungen (0,02 % aller Einsätzen). Dies trat anteilig im Verhältnis zur Anzahl der Einsätze am häufigsten in der Sportart Fußball auf (0,24 % der Einsätze).

Insgesamt wurde innerhalb der Befragung deutlich, dass die Schieds- und KampfrichterInnen im Durchschnitt sehr zufrieden mit ihrer Tätigkeit sind. Gefragt nach möglichen zeitlichen Einschränkungen gaben rund 55 % der Schieds- und KampfrichterInnen an, dass sie auch in der kommenden Saison die Zeit für ihre Tätigkeit aufbringen können werden, während knapp ein Viertel hier mögliche Schwierigkeiten ausmachte. Gut ein Fünftel war noch unentschieden. Nur eine geringe Anzahl an Schieds- und KampfrichterInnen gab an, dass sie mit dem Gedanken spielten, die Tätigkeit zu beenden. Insgesamt fällt auf, dass Männer durchschnittlich zufriedener mit der Tätigkeit sind als Frauen und diese auch eher weiterempfehlen würden. Ebenfalls konnten sportartspezifische Unterschiede in Bezug auf die Zufriedenheit festgestellt werden. So sind Schieds- und KampfrichterInnen in den Sportarten Taekwondo, Rudern und Ju-Jutsu im Durchschnitt am zufriedensten, während die Schieds- und KampfrichterInnen in den Sportarten Turnen, Tischtennis und Judo durchschnittlich am wenigsten stark zufrieden sind. In der Betrachtung der Zufriedenheiten einzelner Teilaspekte ihrer Tätigkeit wird deutlich, dass die Schieds- und KampfrichterInnen mit ihrer eigenen Leistung, dem Respekt der SportlerInnen sowie der Zusammenarbeit mit anderen Schieds- und KampfrichterInnen am zufriedensten sind. Im Schnitt sind die Schieds- und KampfrichterInnen hingegen mit den steuerlichen Vergünstigungen am wenigsten zufrieden.

Betrachtet man die Motive der Schieds- und KampfrichterInnen zur Ausübung ihrer Tätigkeit, so zeigt sich, dass insbesondere die Verbundenheit zu ihrer Sportart sowie der Spaß an der Tätigkeit für die Schieds- und KampfrichterInnen entscheidend sind, wohingegen soziales Ansehen und insbesondere materielle Anreize, speziell monetärer Art, kaum eine Rolle

spielen. Auch bei den Motiven zeigen sich geschlechts-, alters- und sportartspezifische Unterschiede. So fällt u.a. auf, dass Frauen stärker dem Motivbündel der Gemeinschaftsorientierung und Vereinszugehörigkeit zustimmen als Männer, während bei den Männern Motive der persönlichen Weiterentwicklung und des Erfolgs stärker als bei Frauen ausgeprägt sind. Zudem zeigt sich, dass die ältesten Schieds- und KampfrichterInnen am stärksten altruistischen Motiven, dem Werteverständnis und der gesellschaftlichen Verantwortung zustimmen, während für die jüngste Altersgruppe der bis zu 18-Jährigen im Vergleich zu allen älteren Altersgruppen Aspekte des eigenen Lernens und der Fortbildung am stärksten ausgeprägt sind. Weiterhin konnten sportartspezifische Unterschiede in den Tätigkeitsmotiven festgestellt werden. So ist das Motiv von Spaß und Sport am stärksten unter Schieds- und KampfrichterInnen im Ju-Jutsu, Cheerleading, Motorsport und Tanzsport ausgeprägt, während Schieds- und KampfrichterInnen aus dem Turnen und Tischtennis hier anteilig am wenigsten voll zustimmen. Das Motivbündel der Anerkennung ist durchschnittlich unter Schieds- und KampfrichterInnen in der Sportart Tennis am stärksten ausgeprägt, während im Fußball die materiellen Anreize vergleichsweise am häufigsten (wenn auch insgesamt selten) benannt wurden.

Insgesamt betrachtet machen die Ergebnisse der Schieds- und KampfrichterInnen-Befragung die Komplexität des Schieds- und KampfrichterInnen-Wesens in Deutschland deutlich. So gilt es bei Steuerungs- und Unterstützungsansätzen der Verbände für die Schieds- und KampfrichterInnen die Vielschichtigkeit hinsichtlich der sportartspezifischen sowie der alters- und geschlechtsspezifischen Besonderheiten zu beachten, um der großen Bedeutung der Gruppe der Schieds- und KampfrichterInnen für Sport und Gesellschaft vollumfänglich Ausdruck zu verleihen.

4 Literatur

- Breuer, C. & Feiler, S. (2017). Sportverein im Wandel – Zur Entwicklung der Sportvereine in Deutschland von 2005 bis 2015. In C. Breuer (Hrsg.), Sportentwicklungsbericht 2015/2016. Band I. Analyse zur Situation der Sportvereine in Deutschland (S. 243-263). Hellenthal: Sportverlag Strauß.
- Breuer, C. & Feiler, S. (2021). Sportvereine in Deutschland: Ergebnisse aus der 8. Welle des Sportentwicklungsberichts. Sportentwicklungsbericht für Deutschland 2020-2022 – Teil 1. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- Breuer, C. & Feiler, S. (2022a). Ein Blick auf die Sportarten: Schieds- und KampfrichterInnen in Deutschland. Sportentwicklungsbericht für Deutschland 2020-2022 – Teil 2. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- Breuer, C. & Feiler, S. (2022b). A look at the sports: referees and officials in Germany. Sport Development Report for Germany 2020-2022 – Part 2. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- Breuer, C. & Feiler, S. (2022c). Sportentwicklungsbericht 3.0: Ausgewählte Ergebnisse der Vereinsbefragung sowie der COVID-19 Zusatzbefragung im Rahmen der 8. Erhebungswelle des „SEB 3.0“. In Bundesinstitut für Sportwissenschaft (Hrsg.), BISp-Jahrbuch Forschungsförderung 2021/22 (S. 269-274). Bonn.
- Breuer, C. & Feiler, S. (2022d). Sports club memberships in Germany – Types, commitment and social correlates. Sport Development Report for Germany 2020-2022 – Part 3. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.

- Breuer, C. & Feiler, S. (2022e). Sports Clubs in Germany: Results from the 8th wave of the Sport Development Report. Sport Development Report for Germany 2020-2022 – Part 1. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- Breuer, C. & Feiler, S. (2022f). Sportvereinsmitgliedschaften in Deutschland – Typen, Bindung und gesellschaftliche Korrelate. Sportentwicklungsbericht für Deutschland 2020-2022 – Teil 3. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- Breuer, C., Feiler, S. & Rossi, L. (2021a). Auswirkungen der COVID-19-Pandemie auf die Sportvereine in Deutschland. Ergebnisse der COVID-Zusatzbefragung im Rahmen der 8. Welle des Sportentwicklungsberichts. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.
- Breuer, C., Feiler, S. & Rossi, L. (2021b). Impact of the COVID-19 pandemic on sports clubs in Germany. Results of the COVID-19 supplementary survey as part of the 8th wave of the Sport Development Report. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.

Sportanlagen, Sporttechnologie und Sportökologie



Bäder für Leistungs-, Wettkampf-, Schul- und Vereinssport: Schaffung valider empirischer Grundlagen für eine Stadt-, Regional- und Sportstättenentwicklung zur Verwirklichung gleichwertiger Lebensverhältnisse („Bäderleben“)

AZ: 071403/19-21

Prof. Dr. Lutz Thieme & Carina Post

Hochschule Koblenz

1 Problem

Das Ziel des Antragsforschungsprojektes „Bäder für Leistungs-, Wettkampf-, Schul- und Vereinssport: Schaffung valider empirischer Grundlagen für eine Stadt-, Regional- und Sportstättenentwicklung zur Verwirklichung gleichwertiger Lebensverhältnisse“ (Kurztitel: „Bäderleben“), welches von Januar 2019 bis Dezember 2022 durchgeführt wurde, bestand in erster Linie in der Erhebung und Weiterführung valider und umfangreicher Daten zu deutschen Schwimmbädern.

Während Daten zu künstlich und natürlich geschaffenen Badeflächen (Schwimmbädern und Badestellen) bereits im Bäderatlas der Deutschen Gesellschaft für das Badewesen oder verschiedenen privat oder regional angebotenen Datenbanken vorhanden waren, so beschränken sich diese zumeist auf einzelne Ausstattungsmerkmale oder Regionen. Jedoch benötigen neben politischen Ebenen auch Fachkundige in den Sportverbänden valide und umfangreiche Daten zu den Sportstätten, um Entscheidungen hinsichtlich der Bäderinfrastruktur treffen oder Bewertungen zur spitzensportlichen Nutzung abgeben zu können. Schwimmbäder sind dabei nicht nur eine Sportstätten, die den in den Bädern aktiven Sportvereinen zur Ausübung verschiedenster Sportarten dienen, sondern vor allem auch Orte der Entspannung oder Begegnung für die Bevölkerung.

Das Ziel von Bäderleben bestand somit darin, die Datenlücke zu schließen und mithilfe einer öffentlich zugänglichen Datenbank über eine Website Entscheidungsträgern aus Sport, Politik und Gesellschaft umfangreiche Daten zur Verfügung zu stellen, um künftige Entscheidungen fundiert treffen zu können. Aufgrund der Datenmenge zielte das Forschungsprojekt darauf ab, verschiedene Auswertungs- und Informationstools zu Verfügung zu stellen. Darüber hinaus sollte mit Bäderleben außerdem ein Verfahren zur aufwandsarmen Datenaktualisierung durch Einbezug der Bevölkerung geprüft werden, um der Notwendigkeit aktueller Daten gerecht zu werden.

2 Methode

Die Methode verknüpft wissenschaftliche Erhebungsmethoden mit dem Wissen und Datenbedarf der Praxis. Das Forschungsprojekt hat einen hohen Praxisbezug, weshalb von Anfang an mit einem Projektbeirat aus Fachkundigen verschiedener Organisationen zusammengearbeitet wurde. Die Treffen dieses Beirates haben den Projektverlauf und auch Schwerpunkthinhalte an vielen Stellen vorangetrieben und beeinflusst. Mithilfe des Projektbeirates wurden folgende Arbeitspakete innerhalb des Forschungsprojektes bearbeitet:

- › Schaffung und Weiterentwicklung der definitorischen Grundlagen

- › Generierung der Grundgesamtheit und Recherche der Daten
- › Erstellung der Homepage www.baederleben.de
- › Erstellung von Auswertungstools
- › Öffentlichkeitsarbeit und partizipatorische Datenaktualisierung durch den Citizen-Science-Ansatz sowie
- › Weiterentwicklung des Projekts

Die definitorischen Grundlagen umfassen letztlich knapp 140 Merkmale zu jedem Bad und mehr als 20 Merkmale je Becken. Die einzelnen Merkmale ermöglichen die Erfassung von ausstattungs- oder nutzendenbezogenen Informationen, wie beispielsweise Badtyp, Sprungtürme, Wasserflächen, Eintrittspreise oder barrierefreie Ausstattung.

Für die Datenbank wurden verschiedene Datenquellen recherchiert, die in ihrer Gesamtheit bereits verschiedene Bereiche der definitorischen Grundlagen abgedeckt haben:

- › Daten der Gesundheitsämter der Landkreise und kreisfreien Städte
- › Bäderatlas der Deutschen Gesellschaft für das Badewesen
- › Privat geführte Internetseiten, wie Rutsch-erlebnis, Freizeitengel oder Schwimmbad-check
- › Geoinformationssysteme von Städten, sofern vorhanden

Die Grundgesamtheit der zu erfassenden Bäder resultiert aus einer Abfrage der Gesundheitsämter der Landkreise und kreisfreien Städte, da diese für die Überprüfung der Wasserflächen zuständig sind. Während auf der Grundlage dieser Datenquellen eine Recherche begonnen wurde,

entstanden eine Datenbank und die Website, die allen Interessierten einen umfangreichen Einblick in die deutsche Bäderlandschaft ermöglicht. Neben den möglichen Downloads aller in Bäderleben verfügbaren Daten können die Nutzenden durch verschiedene Abfragen auch merkmalsbezogene Auswertungen durchführen.

Methodisches Kernelement von Bäderleben ist die partizipatorische Datenerhebung. Während durch die Recherche ein Teil der Daten ermittelt werden konnte, wurde zu Projektbeginn festgelegt, die Validität und den Umfang der vorhandenen Daten durch Einbezug der Bevölkerung zu erhöhen. Das Verfahren ist zweistufig und ermöglicht es Interessierten, Vorschläge zu den erfassten Bädern einzureichen und Badpatenschaften zu übernehmen. Durch Anpassung oder Ergänzung der Daten durch Interessierte auf der Website entsteht ein Vorschlag, der in der Datenbank gespeichert wird. Um eine unkontrollierte Überschreibung der Daten zu verhindern, muss jeder Vorschlag von einem Fachkundigen („Badpaten“)¹ oder dem Projektteam geprüft und angenommen bzw. abgelehnt werden.

Bei der Annahme wird zwischen Datenkorrektur und -aktualisierung unterschieden. Während Korrekturen alle Jahresdaten überschreiben, wird bei einer Aktualisierung nur der aktuelle Datensatz verändert. Durch ein jährliches Abspeichern der Daten entsteht so die Möglichkeit, den Verlauf der Änderungen nachzuzeichnen und die Entwicklung der Badinfrastruktur zu erfassen.

3 Ergebnisse

Die Zielstellung umfasst neben der Erhebung umfangreicher Daten auch die Validierung dieser durch das partizipatorische System sowie die Veröffentlichung der erhobenen Daten über eine Website. Auf dieser können außerdem eine räumliche Suche und Analysen hinsichtlich der Merkmale und der vergangenen Entwicklung

¹ Badpate ist ein ausschließlich innerhalb des Projekts genutzter Begriff, welcher alle Geschlechter umfasst.

der Merkmale durchgeführt werden. Umfangreiche Analysen zum Umfang der Daten, der Nutzung der Website und Handlungsempfehlungen für die weitere Datennutzung können im Abschlussbericht eingesehen werden.

3.1 Daten aus Bäderleben

Die Datenrecherche führte zur Erfassung von 9.332 Bädern (Stand 23.12.2022, vgl. Tabelle 1), sodass Bäderleben mehr Bäder beinhaltet als die bislang vorhandenen Quellen, zu den Bädern gehören 18.351 Becken, außerdem wurden 406 dauerhaft geschlossene Bäder erfasst. Die insgesamt hohe Zahl der Bäder ist vor allem durch die Aufnahme von privat geführten Bädern in Hotels, Kliniken oder Fitnessstudios zu erklären, da diese bislang in keiner Datenbank abgebildet werden, aber von Relevanz für verschiedene Angebote sein können.

Für tiefergehende Analysen zur Schwimminfrastruktur ist insbesondere die Wasserfläche relevant, da diese einen Einfluss auf die mögliche Nutzung und Auslastung hat. Die Internetrecherche hat u. a. gezeigt, dass zwar häufig die Beckenlänge recherchierbar ist, jedoch nicht die Beckenbreite, sodass die nutzbare Wasserfläche oft unbekannt bleibt.

3.2 Badpatenschaften

Auf Grundlage des Citizen-Science-Ansatzes haben 317 Personen Badpatenschaften für 559 Bäder übernommen. Neben der Nutzung des Wissens dieser Badnutzenden besteht ein weiterer Vorteil in der Aufmerksamkeit, die auf den Datenbestand gelenkt wird und dadurch bei örtlichen gesellschaftspolitischen Diskussionen genutzt werden kann.

Der Erfolg des Citizen-Science-Ansatzes zur Aktualisierung von Schwimmbad-Daten in Deutschland ist dabei durchaus zu hinterfragen. Zum einen zeigen die Daten, dass für einen Großteil der Schwimmbäder keine Patenschaft existiert, wovon insbesondere privat geführte Bäder in Kliniken, Hotels, Seniorenheimen oder Schulbäder betroffen sind. Zum anderen zeigen die Daten, dass die Badpaten sich nur unregel-

mäßig einloggen, um Aktualisierungen vorzunehmen. Aufgrund nur leicht ansteigender Badpatenzahlen wurde im August 2022 die Öffnung der Badpatenschaften für Betreibende entschieden. Diese Entscheidung ist eine Erweiterung des Citizen-Science-Ansatzes, die aufgrund der Notwendigkeit valider und umfangreicher Daten getroffen wurde. Dieses Ziel wurde demnach über die Überprüfung des methodischen Ansatzes gestellt.

4 Diskussion

Das Ziel, valide und umfangreiche Daten zu den deutschen Schwimmbädern zu sammeln und interessenbezogenen Fachkundigen zur Verfügung zu stellen, hat sich über die Projektlaufzeit als Langzeitaufgabe erwiesen. Obwohl über diverse Datenquellen und unter Mithilfe verschiedener Organisationen und der Bevölkerung mehr als 9.700 Bäder identifiziert und erfasst werden konnten, kann nicht garantiert werden, dass die Datenbank hinter Bäderleben allumfassend ist. Neben den Änderungen an den bestehenden Bädern in Deutschland, Schließungen oder Neubauten führen auch Sanierungen von Bädern dazu, dass die Datensätze aus Bäderleben stetig aktualisiert werden müssen. In erster Linie sind hier die Nutzenden der Bäder vor Ort oder deren Betreibende gefragt. Die vielen fehlenden Informationen zu den Merkmalen zeigen sowohl das Potenzial als auch eine Problematik von Bäderleben.

Die Validität der erfassten Daten lässt sich pauschal nicht bewerten, da unterschiedliche Daten verschiedenen Einflussfaktoren und Veränderungszyklen unterliegen. So hat eine Datenrecherche per Telefon in 2022 gezeigt, dass 5 Prozent der 2019 erhobenen Daten inzwischen inkorrekt sind. Dies kann einerseits tatsächlich fehlerhaft erfasste Daten bedeuten, andererseits auch Angaben, die sich in den letzten drei Jahren verändert haben, wie beispielsweise Eintrittspreise. Unverändert sind allerdings zumeist die Strukturdaten der Bäder, sodass sich deren Validität als gut charakterisieren lässt. Sowohl durch notwendige Weiterentwicklungen des Projekts, die sich beispielsweise aus dem

Tabelle 1: Übersicht über die erfassten und geöffneten Bäder (23.12.2022)

| | Cabriobad | Freibad | Freizeitbad | Hallenbad | Hotelbad | Klimikbad | Kombibad | Naturbad | Schulbad | Sonstiges Bad | Gesamtergebnis |
|------------------------|------------------|---------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Baden-Württemberg | <u>1</u> | <u>392</u> | <u>72</u> | <u>264</u> | <u>162</u> | <u>109</u> | <u>29</u> | <u>241</u> | <u>214</u> | <u>42</u> | <u>1.526</u> |
| Bayern | <u>1</u> | <u>413</u> | <u>54</u> | <u>207</u> | <u>62</u> | <u>34</u> | <u>66</u> | <u>334</u> | <u>134</u> | <u>16</u> | <u>1.321</u> |
| Berlin | <u>0</u> | <u>16</u> | <u>2</u> | <u>42</u> | <u>6</u> | <u>13</u> | <u>4</u> | <u>33</u> | <u>14</u> | <u>7</u> | <u>137</u> |
| Brandenburg | <u>0</u> | <u>48</u> | <u>18</u> | <u>34</u> | <u>45</u> | <u>26</u> | <u>7</u> | <u>65</u> | <u>13</u> | <u>12</u> | <u>268</u> |
| Bremen | <u>0</u> | <u>5</u> | <u>2</u> | <u>12</u> | <u>5</u> | <u>10</u> | <u>4</u> | <u>10</u> | | <u>1</u> | <u>49</u> |
| Hamburg | <u>0</u> | <u>11</u> | <u>1</u> | <u>26</u> | <u>1</u> | | <u>11</u> | <u>11</u> | <u>8</u> | <u>9</u> | <u>78</u> |
| Hessen | <u>1</u> | <u>255</u> | <u>19</u> | <u>101</u> | <u>66</u> | <u>37</u> | <u>30</u> | <u>68</u> | <u>35</u> | <u>5</u> | <u>617</u> |
| Mecklenburg-Vorpommern | <u>0</u> | <u>15</u> | <u>10</u> | <u>18</u> | <u>157</u> | <u>47</u> | <u>1</u> | <u>413</u> | <u>5</u> | <u>12</u> | <u>678</u> |
| Niedersachsen | <u>3</u> | <u>247</u> | <u>22</u> | <u>190</u> | <u>54</u> | <u>43</u> | <u>79</u> | <u>253</u> | <u>44</u> | <u>41</u> | <u>976</u> |
| Nordrhein-Westfalen | <u>6</u> | <u>269</u> | <u>59</u> | <u>352</u> | <u>195</u> | <u>174</u> | <u>82</u> | <u>119</u> | <u>287</u> | <u>154</u> | <u>1.697</u> |
| Rheinland-Pfalz | <u>2</u> | <u>133</u> | <u>21</u> | <u>35</u> | <u>132</u> | <u>61</u> | <u>27</u> | <u>75</u> | <u>69</u> | <u>25</u> | <u>580</u> |
| Saarland | <u>1</u> | <u>27</u> | <u>3</u> | <u>20</u> | <u>9</u> | <u>4</u> | <u>7</u> | <u>6</u> | <u>7</u> | <u>3</u> | <u>87</u> |
| Sachsen | <u>1</u> | <u>163</u> | <u>25</u> | <u>57</u> | <u>16</u> | <u>12</u> | <u>11</u> | <u>78</u> | <u>16</u> | <u>15</u> | <u>394</u> |
| Sachsen-Anhalt | <u>0</u> | <u>103</u> | <u>11</u> | <u>37</u> | <u>16</u> | <u>23</u> | <u>4</u> | <u>87</u> | <u>4</u> | <u>20</u> | <u>305</u> |
| Schleswig-Holstein | <u>1</u> | <u>88</u> | <u>24</u> | <u>42</u> | <u>29</u> | <u>28</u> | <u>10</u> | <u>60</u> | <u>13</u> | <u>21</u> | <u>316</u> |
| Thüringen | <u>0</u> | <u>158</u> | <u>17</u> | <u>35</u> | <u>24</u> | <u>22</u> | <u>5</u> | <u>38</u> | | <u>4</u> | <u>303</u> |
| Gesamt | <u>17</u> | <u>2.343</u> | <u>360</u> | <u>1.472</u> | <u>979</u> | <u>643</u> | <u>377</u> | <u>1.891</u> | <u>863</u> | <u>387</u> | <u>9.332</u> |

Forschungsprojekt „Sanierungsbedarf deutscher Sportstätten“ ergeben, als auch durch Datenschutzänderungen oder allgemeine Homepageaktualisierungen ist auch die Website www.baederleben.de in Zukunft weiter regelmäßig zu überarbeiten.

Die stetige Weiterentwicklung von Bäderleben durch Erweiterungen sowie die Ergänzungen von Datenquellen haben darüber hinaus auch inhaltliche Fragen nach sich gezogen. Zum Projektende und für den angedachten Weiterbetrieb von Bäderleben ergeben sich damit die folgenden offenen Fragen:

- ▶ Wie gelingt eine Datenübertragung in den Digitalen Sportstättenatlas Deutschland (DSD) und wie kann die dauerhafte Aktualität beider Datensätze langfristig gewährleistet werden?
- ▶ Wie gelingt die Integration von bzw. die Verknüpfung mit weiteren, neuen Datenquellen, bspw. dem Sportstättenatlas Hessen, der künftig alle Sportstätten in Hessen umfassen soll?
 - Wie können Datenänderung an verschiedenen Datensätzen gegenseitig gemeldet und integriert werden?
- ▶ Welche Anreize können geboten werden, um die Bevölkerung langfristig
- ▶ in die Aktualisierung der Datensätze in Bäderleben einzubinden?
- ▶ Was ist ein Naturbad und inwieweit sind Unterscheidungen sinnvoll?

Gesunde und energieeffiziente Gestaltung von Sportstätten

AZ: 072006/20-21

Prof. Dr.-Ing. Philip Leistner & Isabel Janowsky, M.Sc.

Institut für Akustik und Bauphysik, Universität Stuttgart

1 Problemstellung

Zu einer Sportinfrastruktur mit Zukunft gehören Räumlichkeiten, die sowohl Ansprüche an Funktionalität und Sicherheit erfüllen als auch gesunde und leistungsfördernde Aufenthaltsbedingungen bieten. Zugleich gilt es, diese Gestaltungsziele nachhaltig, mit energie- und ressourceneffizienten Gebäuden und technischen Anlagen umzusetzen. Bisher liegen fundierte Forschungsergebnisse weder zur geeigneten Aufenthaltsqualität noch zur energetischen Bilanz von Sporträumen vor. Auch die an sich notwendige synchrone Betrachtung von Ansprüchen beider Aspekte wurde noch nicht berücksichtigt. Die Art und vor allem Nutzung dieser Räume stellen dabei spezifische Anforderungen an ihre Konditionierung und Ausstattung, um Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit der Sporttreibenden zu gewährleisten.

Das Ziel des Projektes richtet sich auf die Schaffung von Gestaltungs- und Lösungswissen für eine integrale und nachhaltige Behandlung von Sporthallen. Die Zielkriterien umfassen erstens die bauphysikalischen Raumbedingungen im Sinne gesunder, attraktiver Voraussetzungen für die sportliche Betätigung vieler Menschen. Zweitens geht es um die möglichst energie- und ressourceneffiziente Realisierung dieser Raumbedingungen. Damit versprechen die Projektergebnisse auch ein lukratives Einspar- und Optimierungspotenzial für die Trägerschaft und Betreibende sowie einen signifikanten Beitrag zur Energiewende und letztlich zum Klimaschutz.

2 Methodik

Um diese Forschungslücke zu schließen, wird ein kombiniertes Mess- und Befragungskonzept entwickelt, das insbesondere das Ziel verfolgt, nutzungsdifferenzierte Wahrnehmungen und Präferenzen für die bauphysikalischen Umgebungsparameter zu identifizieren. Gemessen werden die Parameter Lufttemperatur, Luftfeuchte, Luftgeschwindigkeit, Strahlungstemperatur, CO₂-Konzentration, Schalldruckpegel und Beleuchtungsstärke in unterschiedlichen Höhen an raumgeometrisch und -physikalisch sinnvollen Standorten. Um die komplexe instationäre Bedingung der Sporttreibenden abzubilden und dabei psychologische Erinnerungsfehler möglichst auszuschließen, wird der Fragebogen in zwei Teile untergliedert, wobei ein Teil vor dem Sport und der andere nach dem Sport auszufüllen ist. Die Untersuchungen zur Aufenthaltsqualität beschränken sich auf die Halle und zugehörige Umkleidekabinen. Öffentliche Bereiche, Sanitär-, Lager-, Erste-Hilfe-, Geräteräume und kleinere Räume für die sportliche Aktivität werden hierbei nicht betrachtet, fließen jedoch mit den geltenden Anforderungen und Bedingungen in die energetische Betrachtung mit ein.

Zudem werden Energieeinsparpotenziale für Sporthallen unterschiedlichen Baujahrs über die Simulation von Energiebedarfen quantifiziert und in Gestaltungshinweise für den Bau und Betrieb überführt. Hierbei werden Parameterstudien bezüglich der Variation der Betriebstemperatur, des Luftwechsels und der Nacht- und Tagabsenkung durchgeführt, um daraus Handlungsempfehlungen hinsichtlich des Be-

triebs einer Heizungs- und Lüftungsanlage abzuleiten. Zusätzlich werden die Einflüsse der aktiven Kühlung und interner Wärmegewinne auf den Energiebedarf untersucht. Zusätzlich zu den betrieblichen Maßnahmen zur Erhöhung der Energieeffizienz werden bauliche Maßnahmen betrachtet, die mit einer Reduktion des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der wärmeübertragenden Gebäudehülle gleichzusetzen sind.

3 Ergebnisse

3.1 Energetische Kategorisierung

Das Projekt fokussiert sich auf Sporthallen, deren Funktions- und Anforderungsbereiche auf Basis vorhandener internationaler Richtlinien und Planungshandbücher herausgearbeitet und in Standard-Grundrisse für Ein- Zwei- und Dreifeldhallen überführt wurden. Des Weiteren wurden Energie-Klassen anhand der Mindestanforderungen nationaler Verordnungen definiert, siehe Tabelle 1. Die Standard-Grundrisse und Energieklassen dienen gemeinsam als Basis und Referenz für die energetischen Betrachtungen und Optimierungen und damit als Grundlage der Gestaltungshinweise für die Modernisierung/Sanierung von Bestandshallen.

3.2 Aufenthaltsqualität

Die Analysen der Raumklimamessungen und -befragungen in Sporthallen zeigen, dass die in der DIN 18032-1 festgelegte Nutzungstemperatur von 17 °C, die weder auf die Art des betriebenen Sports eingeht noch auf die saisonal stark schwankenden Außenklimabedingungen, für die gesunde und attraktive Sportpraxis zu starr und pauschal angesetzt ist.

In Abb. 1 sind die beobachteten Prozentsätze der Unzufriedenen in Abhängigkeit der Operativtemperatur und des Anstrengungsgrades für die Sommer- und Wintermessungen dargestellt. Die Operativtemperatur ist nicht zu verwechseln mit der Lufttemperatur. Sie bezieht als sogenannte empfundene Temperatur Strahlungseinflüsse mit ein und kann in Innenräumen als arithmetisches Mittel der Lufttemperatur und mittleren Strahlungstemperatur beschrieben werden. PD steht hierbei für „percentage of dissatisfied“. Für das Sommer-PD-Modell werden gestrichelte Kurven für die leichte und extreme Anstrengung gewählt, da die Stichprobengröße in diesen Fällen zu gering ist, um statistisch aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen. Zudem stellt die Kurve für leichte Anstrengung eine Trendlinie dar, da für den Temperaturbereich von 18 bis 22 °C keine ausreichenden Daten vorliegen. Im Winter konnten lediglich für den mittleren Anstrengungsgrad beide Temperaturbereiche

Tabelle 1: Geometrische und energetische Kategorisierung von Sporthallen

| | Einfeldhalle | Zweifeldhalle | Dreifeldhalle |
|------------------------------------|---|---------------|---------------|
| Hallenabmessungen l x b x h [m] | 27 x 15 x 5,5 | 45 x 22 x 7 | 45 x 27 x 7 |
| Baujahr | Maximaler mittlerer U-Wert [W/m ² K] | | |
| Ab 1977 | 1,07 | 0,97 | 0,94 |
| Ab 1982 | 0,9 | 0,8 | 0,81 |
| Ab 2007 | 0,75 | 0,82 | 0,83 |
| Ab 2014 | 0,3 | 0,3 | 0,31 |
| Ab 2020 | 0,23 | 0,23 | 0,23 |

ausgewertet werden. Für die anderen Anstrengungsgrade liegen bei 18 °C nicht genügend Daten vor, weshalb sie als Punkte markiert sind. Zudem war es nicht möglich, die in der DIN 18032-1 empfohlene Nutzungstemperatur von 17 °C abzudecken, da diese Temperatur während des Sportbetriebs im Winter nicht gemessen wurde.

Deutlich ersichtlich ist, dass die Zufriedenheit mit der thermischen Umgebung abhängig ist vom Anstrengungsgrad. Im Winter beispielsweise führt eine Operativtemperatur von 19 °C bei mittlerer Anstrengung zu knapp 10 % unzufriedenen Sporttreibenden, bei extremer Anstrengung sind es über 30 %. Im Sommer

kann Ähnliches beobachtet werden. Bei mittlerer Anstrengung führt die Operativtemperatur von 21 °C zu 0 % beobachteten Unzufriedenen, wohingegen bei starker Anstrengung knapp 15 % der Sporttreibenden mit der thermischen Umgebung unzufrieden sind. Bei leichter Anstrengung führen höhere Temperaturen tendenziell zu geringerer Unzufriedenheit. Zudem zeigt sich, dass eine tendenziell kühlere Umgebung nach sportlicher Aktivität bevorzugt wird, insbesondere bei mittelschwerer bis extremer Anstrengung. Diese Unterschiede lassen sich auf die gesteigerte Wärmeproduktion des menschlichen Körpers während und nach dem Sport zurückführen, die mit zunehmendem Anstrengungsgrad steigt.

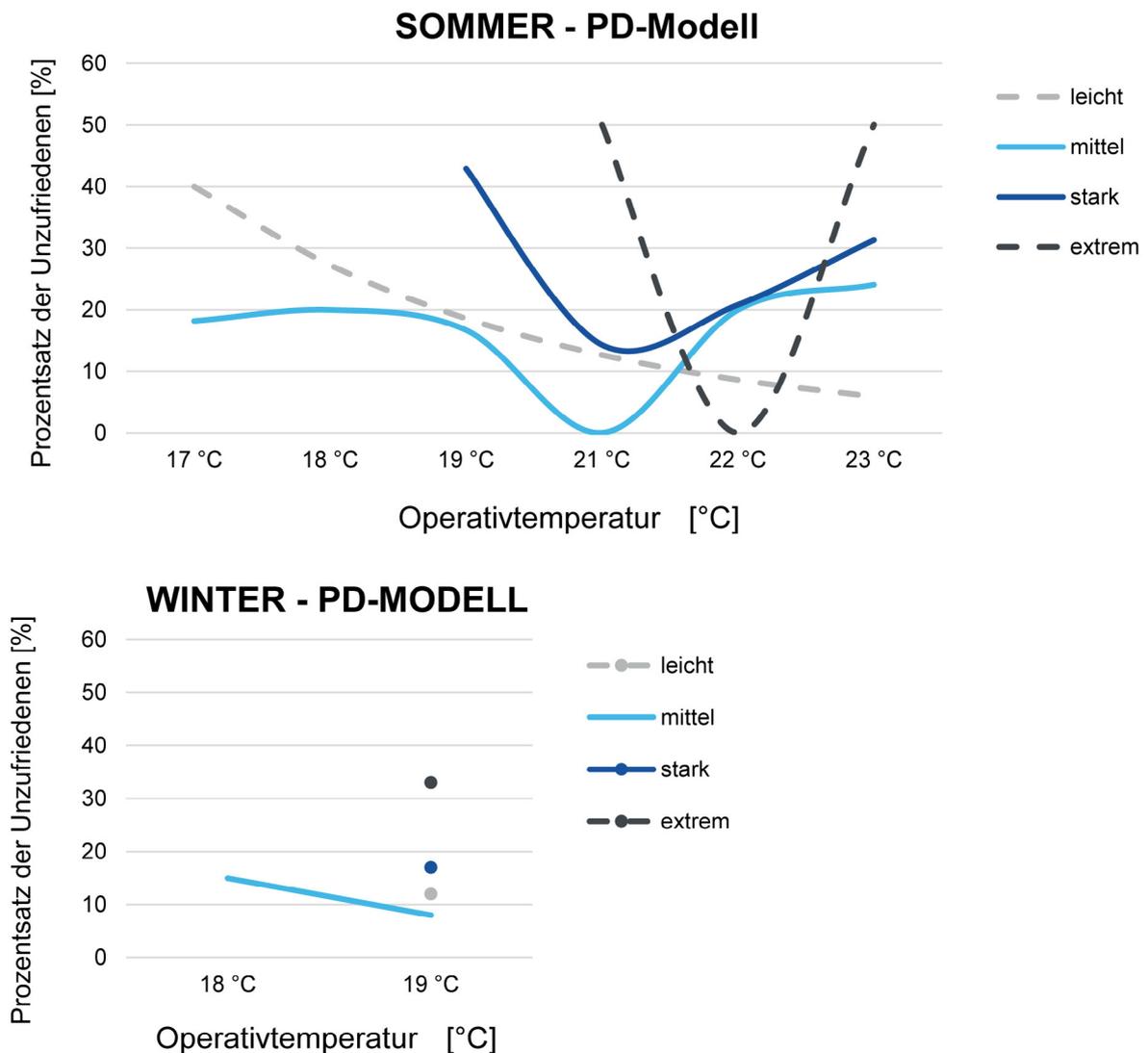


Abb. 1: Beobachteter Prozentsatz der Unzufriedenen in Abhängigkeit der Operativtemperatur und des Anstrengungsgrades.

Die gewonnenen Erkenntnisse führen zu einer empfohlenen Betriebstemperatur (Operativtemperatur) von maximal 18 °C im Winter und 22 °C im Sommer, die an die spezifische Nutzungssituation anzupassen ist. Zudem ist eine relative Luftfeuchte von über 65 % zu vermeiden.

3.3 Infektionsrisiko

Sporttreibende können aufgrund ihrer hohen körperlichen Aktivität und der damit einhergehenden intensiven Atmungsaktivität einem hohen Risiko für die Infektion mit aerosolgetragenen Erregern ausgesetzt sein. Generell kann das Infektionsrisiko durch eine Reduktion der Personenanzahl oder durch eine Erhöhung des Luftwechsels gesenkt werden. Dabei sind raumlufttechnische Anlagen mit Quelllüftung der Mischlüftung und Fensterlüftung vorzuziehen. Der Einsatz von mobilen Luftreinigungsgeräten wird als nicht zielführend und praktikabel erachtet.

Die Überwachung der Luftqualität und die Steuerung der Lüftungsanlage durch die Messung des CO₂-Gehalts stellen eine sinnvolle Maßnahme zur Eindämmung des Infektionsrisikos durch luftgetragene infektiöse Partikel dar. Ein Grenzwert von 1.000 ppm für den CO₂-Gehalt in Kopfhöhe wird hierbei empfohlen. Infektionsschutz bezieht sich daher nicht nur auf den Schutz vor Covid-19, sondern auch auf andere Erreger, die über Aerosole übertragen werden, sowie auf den Schutz vor verschiedenen Luftschadstoffen, wobei der CO₂-Gehalt als Indikator dient.

3.4 Energieeffizienz

Basierend auf den Ergebnissen zur Aufenthaltsqualität wird empfohlen, die Betriebstemperatur (Operativtemperatur) in der Halle während des Heizbetriebs auf maximal 18 °C zu begrenzen. In Zeiten, in denen die Halle nicht genutzt wird, ist es ratsam, die Temperatur abzusenken. Insbesondere ältere Sporthallen profitieren von einer Nacht- und Tagabsenkung, wobei eine Absenkung um 4 K ein deutlich höheres Einsparpotenzial bietet als eine Absenkung um 2 K. Auch

Hallen mit höherem energetischen Standard können ihren Energiebedarf durch Nachtabsenkung um bis zu 50 % reduzieren. Hier zeigt sich, dass eine Absenkung um 2 K einen ähnlich positiven Effekt erzielt wie eine Absenkung um 4 K. Eine Tagabsenkung für einzelne Stunden oder Tage erzielt nur bei älteren Hallen einen nennenswerten Effekt. Für mehrere Tage oder Wochen kann sich dies jedoch auch bei neueren Hallen lohnen.

Außerhalb der Heizperiode wird empfohlen, die Betriebstemperatur von 22 °C nicht zu überschreiten. Dies erfordert vor allem bei neueren Hallen ab dem Standard 2014 einen Mehrbedarf an aktiver Kühlenergie. Daher sollten bevorzugt passive Kühlsysteme eingesetzt werden. Insbesondere die Implementierung eines außenliegenden Sonnenschutzes und die Einrichtung von Nachtlüftungssystemen sind nachträglich problemlos umsetzbar. Die Nutzung von Gründächern und Fassaden kann bei Neubauhallen diskutiert werden, da sie zusätzlich einen positiven Einfluss auf die ökologische Nachhaltigkeit haben.

Durch eine Reduktion des Luftwechsels kann zusätzlich Heizenergie eingespart werden. Durch die Reduktion der Luftwechselzahl auf 0,5/h kann bei Einfeldhallen ab Baujahr 2020 bis zu 30 % des Energiebedarfs eingespart werden, bei Hallen ab Baujahr 1977 etwa 13 %. Dies entspricht einer absoluten Einsparung von ca. 52 kWh/m²a, unabhängig vom energetischen Standard. Die Reduktion des Luftwechsels ist jedoch stets in Verbindung mit der Luftqualität zu betrachten. Über eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung können beide Ziele miteinander vereint werden.

Insgesamt ist eine intelligente, auf tatsächlichen Messdaten und Belegungsplänen basierende Steuerung und Regelung der Heizungs- und Lüftungsanlage vorteilhaft. Über den Belegungsplan können Zeiten für die Nacht- und Tagabsenkung gesteuert werden. Über die Messdaten der Temperatur werden interne Wärmegewinne berücksichtigt und über die Messung des CO₂-Gehalts und der relativen Feuchte kann der Luftwechsel reguliert werden.

Zusätzlich zu den zuvor erörterten betrieblichen Maßnahmen besteht ein enormes Energieeinsparpotenzial durch bauliche Maßnahmen an der wärmeübertragenden Gebäudehülle. Dies bedeutet eine Reduktion des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten (U-Wert). Im Gebäudebestand kann dies beispielsweise durch eine zusätzliche Dämmung der Außenwände und Dachflächen oder durch einen Austausch von Fenstern und Türen durch energieeffizientere Modelle realisiert werden. In Abb. 2 ist der Energiebedarf in Abhängigkeit des mittleren U-Werts dargestellt. Mithilfe dieses Diagramms kann das prozentuale Energieeinsparpotenzial durch energetische Modernisierung einer Bestandshalle über folgende Gleichung bestimmt werden.

$$EP = \left(1 - \frac{EB_{U_{\text{bestand}}}}{EB_{U_{\text{modernisiert}}}}\right) \times 100 \text{ [\%]} \quad (12)$$

- › EP Energieeinsparpotenzial der Modernisierungsmaßnahme [%]
- › $EB_{U_{\text{modernisiert}}}$ Energiebedarf mit Modernisierungsmaßnahme [kWh/m²a]
- › $EB_{U_{\text{bestand}}}$ Energiebedarf im Bestand [kWh/m²a]

Hierbei bietet die Modernisierung auf den aktuellen energetischen Standard vor allem bei älteren Hallen ein enormes Einsparpotenzial von bis zu 61 %.

Unter Berücksichtigung eines durchschnittlichen Strompreises von 36 ct/kWh (Beispiel) für den deutschen Strommix lässt sich durch die Modernisierung einer Sporthalle vom energetischen Standard 1977 auf den aktuellen Stand (GEG 2020) ein Kosteneinsparungspotenzial von etwa 75 EURO pro Quadratmeter Gebäudegrundfläche und Jahr ermitteln. Bei einer Dreifeldhalle mit einer Grundfläche von rund 2000 m² würde dies zu einer Betriebskostensenkung von etwa 150.000 EURO pro Jahr führen.

Die ökologische Auswirkung dieser Maßnahme zur Energieeinsparung resultiert in einer Reduktion der spezifischen Treibhausgasemissionen um ca. 102 kg CO₂-Äquivalent pro Quadratmeter Gebäudegrundfläche und Jahr, basierend auf dem deutschen Strommix mit einem Wert von 485 g/kWh. Dies entspricht einer Einsparung von etwa 204.000 kg CO₂-Äquivalent pro Jahr für eine Dreifeldhalle.

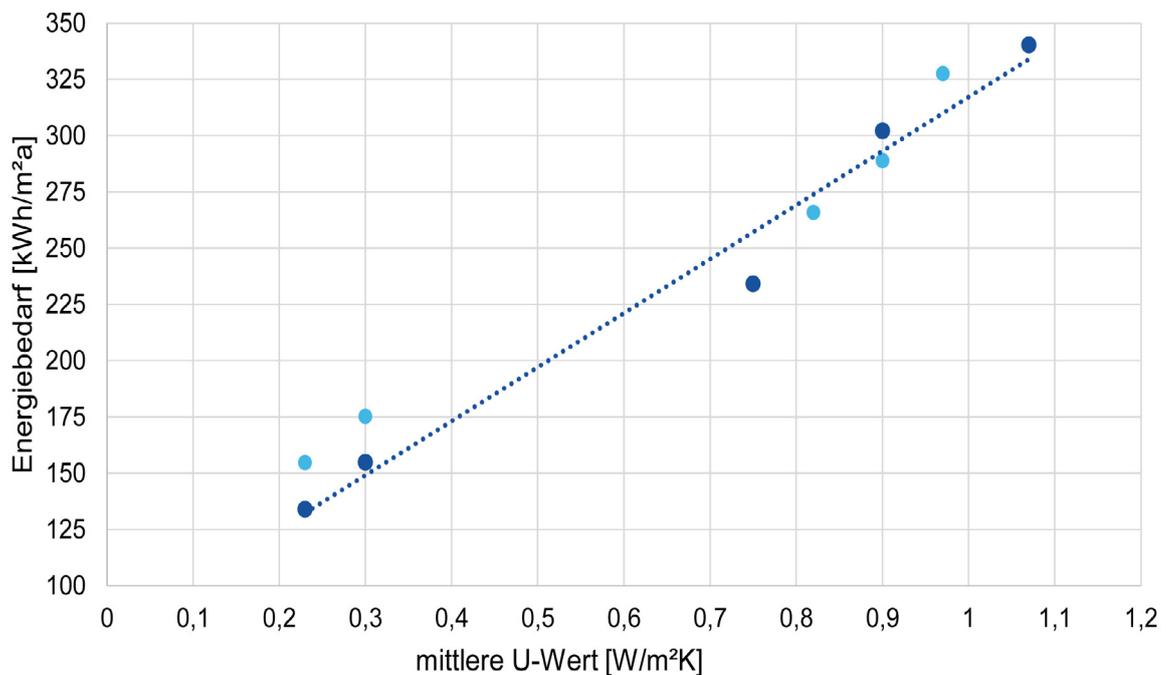


Abb. 2: Energiebedarf in Abhängigkeit des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten bei komfortablen Aufenthaltsbedingungen (18 °C HBT, 1-facher Luftwechsel, ohne aktive Kühlung).

4 Diskussion

Die ganzheitliche Erfassung und Bewertung von Sporthallen beinhaltet die Betrachtung verschiedener Aspekte wie Baukonstruktion, Haustechnik und Nutzung. Es ist wichtig, den Zustand der Gebäude, ihrer Systeme und Energieverbräuche in einem ersten Schritt zunächst einmal zu kennen und zu erfassen. Durch die Implementierung von Messsystemen und Monitoring-Tools können Informationen zum Energieverbrauch gesammelt und analysiert werden. Diese Daten liefern wichtige Erkenntnisse über den tatsächlichen Energieverbrauch und ermöglichen gezielte Maßnahmen zu dessen Reduzierung. Durch kontinuierliches Monitoring und regelmäßige Auswertung können Schwachstellen identifiziert und Optimierungspotenziale aufgedeckt werden.

Die Sanierung bestehender Gebäude spielt eine entscheidende Rolle bei der Energieeinsparung und der Erreichung von Klimazielen. Durch die Modernisierung von Gebäudehüllen, den Austausch ineffizienter Technologien und die Integration erneuerbarer Energien kann der Energieverbrauch und der CO₂-Ausstoß erheblich reduziert werden.

Eine intelligente Regelung von Raumklima, Luftqualität und anderen gebäudetechnischen Parametern trägt zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität und Energieeffizienz bei. Durch den Einsatz moderner Gebäudeautomatisierungssysteme können beispielsweise Heizung, Lüftung und Beleuchtung bedarfsgerecht gesteuert werden. Dadurch wird ein angenehmes und gesundes Raumklima geschaffen, während gleichzeitig der Energieverbrauch optimiert wird. Die Integration von Sensoren und datenbasierten Algorithmen ermöglicht eine präzise Anpassung der Gebäudeleistung an die jeweiligen Anforderungen und Nutzungsprofile.

Insgesamt unterstreichen diese Erkenntnisse die Bedeutung von individuellen Präferenzen und der Berücksichtigung von Anstrengungsgrad und Außenklimabedingungen für die Zufriedenheit mit der thermischen Behaglichkeit. Es liegt nahe, dass weitere Felduntersuchungen mit

größeren und Laborstudien mit homogeneren Stichproben durchgeführt werden sollten, um die Zusammenhänge und Effekte genauer zu erforschen und möglicherweise ein aussagekräftigeres Vorhersagemodell zu entwickeln. Dennoch legt dieses Projekt den Grundstein für zukünftige Forschungsarbeiten und bietet eine erste Datengrundlage mit bedeutenden Anhaltspunkten.

Entwicklung eines MEMS-basierten Messsystems zur Leistungsdiagnostik im leichtathletischen Staffelsprint (RelaySens)

AZ: 071504/21-23

Dr. Marcus Schmidt (Projektleitung) & Maike Stoeve
TU Dortmund, FAU Erlangen-Nürnberg

1 Problem

Technologische Fortschritte insbesondere im Bereich mikroelektromechanischer Sensoren (MEMS) ermöglichen zunehmend einen Einsatz im Hochleistungs- und Leistungssport (Camomilla et al., 2018; Gasser, 2014). Im Bereich des Sprints haben sich insbesondere inertielle Messeinheiten (IMUs) aufgrund ihrer kompakten Bauweise, des geringen Gewichts und des niedrigen Energiebedarfs sowie der vergleichsweise hohen mechanischen Belastbarkeit als geeignet herausgestellt (Camomilla et al., 2018; Schmidt et al., 2018; Macadam et al., 2019). Bei hochdynamischen Bewegungen wie sie beispielsweise im leichtathletischen Staffelsprint auftreten, zeigen die bisher eingesetzten Verfahren jedoch Einschränkungen hinsichtlich der notwendigen Messgenauigkeit, die vor allem auf technische und algorithmische Limitationen zurückzuführen sind (Macadam et al., 2019). Aufgrund der um ein Vielfaches höheren Beschleunigungen und Kräfte verglichen mit weniger dynamischen Bewegungen wie dem Gehen ist die Entwicklung von Algorithmen und Auswerteroutinen zur Ableitung biomechanischer Einflussgrößen im Sprint herausfordernd (Diaz et al., 2013; Taherian et al., 2010).

Im leichtathletischen Staffelsprint müssen die Athleten nicht nur in der Lage sein, hohe Laufgeschwindigkeiten zu realisieren, sondern auch möglichst ohne Geschwindigkeitsverlust eine Stabübergabe durchzuführen, was sehr präzise Bewegungen bei hoher Intensität erfordert. Im Idealfall befinden sich im Moment der Stabübergabe beide Athleten auf einer identischen, möglichst maximalen Geschwindigkeit. Gelingt dies nicht, kann das einen Zeitverlust von meh-

rerer Zehntelsekunden zur Folge haben. So können sich in Summation der drei Wechsel durch unterschiedliche Wechselqualitäten erhebliche Leistungsunterschiede ergeben. Damit stellt die Qualität des Staffelwechsels ein notwendiges Kriterium für internationale Erfolge dar. Die Geschwindigkeit der Sprinterinnen und Sprinter im Moment der Stabübergabe kann mit den bisherigen diagnostischen Verfahren gar nicht oder nur mit erheblichen Messfehlern bestimmt werden und benötigt eine zeitaufwändige Aufarbeitung der Daten. Dementsprechend besteht ein erhöhter Bedarf, eine Datenauswertung der relevanten Leistungsgrößen innerhalb eines möglichst geringen Zeitintervalls, optimalerweise direkt nach einem Lauf, zur Verfügung stellen zu können.

Ziel des vorliegenden Forschungsvorhabens ist daher die Entwicklung und Validierung von Auswerteroutinen basierend auf tragbaren miniaturisierten mikroelektromechanischen Sensoren zur Leistungsdiagnostik des leichtathletischen Staffelsprints, welche die automatische Erfassung von Leistungsparametern (vor allem die Laufgeschwindigkeit) der beteiligten Sprinterinnen und Sprinter ermöglicht und ein Real-Time-Monitoring unter Feldbedingungen (z.B. Training und Wettkampf) zur Verfügung stellt.

2 Methode

2.1 Datenaufnahme

Insgesamt wurden zu 20 Messterminen Daten von 152 Sprintstarts in der Geraden und 147

Datenpunkte während des Staffelwechsels in der Kurve (ankommender oder ablaufender Sprinter) erhoben. Die notwendigen Messungen wurden mit einem mobilen Inertialmesssystem (SpoSeNs 2.0) durchgeführt, welches bereits eine automatisierte Sprintdiagnostik unter Feldbedingungen ermöglicht (Schmidt et al., 2018). Der Sensor erfasst Daten eines hochauflösenden 3-Achs-Akzelerometers, Gyroskops und Magnetometers mit 1000 Hz sowie eines GNSS-Moduls mit 10 Hz. Der Sensorknoten wurde am unteren Rücken der Sprinterinnen und Sprinter befestigt. Bei den Staffelwechseln wurde darüber hinaus ein eigens für das Projekt entwickelter instrumentierter Staffelstab mit integriertem Sensorknoten verwendet. Zu Beginn und Ende jedes Laufes wurde eine charakteristische Bewegung für die Synchronisation der Systeme durchgeführt. Zur Lokalisation der Sportlerinnen und Sportler wurden zum einen die GNSS-Koordinaten genutzt. Zum anderen wurden durch die Magnetometer lokale Magnetfelder detektiert, welche entweder durch portable Magnetstäbe oder durch bereits in die Laufbahn integrierte Magnetstäbe erzeugt werden. Die Magnetstäbe waren im Abstand von 5 Metern (bei Sprintstarts und innerhalb des Wechselraums) oder 10 Metern (vor und nach dem Wechselraum) platziert. Als Referenzsystem wurden zum einen Daten mit einer Stalker-ATS-II-Radarpistole mit einer Abtastrate von 46,875 Hz für die Sprintstarts und zum anderen eine High-Speed Kamera mit 200 Hz für die Staffelwechsel verwendet.

Die IMU-Daten wurden anschließend über eine auf der MAD GUI (Ollenschläger et al., 2022) basierende Anwendung mit den Kameradaten synchronisiert. Darüber hinaus ermöglicht die entwickelte Anwendung das schnelle Visualisieren der Sensordaten über die komplette Messdauer oder des segmentierten Sprintintervalls in verschiedenen Verarbeitungsstufen, sowie die Annotation von Ereignissen (z.B. Synchronisationsbewegung oder Magnetometer-Peaks) und Intervallen (z.B. das Sprintintervall). Die Radar-daten wurden mithilfe einer Magnetometer-basierten Peak-Detektion synchronisiert. Da initiale Tests gezeigt haben, dass das GNSS-Modul keine ausreichend genauen Daten liefern kann, um die Genauigkeit der auf Basis der IMU-Daten entwi-

ckelten Algorithmen zu verbessern, fand keine weitere Prozessierung der GNSS-Daten statt.

2.2 Kontinuierliche Geschwindigkeitsmessung

Für die Schätzung von kontinuierlichen Sprintgeschwindigkeiten wurden verschiedene merkmalsbasierte und Deep-learning-basierte Regressoren trainiert. In diesem Bericht beschränken wir uns auf die jeweils erfolgreichsten Modelle der beiden Kategorien: ein Random-Forest-(RF) Regressor, ein tiefes neuronales Netz (DNN) und ein tiefes rekurrentes neuronales Netz (DRNN). Für das Training des RF wurden generische und statistische Merkmale, Magnetometer-Charakteristika und die geschätzte Geschwindigkeit des vorherigen Fensters extrahiert und mittels einer Merkmalsselektion optimiert. Im Gegensatz dazu dienen heruntergetaktete Rohsignale als Eingangssignal für das DNN und DRNN. Die Geschwindigkeitsschätzung erfolgt dabei auf ungesehenen Sprintstarts jeweils für ein Fenster von 500 ms. Anschließend wurde ein RF-Regressor mit Sprintstart-Daten trainiert und auf den Daten des Stabwechsels getestet. Zum Vergleich wurde ein Modell direkt basierend auf den Staffelwechsel-Daten trainiert. Die Auswertung basiert hierbei auf den in der Kurve ausgewerteten Zwischenzeiten.

2.3 Schätzung von Zwischenzeiten über Magnetometer-Peak-Erkennung

Während für einen Großteil der Sensordaten lediglich relative Zeitstempel zur Verfügung stehen, ermöglicht eine neue Firmwareversion der SpoSeNs-Knoten in den letzten drei Datenaufnahmen (60 Datenpunkte) das Auslesen von Echtzeitstempeln. Dadurch wurde ersichtlich, dass die IMU-Daten unregelmäßig abgetastet werden. Dies resultiert voraussichtlich aus der Abtastung und Prozessierung der GNSS-Daten und führt zu einer Verzerrung der Zeitachse. Um die Einflüsse auf die Entwicklung der Auswerte- und Analysemethoden zu minimieren, wurden für die Schätzung der Zwischenzeiten ausschließlich die Datenpunkte mit verfügbaren Echtzeitstempeln verwendet und die IMU-Daten durch Interpolati-

on und eine Anpassung der Zeitachse über einen Abgleich mit den Kamerazeiten korrigiert.

Um den eigentlichen Sprint segmentieren zu können, werden Intervalle mit hohem gleitendem Mittelwert identifiziert. Anschließend erfolgt eine Peak-Detektion basierend auf der Magnetometer-x-Achse, welche entlang der Körperquerachse des Athleten verläuft. Dabei werden die Parameter der Peak-Erkennung wie beispielsweise Spitzenbreite, -höhe oder -prominenz bezüglich des harmonischen Mittelwertes aus der Sensitivität manuell annotierter Magnetometer-Spitzen und der Spezifität der automatisch detektierten Peaks optimiert. Da nicht alle erklärten Magnetometer-Spitzen im Referenzvideo annotiert werden konnten, erfolgt die Segmentierung der detektierten Peaks über das Referenzvideo. Zur Berechnung der Zwischenzeiten wird anschließend die zeitliche Differenz benachbarter Peaks berechnet.

3 Ergebnisse

Der RF-Regressor erzielte mit einem mittleren absoluten Fehler (MAE) von 0,308 m/s und einem R2-Score von 0,968 die besten Ergebnisse

für einzelne Fenster. Durch das DNN konnten mit einem MAE von 0,341 m/s und einem R2-Score von 0,947 ähnliche Ergebnisse erzielt werden. Die Genauigkeit mittels DRNN ist dagegen mit einem MAE von 0,568 m/s und R2-Score von 0,889 deutlich geringer. Für einen ganzen Lauf vergrößert sich der MAE des RF-Regressors auf 0,612 m/s (Stoeve et al., 2023).

Die Auswertung des zuvor auf Daten des Sprintstarts trainierten RF-Modells auf den Daten des Staffelwechsels in der Kurve zeigt einen deutlichen Anstieg des MAE von 0,612 m/s auf 1,959 m/s für einen ganzen Lauf. Im Gegensatz dazu konnte mit einem Modell, das bereits auf Daten des Staffelwechsels trainiert und mit einem unabhängigen Testdatensatz des Staffelwechsels evaluiert wurde, ein MAE von 0,391 m/s erzielt werden.

Die Magnetometer-Peaks konnten mit einem harmonischen Mittelwert aus Sensitivität und Spezifität von 98,2% detektiert werden. Für die Zwischenzeiten ergibt sich ein MAE von 0,041 s, der MSE beträgt $0,003 \text{ s}^2$. Um einen genaueren Eindruck der Ergebnisse und Fehlerart zu erhalten, zeigt Abb. 1 einen Bland-Altman-Plot der Zwischenzeitenberechnung.

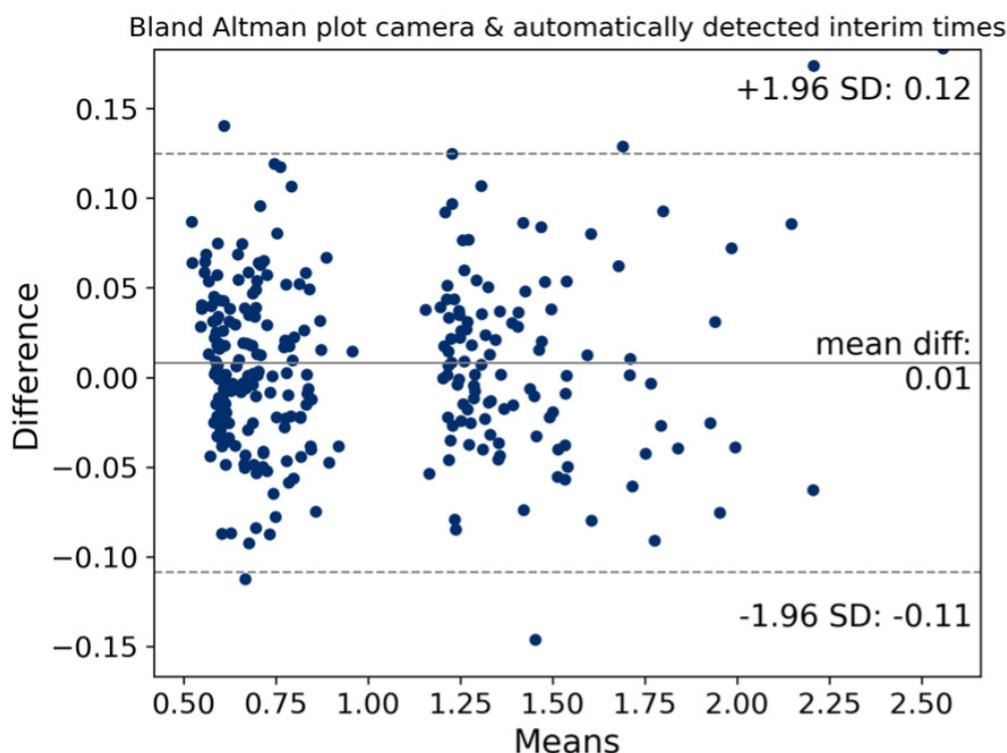


Abb. 1: Bland-Altman-Plot.

4 Diskussion

DNN und RF haben in der vorliegenden Studie vergleichbare Ergebnisse erzielt. Im Gegensatz zum DNN verwendet der RF-Regressor jedoch die Geschwindigkeitsvorhersage des vorherigen Fensters für die Prädiktion. Daher sollte geprüft werden, ob für die Schätzung über einen längeren Zeitraum Fehlerakkumulationen auftreten. Die Anwendung der trainierten Modelle auf Staffelwechsel in der Kurve zeigt einen deutlichen Anstieg der Fehlermetriken. Gründe hierfür sind wahrscheinlich Unterschiede im Messaufbau. Transfer-Learning-Methoden könnten hilfreich sein, um die trainierten Modelle anzupassen. Das Fehlen einer kontinuierlichen Referenz in der Kurve erschwert jedoch deren Anwendung. Das Modell, das direkt auf den Kurvendaten trainiert wurde, zeigt eine bessere Leistung, aber aufgrund des kleinen Datensatzes ist eine umfassende Bewertung noch nicht möglich.

Die Berechnung der Zwischenzeiten ergibt einen MAE von 0,041s, was einem Fehler von etwa 0,05 m/s für ein Fünf-Meter-Intervall bei kontinuierlicher Sprintgeschwindigkeit und etwa 0,388 m/s für 10-Meter-Intervalle entspricht. Der Bland-Altman-Plot zeigt eine mittlere Differenz von +0,01 s, was auf eine leichte Unterschätzungstendenz bei der Zeitmessung auf Basis der Magnetometer-Peak-Detektion hinweist. Es ist jedoch auf Grundlage von ähnlichen Studien zu erwarten, dass durch maschinelle Lerntechniken und die Integration von Beschleunigungsmesser- und Gyroskop-Daten eine Verbesserung der Genauigkeit erzielt werden kann.

Die Echtzeitstempel der angepassten Firmware für den SpoSeNs-Knoten während des Projekts zeigen deutliche Abweichungen des Samplings der IMU-Daten. Dies führt zu erheblichen Ungenauigkeiten in den Sprintdaten. Während die neue Firmware-Version vielversprechend ist, wenn es darum geht, Abtastfehler zu korrigieren, hat diese aufgrund fehlender Echtzeitstempel in einem Großteil der Daten dennoch Auswirkungen auf die Interpretation der Ergebnisse der kontinuierlichen Geschwindigkeitsschätzung.

Die entwickelte graphische Benutzeroberfläche hat sich als äußerst wertvoll für die schnelle Datenvisualisierung erwiesen. Außerdem kann sie in Zukunft verwendet werden, um einen schnellen Eindruck von der Datenqualität zu erhalten. Die Funktion zur Beschriftung von Magnetometerspitzen könnte automatische Intervallberechnungen auf Grundlage manueller Beschriftungen und somit eine präzise Auswertung des Laufes mit minimalem Aufwand ermöglichen.

Die Verwendung der entwickelten Methoden im Rahmen von leistungsdiagnostischen Maßnahmen erfordert die Ausstattung jedes Staffelpaares mit einem SpoSeNs-Knoten. Zudem kann ein Staffelstab mit integriertem Sensor pro Sprintpaar verwendet werden. Hier zeigen erste Daten die Machbarkeit der Lokalisierung von Stabübergaben mithilfe der aufgezeichneten IMU-Daten. Für die Verwendung eines externen Magnetstabsystems sollte die Peak-Qualität vor Messbeginn überprüft werden, da während der Projektlaufzeit deutliche Unterschiede im Vergleich zum fest verbauten System aufgefallen sind.

Aufgrund der mangelhaften Qualität der GNSS-Daten konnte im Rahmen des Projektes keine Datenfusion der IMU-Daten und GNSS-Daten erfolgen. Dies ist auf die technischen Limitationen des eingesetzten Sensors und dessen Platzierung zurückzuführen. Eine Nutzung des GNSS-Signals wäre in Zukunft jedoch wünschenswert, da in anderen Studien bereits gezeigt wurde, dass die simultane Nutzung von IMU- und GNSS-Daten die Genauigkeit von Lokalisation und Geschwindigkeitsschätzungen verbessern kann (Apte et al., 2020; Mertens et al., 2018).

Abschließend kann festgehalten werden, dass das im Projekt entwickelte System über Stärken und Schwächen verfügt. Die ursprünglich anvisierte Genauigkeit konnte aufgrund der mangelnden GNSS-Signalqualität nicht erreicht werden. Zudem sind teilweise manuelle Arbeitsschritte notwendig, wodurch sich die Datenbereitstellung leicht verzögert. Dennoch ermöglicht der Einsatz des Systems neue Einblicke mit zum Teil erheblich kürzerer Auswertedauer. In Verbindung mit hard- und softwareseitigen

Weiterentwicklungen können zukünftig wesentliche Erkenntnisse über die biomechanische Leistungsstruktur des Staffelwechsels und die Leistungsfähigkeit der deutschen Sprintstaffeln erwartet werden.

5 Literatur

- Apte, S., Meyer, F., Gremeaux, V., Dadashi, F., & Aminian, K. (2020). A sensor fusion approach to the estimation of instantaneous velocity using single wearable sensor during sprint. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8, 838.
- Camomilla, V., Bergamini, E., Fantozzi, S., & Vannozzi, G. (2018). Trends Supporting the In-Field Use of Wearable Inertial Sensors for Sport Performance Evaluation: A Systematic Review. *Sensors*, 18(3), 873.
- Diaz, E. M., Heirich, O., Khider, M., & Robertson, P. (2013). Optimal sampling frequency and bias error modeling for foot-mounted IMUs. Paper presented at the 2013 International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 28.-31. Okt. 2013
- Gasser, M. (2014). Motion Estimation Using Inertial Sensor Technology with Applications to Sporting Exercises. *New Studies in Athletics*, 29(3), 15-24.
- Macadam, P., Cronin, J., Neville, J., & Diewald, S. (2019). Quantification of the validity and reliability of sprint performance metrics computed using inertial sensors: A systematic review. *Gait Posture*, 73, 26-38.
- Mertens, J. C., Boschmann, A., Schmidt, M., & Plessl, C. (2018). Sprint diagnostic with GPS and inertial sensor fusion. *Sports Engineering*, 21(4), 441-451.
- Ollenschläger, M., Küderle, A., Mehringer, W., Seifer, A. K., Winkler, J., Gaßner, H., ... & Eskofier, B. M. (2022). Mad gui: An open-source python package for annotation and analysis of time-series data. *Sensors*, 22(15), 5849.
- Schmidt, M., Wille, S., Rheinländer, C., Wehn, N., & Jaitner, T. (2018). A Wearable Flexible Sensor Network Platform for the Analysis of Different Sport Movements. In T. Ahram & C. Falcão (Eds.), *Advances in Human Factors in Wearable Technologies and Game Design: Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Advances in Human Factors and Wearable Technologies*, July 17-21, 2017, The Westin Bonaventure Hotel, Los Angeles, California, USA (pp. 3-14). Cham: Springer International Publishing.
- Stöve, M., Mundry, L. & Schmidt, M. (2023). MIMU- und ML- basierte Geschwindigkeitsschätzung von Sprintstarts. 26. Hochschultag der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft (dvs) vom 20. September bis 22. September 2023 in Bochum, in Druck.
- Taherian, S., Pias, M., Harle, R., Coulouris, G., Hay, S., Cameron, J., ... Kerwin, D. (2010). Profiling sprints using on-body sensors. Paper presented at the 8th IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops).

Charakterisierung der Performance von fluorfreien Flüssigwachskompositionen verschiedenster Zusammensetzung mit Hilfe eines neuartigen Eistribologie-Prüfstandes, der objektive Reibungsmessungen des Tribosystems Skibelag/Eis und Schnee mit realen Flächenpressungen und Geschwindigkeiten erlaubt

AZ: 072012/21-22

Johannes Lutz & Jens Schuster

Hochschule Kaiserslautern, Institut für Kunststofftechnik Westpfalz

1 Problemstellung

Jeder Langläufer kennt das Gefühl, dass sein Ski richtig gleitet, oder dies eben nicht tut. Ein schlecht gleitender Ski ist beim Familienausflug oder im Training ein kleines Ärgernis, aber im Wettkampf fatal, weil die Überwindung des höheren Gleitwiderstandes kräftezehrend ist. Ist aber, was wir so landläufig als schlechteres Gleiten bezeichnen, auch messtechnisch erfassbar? Doch bevor wir uns diesem Problem zuwenden, müssen wir die Frage klären, was die Reibung beim Skilanglauf ausmacht.

Allgemein wird davon ausgegangen, dass die Reibung durch die unverzügliche Bildung eines dünnen Wasserfilms während des Gleitens des Skis maßgeblich beeinflusst wird [1, 2]. Das Gleiten lokaler Unebenheiten, die die eigentliche Kontaktfläche darstellen, auf Schnee oder Eis erzeugt Reibungswärme [3-6]. Aber auch ohne Reibungswärmung entsteht selbst bei Temperaturen unterhalb der Schmelztemperatur von Wasser durch das sogenannte Vorschmelzen ein Wasserfilm auf der Eisoberfläche [1, 7, 8]. Dieses Vorschmelzen beruht auf der Ablösung nur schwach angebundener Wassermoleküle von der Eisoberfläche. Die Bildung des Vorschmelzfilms ist der Grund, warum es kein echtes Trockenglei-

ten auf Schnee oder Eis geben kann [9]. Die Dicke dieses Films wurde auf 1,5-2,0 nm bei Temperaturen von -8 bis -4 °C geschätzt [10]. Bei einem Reibungskoeffizienten von etwa 0,05 bei -10 °C zwischen Polyethylen und Eis wird davon ausgegangen, dass die kombinierte Wirkung von Vorschmelzen und Reibungserwärmung zu Wasserfilmdicken im Bereich von einigen Nanometern bis zu einigen Mikrometern führt [4, 5, 11-14].

Traditionell werden Wachse auf Skibeläge aufgetragen, um die Reibung zu verringern [15-17]. Ihre reibungsmindernde Wirkung resultiert aus ihrer Hydrophobie, die die Oberflächenenergie verringert und den Kontaktwinkel zu Wasser vergrößert. Wachse, die per- und polyfluorierte Alkylverbindungen enthalten, haben sich bei der Erzeugung der Hydrophobie als wirksamer erwiesen als andere Wachse [16]. Im Jahr 2019 hat der Internationale Skiverband (FIS – Fédération Internationale de Ski) jedoch beschlossen, fluorhaltige Wachse in allen Disziplinen und auf allen Wettkampfniveaus zu verbieten. Diese Regelung tritt mit der Saison 2023/24 in Kraft und hat zur Folge, dass neue fluorfreie Wachse entwickelt werden müssen. Damit hat die jahrzehntealte Frage, wie man die reibungsmindernde Wirkung von Wachsen quantifizieren kann, neue Aktualität erhalten.

Labortests sind wesentlich wirtschaftlicher als Feldtests und bieten den Vorteil einer kontrollierten Umgebung und die Möglichkeit, den Einfluss einzelner Faktoren isoliert und mit hoher Messauflösung und Genauigkeit zu untersuchen. Daher wurde eine breite Palette von Tribometern entwickelt (siehe Tabelle 1), die allesamt keine befriedigenden Ergebnisse liefern.

Basierend auf dieser Ausgangssituation wurde am Institut für Kunststofftechnik Westpfalz der Hochschule Kaiserslautern ein neuartiges Eistribometer entwickelt, mit dem Messungen an großen Proben (160 x 100 mm und 330 x 100 mm) durchgeführt werden können.

2 Neuartiges Eistribometer

Das Eistribometer wurde derart konzipiert, dass Streifen einer Skisohle in einer geschlossenen Bandkonstruktion ähnlich einem Förderband mit bis zu 28 m/s bewegt werden können (Abb. 1). Der Skibelag wurde an den Enden geschäftet und verklebt, um ein geschlossenes Band zu erhalten. Wie in Abb. 1 dargestellt, wird die erforderliche Last, die das Gewicht des Springers simuliert, über eine an einem Hebelarm befestigte Platte auf den Skibelag und die Eisprobe übertragen. Diese Anordnung ermöglicht eine freie Bewegung des Skibelags zwischen Rollenplatte und Eis. Die Belastung kann durch herausnehmbare Gewichtsscheiben stufenweise variiert werden.

Tabelle 1: Überblick über bestehende Eistribometer

| Autor | Jahr der Veröffentlichung | Lufttemperatur in °C | Messung der gesamten Sohlenfläche | Einfache Überfahrt | Einstellbare Beschleunigung | Geschwindigkeit bis 28 m/s | Nominale Kontaktflächen cm ² | Normalkraft in N | Flächenpressung n kPa |
|------------|---------------------------|----------------------|-----------------------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------------|---|------------------|-----------------------|
| Hasler | 2016 | bis -20 | ● | ● | ○ | ● | 845 | 50 - 7 00 | 5.9 - 82.9 |
| Lemmettylä | 2021 | -20 bis +10 | ● | ● | ● | ○ | 840 | 600 - 1200 | 71.4 - 142.8 |
| Auganæs | 2022 | -3 | ● | ● | ○ | ○ | 845 | 50 - 800 | 5.9 - 94.7 |
| Buhl | 2001 | -20 bis 0 | ○ | ○ | ○ | ○ | 1 | 5 - 30 | 50 - 300 |
| Winkler | 2006 | -30 t bis 30 | ○ | ○ | - | ○ | - | 3 - 9 | - |
| Bäurle | 2006 | -20 bis 1 | ○ | ○ | ○ | ○ | 2 - 10 | 20 - 100 | 20 - 500 |
| Takeda | 2010 | -15 bis -1 | ○ | ○ | - | ○ | 55 | 2,5 - 10 | 0,5 - 1,8 |
| Scherge | 2013 | -5 | ○ | ○ | - | ● | - | 100 - 500 | - |
| Böttcher | 2017 | bis -20 | ○ | ○ | - | ○ | 26 | 40 - 80 | 15,4 - 30,8 |
| Velkavrh | 2019 | -20 bis 0 | ○ | ● | ○ | ○ | 6 | 52 | 82,5 |
| Lutz | 2023 | -20 bis 1 | ● | ○ | ● | ● | 160/330 | 40 - 140 | 1,2 - 8,8 |

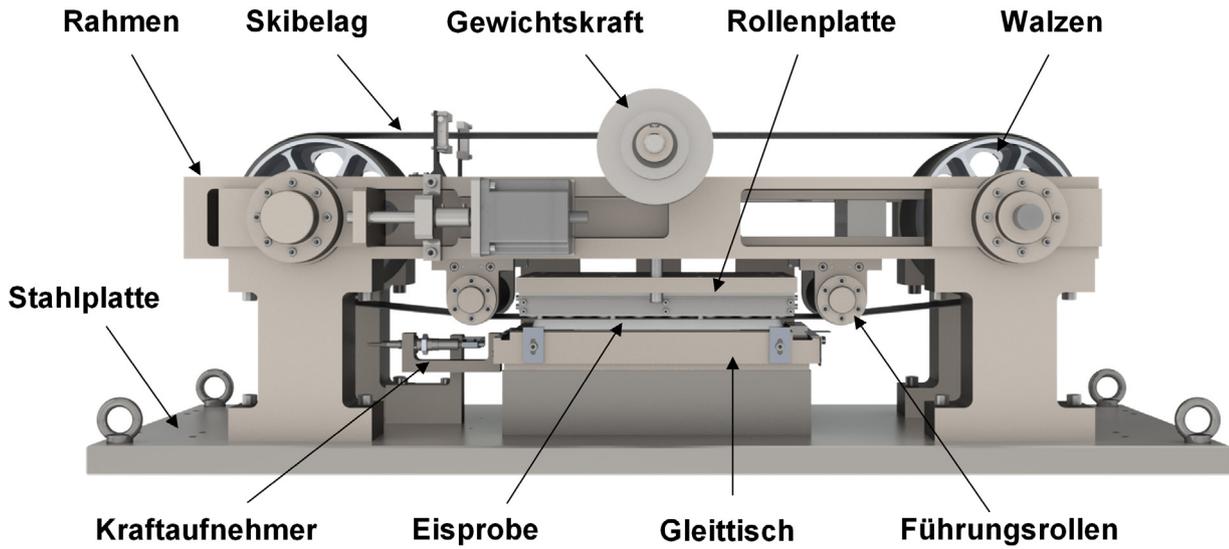


Abb. 1: Neuartiges lineares Eistribometer.

3 Ergebnisse

Mit diesem Eistribometer wurden Messungen mit drei Flüssigwachsen unterschiedlichen Fluorgehalts der Fa. Zipps im Vergleich zu einer ungewachsenen Skisohle durchgeführt. Als Reibpartner wurde Eis genommen. Die Ergebnisse zeigen, dass es mit dem neuentwickelten Tribometer erstmals möglich ist, eindeutig zwischen den vier Sohlenbeschichtungen zu unterscheiden (Abb. 2). Damit hebt sich dieses Eistribometer von allen bisherigen Konstruktionen ab.

4 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass es mit dem neuentwickelten Tribometer möglich ist, trennscharf und signifikant zwischen Skiwachsen mit unterschiedlichen Fluorgehalten zu unterscheiden. Messungen mit diesem Tribometer stellen sich als eine günstige und objektive Alternative zu aufwändigen Feldtests dar.

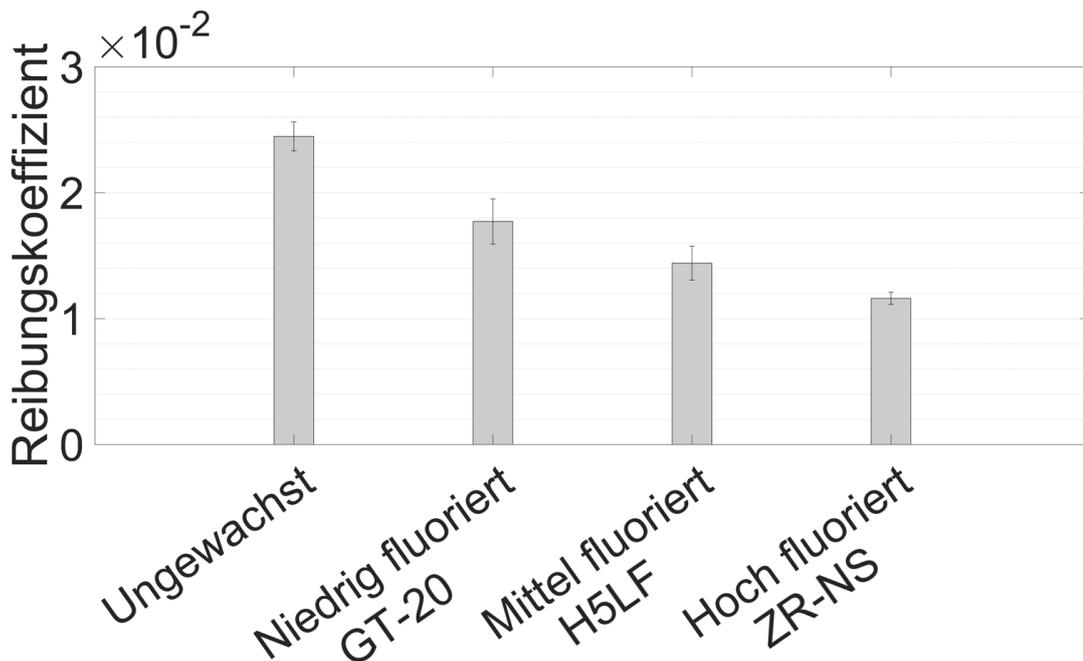


Abb. 2: Ergebnisse der Eistribologiemessungen.

5 Literatur

1. Faraday M. XXIV. On regelation, and on the conservation of force. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science 1859, 17, 162–169.
2. Bowden F. P., & Hughes T. P. The mechanism of sliding on ice and snow. Proc. R. Soc. Lond. A 1939, 172, 280–298.
3. Bowden F. P. Friction on snow and ice. Proceedings of the Royal Society of London. Proc. R. Soc. Lond. A 1953, 217, 462–478.
4. Bäurle, L. Sliding friction of polyethylene on snow and ice. ETH Zurich, 2006.
5. Bäurle, L., Szabó, D., Fauve, M., Rhyner, H., & Spencer, N. D. Sliding friction of polyethylene on ice: tribometer measurements. Tribol Lett 2006, 24, 77–84.
6. Kuroiwa, D. The Kinetic Friction on Snow and Ice. J. Glaciol. 1977, 19, 141–152.
7. Dosch, H., Lied, A., Bilgram, & J. H. Glancing-angle X-ray scattering studies of the pre-melting of ice surfaces. Surface Science 1995, 327, 145–164.
8. Wettlaufer, J. S. Impurity Effects in the Pre-melting of Ice. Phys. Rev. Lett. 1999, 82, 2516–2519.
9. Kietzig, A.-M., Hatzikiriakos, S. G., & Englezos, P. Physics of ice friction. Journal of Applied Physics 2010, 107, 81101.
10. Bluhm, H., Ogletree, D. F., Fadley, C. S., Husain, Z., & Salmeron, M. The premelting of ice studied with photoelectron spectroscopy. J. Phys.: Condens. Matter 2002, 14, L227–L233.
11. Buhl, D., Fauve, M., & Rhyner, H. The kinetic friction of polyethylene on snow: the influence of the snow temperature and the load. Cold Regions Science and Technology 2001, 33, 133–140.
12. Döppenschmidt, A., & Butt, H.-J. Measuring the Thickness of the Liquid-like Layer on Ice Surfaces with Atomic Force Microscopy. Langmuir 2000, 16, 6709–6714.
13. Makkonen, L., & Tikanmäki, M. Modeling the friction of ice. Cold Regions Science & Technology 2014, 102, 84–93.
14. Ambach, W., & Mayr, B. Ski gliding and water film. Cold Regions Science and Technology 1981, 5, 59–65.
15. Budde, & R., Himes, A. High-resolution friction measurements of cross-country ski bases on snow. Sports Eng 2017, 20, 299–311.
16. Rogowski, I., Leonard, D., Gauvrit, J.-Y., & Lanteri, P. Influence of fluorine-based additive content on the physical and physicochemical properties of ski gliding wax. Cold Regions Science & Technology 2007, 49, 145–150.
17. Styring, P., Routh, A. F., & Parkinson, S. Friction reduction using self-waxing alpine skis. Sports Eng. 2012, 15, 117–127.

Leistungsdiagnostik im Recurve-Bogenschießen: Weiterentwicklung eines Druckmesssystems zur Analyse der Dynamik der Schützen-Bogen-Interaktion

AZ: 072020/21-22

Cagla Fadillioglu, Marian Hoffmann, Bernd Hermann & Thorsten Stein (Projektleitung)

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

1 Problemstellung

Das olympische Bogenschießen erfordert ein hohes Maß an Präzision, um Spitzenleistungen zu erzielen. Um die Maximalpunktzahl zu erreichen, müssen die Athletinnen und Athleten aus einer Entfernung von 70 m den Innenkreis der Zielscheibe mit einem Durchmesser von 12,2 cm in einer Höhe von 130 cm \pm 5 cm treffen (Sportordnung des Deutschen Bogensportverbandes, Teil 6, S. 2).

Der Bewegungsablauf eines Schusses beinhaltet die folgenden Grundschriffe: Der Bogen wird gespannt, der Pfeil wird bis zum Klicker gezogen, in dieser Position fixiert und gezielt. Vor dem Abschuss wird der Pfeil über den Klicker gezogen, sodass ein metallenes Geräusch entsteht. Kurz nach diesem Geräusch wird der Pfeil abgeschossen. Unmittelbar vor dem Abschuss ändert sich die Aktivität der Schulter- und Rückenmuskulatur. Aus biomechanischer Sicht muss das neuromuskuläre System der Athletinnen und Athleten in der Lage sein, die Auflösung des Kräftegleichgewichts zwischen den äußeren Spannkräften und den muskulären Kräften unmittelbar nach Abschuss des Pfeils zu koordinieren. Die Qualität der Auflösung des Kräftegleichgewichts wirkt sich entscheidend auf die Leistung aus, denn nach dem Loslassen der Zughand von der Bogensehne, also nach der Auflösung des statischen Kräftegleichgewichts, hat der Pfeil noch Kontakt zur Bogensehne, und somit wird jede Bewegung des Bogens auf den Pfeil übertragen (Edelmann-Nusser et al., 1999). Jede Veränderung der übertragenen Kraft auf den Bogen kann die Flugbahn des Pfeils beeinflussen und damit auch die Stelle, an der der Pfeil auf die

Zielscheibe trifft (Leroyer et al., 1993). Folglich muss es das Ziel der Athletinnen und Athleten sein, den Druckpunkt der Bogenhand stabil am Drehpunkt des Griffes zu platzieren und diese Position bis zum Abschuss zu halten (Haidn & Weineck, 2001). Die Erfassung des Druckverlaufs am Bogengriff während des Schussvorgangs ist nach Ansicht des Bundestrainers ein wichtiger Baustein für die Leistungsdiagnostik, um die Qualität der Schusstechnik umfassend analysieren zu können.

In der Leistungsdiagnostik des A- und Perspektiv-Bogenkaders werden aktuell unterschiedliche Messverfahren wie z.B. Videoanalysen eingesetzt. Ein Messsystem, das die Druckverteilung am Bogengriff erfassen kann, steht dem DSB nicht zur Verfügung. Ein aktuelles systematisches Review zur Leistungsdiagnostik im Bogenschießen (Vendrame et al., 2022) enthält nur eine Studie, die die Dynamik am Bogengriff analysiert hat. D.h., es handelt sich um ein bisher kaum bearbeitetes Thema. Vor diesem Hintergrund besteht die Problemstellung darin, ein System (Hardware und Software) zu entwickeln, das eine Erfassung der Druckverteilung am Bogengriff ermöglicht und in der Leistungsdiagnostik des A- und Perspektiv-Bogenkaders eingesetzt werden kann.

2 Entwicklungsstand zu Beginn des Serviceforschungsprojekts

Um den Druckverlauf am Bogengriff zu erfassen, können die Sensoren entweder an der Hand der

Athletinnen und Athleten oder am Bogengriff angebracht werden. Untersuchungen in einem ersten Forschungsprojekt (ZMVI4-071505/17-18) mit einem kommerziell angeschafften mit Druckmesssensoren ausgestatteten Handschuh erbrachten einerseits wichtige Erkenntnisse für den Entwicklungsprozess, zeigten andererseits aber auch, dass die Positionierung der Sensoren am Handschuh über mehrere Messungen hinweg schwer reproduzierbar ist und die Haptik von den Athletinnen und Athleten als verändert wahrgenommen wurde. Daher wurde gemeinsam mit den Bundestrainern die Entscheidung getroffen, ein vollständig neues Messsystem zu entwickeln, bei dem Druckmesssensoren in den Bogengriff eingebracht werden. Die Herausforderung hierbei ist, dass der Bogengriff individuell für Athletinnen und Athleten gefertigt wird und der Bauraum für das Einbringen von Sensoren, Kabeln, Verstärker usw. sehr klein ist und das Messsystem Athletinnen und Athleten im Bewegungsablauf nicht stören darf (Haptik, Gewicht usw.). Demzufolge war die Idee, dass alle Athletinnen und Athleten des A- und Perspektiv-Kaders mit einem individuellen, instrumentierten Griffstück ausgestattet werden, das baugleich zu dem im Wettkampf genutzten individuellen Griffstück ist. Wenn an den wichtigsten Bogenstandorten in Deutschland jeweils ein AD-Wandler zur Verfügung steht, können Leistungsdiagnostiken an den verschiedenen Standorten parallelisiert werden. Da 10-15 Athletinnen und Athleten mit einem instrumentierten Griffstück ausgestattet werden sollen und eine gewisse Fluktuation in der Zusammensetzung des A- und Perspektiv-Kaders zu erwarten ist, muss das zu entwickelnde Messsystem möglichst kostengünstig sein. Auch für die zu entwickelnde Software zur automatisierten Datenaufnahme, -speicherung und -analyse sollten keine Lizenzgebühren anfallen.

In dem Forschungsprojekt ZMVI4-071505/17-18 wurde eine Recherche zu verfügbaren Sensortechnologien durchgeführt. Verschiedene Lösungen wurden iterativ untersucht, jeweils mit Bundestrainern und ausgewählten Athletinnen und Athleten getestet und die jeweiligen Vor- und Nachteile diskutiert. Als Projektergebnis wurden schließlich acht Drucksensoren der

Marke Honeywell – Typ ABPMJTT015PGAA50psi –, angeordnet als 2 x 4 Matrix, in einen Bogengriff eingebracht und als Prototyp produziert. Für die Herstellung der instrumentierten Bogengriffe wurden in die Griffstücke die notwendigen Auskerbungen gefräst und einseitig verschlossene, luftgefüllte Silikonschläuche (Außendurchmesser 2 mm) eingebaut. Im Anschluss wurden an das offene Ende die Honeywell-Drucksensoren angeschlossen (Abb. 1). Dies ermöglichte die Erfassung der Druckveränderung an jedem einzelnen Schlauch, die durch die Interaktion zwischen der Hand und dem Bogen entstehen. Die Sensorik zur Messung der Druckveränderung sowie die Kabelführung konnten platzsparend seitlich am Griffstück angebracht werden, um eine geringstmögliche Beeinflussung der Athletinnen und Athleten zu erreichen (Abb. 1). Die gemessenen Signale werden kabelgebunden an einen neu entwickelten A/D-Wandler weitergegeben, mittels USB-Anschluss an einen PC transferiert und dort mit der in diesem Projekt vollständig neu entwickelten Software „DSB Analyzer“ weiterverarbeitet.

Die Software „DSB Analyzer“ wurde mit C-Sharp und Python entwickelt, ist für Windows optimiert und verfügt über eine Aufnahme- und Analysefunktionalität. Nach dem Neuanlegen oder der Auswahl einer Athletin oder eines Athleten kann die Messung gestartet werden. Alle Informationen werden in einer SQLite-Datenbank gespeichert mit dem jeweiligen Verweis auf die absolvierten Messungen, die in einer eindeutigen Ordnerstruktur abgelegt sind. Diese Datenaufteilung ermöglicht ein einfaches Transferieren der Daten zwischen Bundestrainern sowie Athletinnen und Athleten, eine Fusion von Datensätzen und gleichzeitig den schnellen Zugriff auf die Messdaten, um weitere Auswertungen, bspw. im Rahmen von Forschungs- oder Abschlussarbeiten, problemlos zu ermöglichen. Im Bereich der Analyse können sowohl einzelne Schüsse von Athletinnen und Athleten im Nachgang analysiert als auch Vergleiche zwischen Schüssen vorgenommen werden, sowohl intra- als auch interindividuell. Die Funktionalitäten der Software wurden ebenfalls iterativ mit Bundestrainern sowie Athletinnen und Athleten entwickelt. Der Einsatz von C-Sharp, Python und SQLite als kos-

tenlose Programmiersprachen bzw. Programm-bibliothek ermöglicht perspektivisch die Weiterentwicklung der Software ohne Lizenzkosten und ggf. in Eigenregie durch den DSB.

Mit Abschluss des Forschungsprojekts ZMVI4-071505/17-18 stand dem DSB ein Prototyp eines vollständig neuen Messsystems (Hardware und Software) zur Erfassung der Druckverteilung am Bogengriff zur Verfügung, das in enger Kooperation mit dem Praxispartner entwickelt wurde und von ausgewählten Athletinnen und Athleten weiterführend getestet werden konnte.

3 Zielsetzung des Serviceforschungsjekts

Die weiterführenden Tests des Prototyps durch ausgewählte Athletinnen und Athleten des A-Kaders führten in Rücksprache mit den Bundestrainern zu den Entwicklungszielen für das vorliegende Serviceforschungsprojekt:

- ▶ **Hardware:** (1) Prüfen, ob die Anzahl und Anordnung der Sensoren erhöht bzw. verändert werden kann, ob die Sensoranordnung sich auf allen individuellen Griffstücken der A- und Perspektiv-Kaderathletinnen und -athleten umsetzen lässt und ob das Greifmuster aller Athletinnen und Athleten vollständig erfasst werden kann. (2) Prüfen, ob die Messbox am Griff verkleinert und das Gewicht reduziert werden kann.
- ▶ **Software:** Neben den erforderlichen Anpassungen in der Software, die sich aus den Änderungen an der Hardware ergeben, soll (1) für die neue Sensoranordnung ein neuer, robusterer Algorithmus zur Bestimmung des Druckschwerpunkts entwickelt und implementiert werden und (2) die Ergebnisdarstellung nach Wünschen der Athletinnen und Athleten optimiert werden, um eine noch intuitivere Interpretation der Ergebnisse im Feld zu ermöglichen.
- ▶ **Evaluation:** Alle Weiterentwicklungen sollen im Rahmen enger Absprachen und

Tests mit den Bundestrainern sowie Athletinnen und Athleten erfolgen.

4 Ergebnisse des Serviceforschungsprojekts

Zum Projektstart wurden die geplanten Weiterentwicklungen zunächst noch einmal mit dem Praxispartner ausführlich besprochen und protokolliert, dann folgte eine Entwicklungsphase und ein erster Feldtest mit drei A-Kaderathletinnen und -athleten, gefolgt von einer weiteren Entwicklungsphase und einem zweiten Feldtest mit wiederum drei A-Kaderathletinnen und -athleten sowie einer finalen Optimierung des Messsystems. Die folgenden Ergebnisse dokumentieren den finalen Entwicklungsstand des Messsystems.

Weiterentwicklung der Hardware

Nach Rücksprache mit dem DSB werden die instrumentierten Griffstücke nicht mehr manuell bearbeitet, sondern die Aussparungen für Sensoren, Kabel sowie die Messbox werden mithilfe eines 3D-Drucks gefertigt. Hierfür stellte der Schützenbund dem IfSS die 3D-Druckdaten der Griffstücke von drei A-Kaderathletinnen und -athleten sowie die markierten Kontaktflächen der Hand aller Athletinnen und Athleten des A- und Perspektiv-Kaders auf den individuellen Griffstücken zur Verfügung, um im Rahmen der Fertigung zu prüfen, ob die Kontaktflächen aller Athletinnen und Athleten durch die neue Sensoranordnung abgedeckt werden. Die 3D-Druckdaten wurden in ein CAD-System überführt, die erforderlichen Anpassungen für die Einbringung des Druckmesssystems (Auskerbungen für Sensoren, Kabelkanäle und Messbox) wurden vorgenommen und schließlich wieder in 3D-Druckdaten rücktransformiert. Nach den Tests und Absprachen mit dem DSB wurde die Anzahl der Sensoren in den Griffstücken final von acht auf neun erhöht und in Form einer 3x3-Matrix angeordnet (Abb. 1). Verbaut wurden die gleichen Drucksensoren, wie in Kapitel 2 beschrieben. Im Rahmen des Fertigungsprozesses wurde außerdem versucht, Material zu reduzieren, um eine Gewichtsoptimierung zu erreichen. Die Position der Messbox wurde nach Rücksprache mit den drei A-Kaderathletinnen und -athleten, die



Abb. 1: Prototyp des vorherigen Projekts mit 8 Sensoren (links), erster Prototyp (Mitte) und finaler Prototyp (rechts) mit 9 Sensoren unterschiedlicher Anordnung des vorliegenden Serviceforschungsprojekts.

von Seiten des DSB in den Entwicklungsprozess eingebunden waren, auf der rechten Griffseite belassen. Die Messbox ist soweit wie möglich verkleinert worden. Sie wird im Rahmen des 3D-Drucks mitgedruckt und ist in das Griffstück integriert (Abb. 1).

Weiterentwicklung der Software

Parallel zur Hardwareentwicklung wurde die Software „DSB Analyzer“ weiterentwickelt. Die Software gliedert sich grundlegend in ein Aufnahme-, ein Analyse- und ein Einstellungsfenster.

- › Aufnahme Fenster: Hier können neue Athletinnen und Athleten mit allen erforderlichen Informationen neu angelegt oder aus der Datenbank ausgewählt werden. Dann kann die Messung unmittelbar gestartet werden.
- › Analysefenster: Sobald die Messung gestoppt wird, öffnet sich automatisch ein Fenster mit einer Zielscheibe, in die der Score unmittelbar nach dem Schuss durch Klicken auf die Schussposition auf der Zielscheibe eingetragen werden kann. Zudem können weitere Notizen in ein Textfeld eingegeben werden (Abb. 2, links) sowie drei unterschiedliche Analysen, die in Form von drei Tabs angeordnet sind: Der erste Tab enthält ein Liniendiagramm, in dem die Zeitreihen der Druckdaten der einzelnen Sensoren angezeigt werden (Abb. 2, Mitte). Dargestellt werden können alle aufgezeichneten Daten, oder die Zeitreihen

können automatisch auf die letzten zwei Sekunden vor Schussabgabe zugeschnitten werden. Im zweiten Tab wird schließlich der Druckschwerpunkt angezeigt, der mit den Daten aus den neun Sensoren durch einen neu entwickelten Algorithmus auf Basis des Superpositionsprinzips (Popescu, 2018) berechnet und in Bezug auf die Position der Sensoren angezeigt wird (Abb. 2, rechts). Der dritte Tab enthält Druckdaten einzelner Sensoren mit einer Farbkodierung. Die gemessenen bzw. eingegebenen Daten werden automatisch in der Datenbank gespeichert. Darüber hinaus können im Analysefenster sowohl einzelne als auch mehrere Schüsse von Athletinnen und Athleten im Nachgang analysiert werden. Bei der Analyse mehrerer Schüsse können die Schüsse einer Athletin oder eines Athleten aus allen gespeicherten Schüssen in der Datenbank ausgewählt werden. Hier besteht die Möglichkeit, sowohl Druckschwerpunkt als auch Score von mehreren Schüssen mit den jeweiligen 95%-Vertrauensellipsen auf einmal auszugeben. Zusätzlich kann die Häufigkeit der Scores von ausgewählten Schüssen in einem Score-Verteilungs-Tab angezeigt werden.

- › Einstellungsfenster: Hier ist es möglich, die Standard-Schusslänge einzustellen, sowie darüber hinaus eine neue Datenbank anzulegen, eine vorhandene Datenbank auszuwählen oder zu löschen.

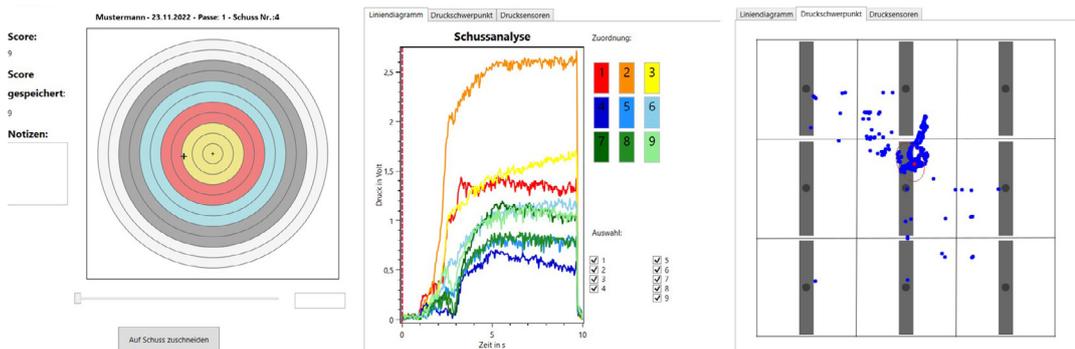


Abb. 2: Zielscheibe für Eintragung des Scores und Notizen unmittelbar nach dem Schuss (links), Liniendiagramm mit Druckdaten aus einzelnen Sensoren im linken Tab (Mitte) und Druckschwerpunktverlauf von einem Schuss auf dem Griff im mittleren Tab (rechts).

Ergebnisse der Evaluationen im Feld

Im Rahmen des Serviceforschungsprojekts wurden die Weiterentwicklungen zweimal von jeweils drei A-Kaderathletinnen und -athleten getestet, für die in jeder Iteration jeweils drei individuell instrumentierte Griffe gefertigt wurden. Die Ergebnisse der finalen Testmessung können wie folgt zusammengefasst werden: (1) Die weiterentwickelten instrumentierten Griffstücke ließen sich problemlos an den Wettkampfbogen der drei A-Kaderathletinnen und -athleten anbringen. (2) Das gesamte System (Hardware und Software) hat stabil funktioniert, sodass problemlos mehrere Passen aufgezeichnet werden konnten. (3) Die grundlegenden Softwarefunktionalitäten entsprechen den zum Projektstart definierten Anforderungen. (4) Das subjektive Feedback der Athletinnen und Athleten war, dass die instrumentierten Griffstücke bezüglich Haptik, Gewicht und Kabelführung als nicht störend empfunden wurden und dass sie die Schussleistung nicht negativ beeinflussen. (5) Es konnte ein Zusammenhang zwischen dem Trefferbild auf der Scheibe und dem Druckbild am Griff hergestellt werden. Die Diskussionen mit Athletinnen und Athleten sowie den Bundestrainern zeigten aber, dass diese Zusammenhänge höchstwahrscheinlich individuell ausgeprägt sind, aufgrund individueller Technikausprägungen und Kompensationsstrategien während des Bewegungsablaufs.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Zielsetzung dieses Serviceforschungsprojekts war die Weiterentwicklung eines Messsystems zur Erfassung und Analyse der Druckverteilung

am Bogengriff nach den Vorgaben des Praxispartners DSB. Durch die sehr gute und enge Kooperation ist es gelungen, die definierten Zielsetzungen zu erreichen. Dem DSB steht jetzt ein überarbeiteter Prototyp zur Verfügung, der entsprechend für alle Athletinnen und Athleten des A- und Perspektiv-Kaders individuell vielfältigt werden kann. Dementsprechend sind die nächsten Arbeitsschritte: (1) Aufbauend auf den mit Projektende bereits vorliegenden drei individuell instrumentierten Griffen können nun durch den DSB individuell instrumentierte Griffe für die restlichen zehn Athletinnen und Athleten des A- und Perspektiv-Kaders gefertigt werden. (2) Für die Implementierung des Messsystems im Trainingsalltag müssen Bundestrainer sowie Athletinnen und Athleten des A- und Perspektiv-Kaders im Umgang mit dem System geschult werden, um eine objektive Datenerhebung sicherzustellen. (3) In den bisherigen Tests lag der Fokus auf der Entwicklung des Messsystems, und es wurden bisher auch nur mit einigen wenigen Athletinnen und Athleten, für die Prototypen gefertigt wurden, Daten erhoben. In einem nächsten Schritt ist für Athletinnen und Athleten des A- und Perspektiv-Kaders ein umfangreicher Datensatz zu erheben, um untersuchen zu können, ob personenübergreifende Zusammenhänge zwischen dem Trefferbild auf der Scheibe und dem Druckverlauf am Griff aus den Daten extrahiert werden können oder ob die Zusammenhänge jeweils personenspezifisch zu bewerten sind. Diese Auswertungen sollten wiederum in enger Kooperation zwischen Sportwissenschaft und Sportpraxis erfolgen und bilden eine wichtige Wissensbasis für die Implementierung des entwickelten Messsystems in der Praxis des Spitzensports.

6 Literatur

Edelmann-Nusser, J., Gruber, M., Gollhofer, A. & Gros, H.-J. (1999). Komplexe Leistungsdiagnostik im Bogenschießen. *Leistungssport*, 29 (2), 47-54.

Haidn, O. C., & Weineck, J. (2001). *Bogenschießen: Trainingswissenschaftliche Grundlagen*. Balingen: Spitta Verlag.

Leroyer, P., Van Hoecke, J., & Helal, J. N. (1993). Biomechanical study of the final push-pull in archery. *Journal of Sports Sciences*, 11 (1), 63-69.

Popescu, G. (2018). *Principles of Biophotonics: Linear systems and the Fourier transform in optics*. Bristol: IOP Publishing.

Sportordnung des Deutschen Schützenbundes (2018). Abgerufen von: www.dsb.de/derverband/ueber-uns/statuten/sportordnung-national/

Vendrame, E., Belluscio, V., Truppa, L., Rum, L., Bergamini, E. & Mannini, A. (2022). Performance assessment in archery: a systematic review. *Sports Biomechanics*, 00, 1-23. DOI: 10.1080/14763141.2022.2049357.

Entwicklung eines robusten, autarken, Inertialsensor-basierten Monitoring Systems für die Spitzensport-Bewegungsanalyse von Pferd und Reiter im Feld – WinningPegasus

AZ: 072039/22-23

Christina Fercher², Franziska Schneider¹, Steffen Kluge¹, Julia Bartsch¹ & Olaf Ueberschär¹
(Projektleitung)

¹ Hochschule Magdeburg-Stendal, Fachbereich Ingenieurwissenschaften und Industriedesign

² Olympiastützpunkt NRW/Westfalen, Standort Warendorf

1 Problemstellung

Regelmäßige Bewegungsanalysen des Pferdes im Training sind im Pferdesport aufgrund der in der Praxis vorliegenden Rahmenbedingungen schwierig. Klassische technische Verfahren stoßen durch die vorliegenden Messgegebenheiten oftmals an ihre Grenzen (Clayton & Schamhardt, 2001; Pfau, 2011). Ein Inertialsensor-basierter Messansatz bietet hingegen neue und vielversprechende Möglichkeiten für den sportpraktischen Einsatz im Feld (Al-Amri et al., 2018; Chambers et al., 2015; Ueberschär et al., 2019). Inertialsensoren eignen sich mit ihren spezifischen Eigenschaften in besonderem Maße für Bewegungsanalysen und lassen sich gut mit den Bedingungen des Trainingsalltages des Pferdesports vereinen und in diesen integrieren (Olsen et al., 2012; Pavel et al., 2020; Starke et al., 2012; Warschun et al., 2019).

Im Rahmen des vorliegenden BiSp-Service-Forschungsprojektes wurde das Ziel verfolgt, mithilfe von Inertialsensoren (engl. inertial measurement units, IMUs) eine technische Implementierung eines sportpraktischen Trainingsmonitorings für den Reitsport umzusetzen. Die sensorbasierte Aufzeichnung erfolgt dabei am Pferderumpf und den vier Gliedmaßen des Pferdes. So ist es möglich, die Bewegungsausführung und die Funktionalität der vierbeinigen Athleten in den zyklischen Grundgangarten und der azyklischen Sprungbewegung

zu erfassen. Individuelle Abweichungen und Veränderungen im Bewegungsablauf während des Trainings lassen leistungsrelevante und präventive Rückschlüsse zu, die der individuellen Trainingssteuerung und der Vermeidung von Fehl- und Überbelastungsverletzungen dienen können.

2 Methodik

Für die sensorbasierte Bewegungsanalyse wurden zwei IMU-Systeme simultan eingesetzt: zum einen das zu Projektbeginn als Vorzugsvariante eingestufte neuartige IMU-System Xsens DOT (Movella ehem. Xsens, Enschede, Niederlande), das Vorteile gegenüber herkömmlichen bewegungsanalytischen Sensoransätzen insbesondere durch seine reichweitenunabhängige Speicherung der Daten direkt auf dem Sensorknoten und damit trainingsadäquate Eigenschaften versprach. Zum anderen wurde das bereits am Markt etablierte und validierte, aber auf 50 m Reichweite begrenzte, funkbasierte IMU-System Xsens MTw Awinda (selber Hersteller) genutzt. Im Verlauf von drei Messblöcken wurde basierend auf dieser Grundlage das sensorbasierte Monitoring-System entwickelt, getestet und evaluiert.

Im ersten Messblock (11. bis 15. Juli 2022 in Warendorf) lag der Fokus auf der Optimierung von Anbringung und Positionierung der Senso-

ren am Pferd sowie auf der Entwicklung erster Algorithmen zur Parameterauswertung (insb. Schrittfrequenz, Symmetrie, Regelmäßigkeit) der Bewegungszyklen. Hierfür wurden Messungen in den drei Grundgangarten (Schritt, Trab und Galopp) auf einem Reitplatz absolviert. Für die Sprunganalyse wurden Einzelsprünge (Steilsprünge, Oxer und Wassergraben) mit verschiedenen Höhen und Weiten aufgezeichnet.

Im zweiten Messblock (04. bis 07. Oktober 2022 in Warendorf) stand die Analyse von verschiedenen sport- und gesundheitsbezogenen Trainingsübungen im Vordergrund. Dies bezog sich auf eine standardisierte Bewegungsabfolge, den Vergleich zwischen „geritten“ und „an der Hand geführt“ in den Gangarten Schritt und Trab sowie auf den Einfluss der Bodenbedingungen „Sand“ und „Beton“ im Schritt und Trab an der Hand geführt. Zusätzlich wurde die Analyse eines wettkampftypischen Springparcours (ein Durchgang mit sieben Hindernissen) sowie ein kraftorientiertes Springtraining mit Steilsprung- und Oxerreihen mit je fünf Hindernissen in Folge durchgeführt.

Im dritten Messblock (24. bis 26. Oktober 2022 in Warendorf) erfolgte die Bewegungsanalyse bei Ausdauertrainingseinheiten auf der Rennbahn. Hier wurden geschwindigkeits- und steigungsabhängige Veränderungen im Bewegungsablauf beim Galoppieren ermittelt. Die Geschwindigkeits- und Streckenerfassung erfolgte mittels GPS-/GNSS-Uhren (insb. Garmin Forerunner 735XT, Garmin, Olathe, USA).

3 Ergebnisse

Mit dem nunmehr erreichten Projektende liegen die Ergebnisse von insgesamt 45 Sportpferden im Alter von vier bis 21 Jahren aus den drei Messblöcken vor. Diese adäquate Anzahl an tierischen Probanden und die wiederholte Versuchsdurchführung ermöglichen einen validen inter- und intraindividuellen Vergleich von Schrittfrequenz, Vorn-/hinten-Belastungsverteilung und der Lateralität der Bewegungsabfolge in den verschiedenen Gangarten.

3.1 Hardware-Vergleich der verwendeten Inertialsensoren

Die Befestigung und Positionierung der Sensorpaare erfolgte an den vier Gliedmaßen mithilfe der sporttypischen Gamaschen (analog zur Position bei humansportlichen Läufern, vgl. Uberschär et al., 2019). Eine einfache und schnelle Anbringung wurde mittels Plüsch- und Klettband ermöglicht. Für die Rumpfmessung wurde ein Sensor am Sattelgurt angebracht, der sich in der Nähe des Körperschwerpunktes des Pferdes befindet. Damit erfasste der Sensor die rhythmische Bewegung des Pferderumpfs und in guter Näherung der Gesamtmasse des Pferdes, die für die sichere und robuste Detektion der Gangart und der azyklischen Sprungbewegung genutzt werden kann (vgl. Pavel et al., 2020; Warschun et al., 2019).

Die paarweise Verwendung der beiden Systeme MTw Awinda und DOT ermöglicht eine Validitätsprüfung des neuwertigen DOT-Systems: Trotz vielversprechender vorheriger Labor- und erster Feldtests sowie produktgerechter Bedienung traten unvorhersehbare gravierende technische Fehlerbilder beim DOT-System auf. Unter anderem war keine zuverlässige Steuerung der Datenaufzeichnung mittels der App möglich; auch wich die Anzahl der tatsächlich erfassten Datensätze von der Vorgabe ab. Überdies gab es wiederholt substanzielle Fehler bei der zeitlichen Zuordnung der Datenpakete sowie beim Datenexport. Es wurde viel Zeit in zahlreiche Klärungsversuche mit dem Hersteller hinsichtlich dieser Fehler investiert. Schlussendlich bestand der Hersteller ein, dass die beschriebenen Fehlerbilder ihm bereits im Vorfeld bekannt gewesen seien und derzeit keine Lösung angeboten werden könne.

Infolgedessen stand nur ein reduzierter Anteil der Messergebnisse für den Sensorvergleich MTW Awinda vs. DOT zur Verfügung (72 von 84 Messdurchgängen bei Messblock 1). Trotz der hohen Korrelation der Ergebnisse ($R^2 = 0,93$; Bias: $+2,9 \text{ m/s}^2$; Limits of Agreement: $-15,08$ bzw. $+20,88 \text{ m/s}^2$) stellt die Xsens DOT keine adäquate Option für ein sensorbasiertes Trainingsmoni-

toring dar, da die Praxiseignung aufgrund der zahlreichen stochastisch auftretenden Fehlerbilder nicht gegeben ist.

3.2 Sportpraktische Ergebnisse der Bewegungsanalysen

Aufgrund der zuvor beschriebenen Probleme basiert die Auswertung der Ergebnisse auf den Awinda-Daten. Im Folgenden werden die entsprechenden Resultate für die Schrittfrequenz, die Belastungsverteilung zwischen den Vorder- und Hinterbeinen (der sog. Belastungsasymmetrieindex), die Lateralität der Belastungsverteilung zwischen der linken und rechten Körperseite (Lateralitätsindex) sowie die Variabilität der Bewegungszyklen unter verschiedenen Trainingsbedingungen vorgestellt.

von minimal 6 m/s² im Schritt bis 237 m/s² im Galopp über alle drei Grundgangarten hinweg deutet auf erhebliche interindividuelle Unterschiede hin (Abb. 1 (b)). Des Weiteren belegen die Daten, dass die Stauchungsbelastung im Schritt bei allen Pferden vermehrt auf der Vorhand liegt, während sich die Verteilung im Trab und Galopp variabler und im Mittel eher ausgeglichen darstellt (Abb. 1 (c)). Im expliziten intraindividuellen Vergleich zeigen sich deutliche Unterschiede in der Belastungsverteilung unter den Pferden unter Einbeziehung aller drei Gangarten (Abb. 1 (d)).

Im Lateralitätsindex (Abb. 2) zeigen sich beim Schritt und Trab größere Differenzen zwischen den Vorderbeinen (a) als zwischen den Hinterbeinen (b), während es im Galopp genau umgekehrt ist.

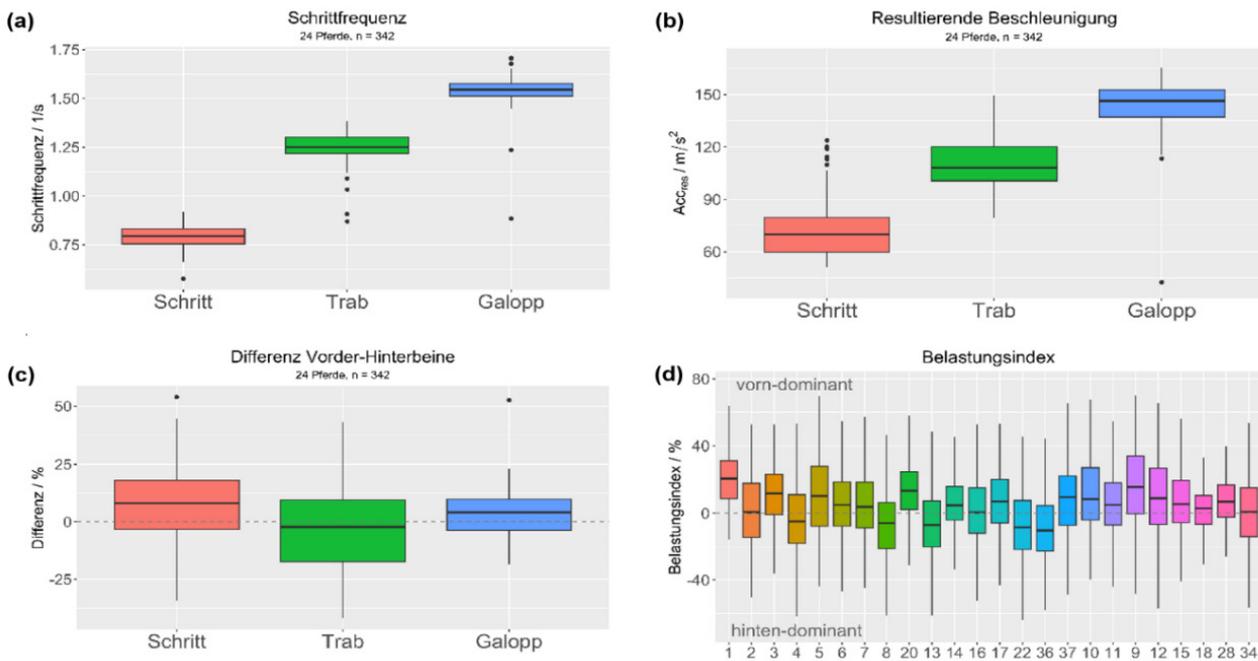


Abb. 1: Kohortenmittelwerte und -verteilungen von Schrittfrequenz, Stauchungs-Spitzenbeschleunigungen und Belastungsasymmetrieindex für die 24 untersuchten Pferde.

3.2.1 Ganganalyse im Training

Für die Ganganalyse im Training wurden Messdaten von 24 Pferden mit insgesamt 342 Messdurchgängen ausgewertet (Abb. 1). Wie erwartet steigen die Zyklusfrequenz und die Stauchungsbelastung über die Gangarten hinweg an (Abb. 1 (a) und (b)). Die vergleichsweise hohe Variabilität der mittleren Spitzenstauchungsbelastungen

Zusammenfassend konnte nachgewiesen werden, dass sich der verwendete Messaufbau und die sensorbasierte Methode (unter Nutzung der Awinda-Sensoren) für die routinemäßige Erfassung relevanter kinematischer und kinetischer Bewegungsparameter zur Beurteilung der Trainingsbelastung, des individuellen Gangbildes und der Bewegungsstabilität am Pferd eignen.

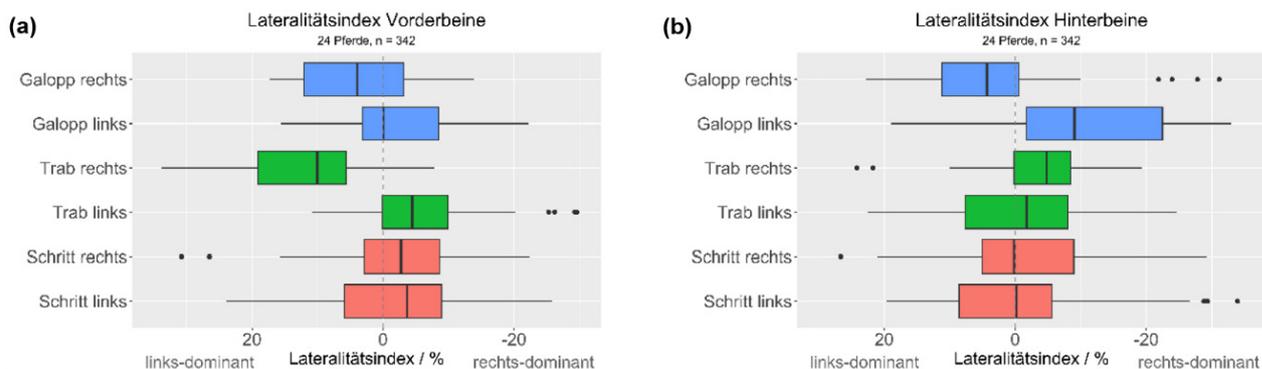


Abb. 2: Mittlerer Lateralitätsindex der Vorder- und Hinterbeine im Gangartenvergleich für die Gesamtkohorte von 24 Pferden.

3.2.2 Bewegungsanalyse im Springtraining

Auch Springbewegungen konnten durch gewisse Raumlageveränderung des Rumpfsensors (Nick-Winkel) zuverlässig detektiert werden. Beim Absprung und der Landung traten Spitzenbeschleunigungen von bis zu 280 m/s² auf. Des Weiteren konnte die Fußfolge bei Absprung

und Landung bestimmt werden. Vier Pferde absolvierten zudem die Gymnastikreihe Oxer, wo die steigende Anforderung besonders beim Absprungbein sichtbar wurde (Abb. 3 (a)). Innerhalb des Springparcours fielen vor allem die interindividuellen Unterschiede in der Belastungsverteilung der Körperseiten zwischen den sechs Pferden auf (Abb. 3 (b)).

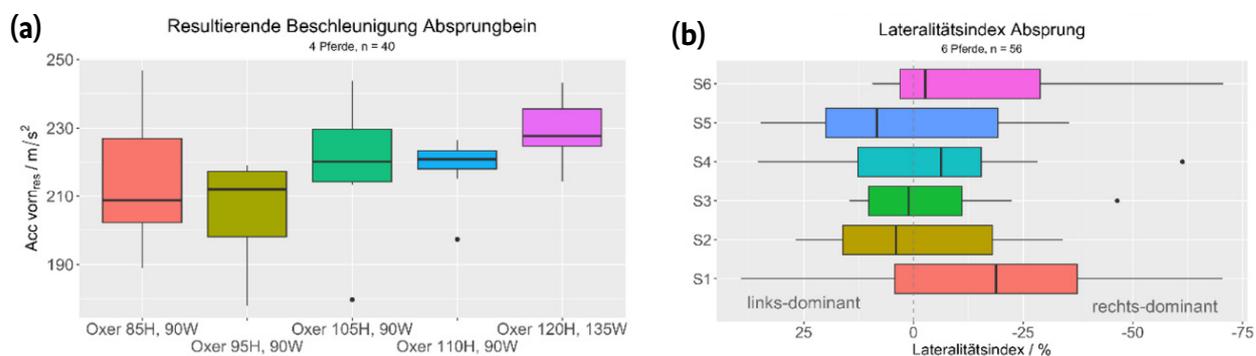


Abb. 3: (a) Mittlere Stauchungsbelastungen von 4 Springpferden beim Absprung für verschiedene Hoch-Weit-Sprünge in einer moderaten Gymnastikreihe und (b) Lateralitätsindex beim Absprung.

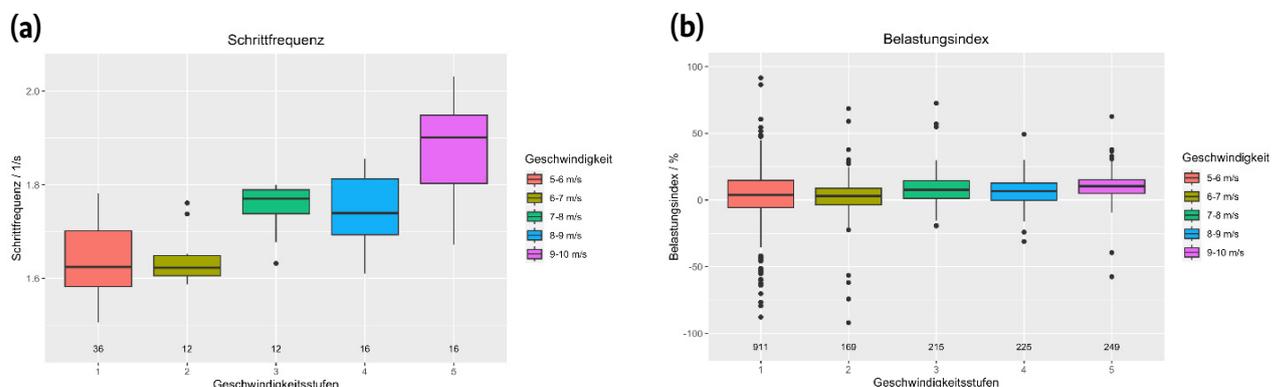


Abb. 4: Abhängigkeit von Schrittfrequenz und Belastungsasymmetrieindex von der Bewegungsgeschwindigkeit auf der Rennbahn, wie sie anhand von 12 Pferden ermittelt worden ist.

3.2.3 Einfluss verschiedener Trainingsbedingungen auf die Bewegung des Pferdes

Die Messdaten von zwölf Pferden auf der Rennbahn belegten quantitativ die qualitativ erwartete Abhängigkeit der Zyklusfrequenz von der Bewegungsgeschwindigkeit: Je schneller die Pferde galoppieren, desto höher fällt die Schrittfrequenz aus (Abb. 4 (a)). Die Belastungsverteilung zwischen Vorder- und Hinterhand bleibt dabei interessanterweise praktisch unverändert (Abb. 4 (b)). Die weiteren Ergebnisse zeigen, dass die Bewegungsparameter auch in Abhängigkeit der Bodenbedingungen, „geführt“ und „geritten“, sowie im Tag-zu-Tag-Vergleich variieren können (Messergebnisse hier nicht dargestellt).

4 Diskussion

Während der Projektlaufzeit konnten detaillierte Bewegungsdaten von 45 verschiedenen Pferden unter unterschiedlichen Trainingssettings aufgezeichnet werden. Die ausgewählte Sensorpositionierung an den Gliedmaßen am Pferderumpf erweist sich als geeignet für die Zielstellung einer sportartspezifischen Bewegungs- und Belastungsanalyse im Pferdesport: Die Anbringung ist einfach anwendbar und stellt sich über die Messungen hinweg als robust dar. Die Ergebnisse zeigen, dass die Bewegungszyklen der Grundgangarten und auch der Sprünge zuverlässig in der inertialsensorbasierten Kinematik detektiert und ausgewertet werden können.

Die resultierenden Belastungsspitzen und die Belastungsverteilung zwischen der Vor- und der Hinterhand sowie zwischen der linken und rechten Körperseite geben Aufschluss über das individuelle Bewegungsbild der vierbeinigen Athleten. Die maximale Stauchungsbelastung als solche und die Verteilung auf die Gliedmaßen kann zusätzlich in verschiedenen Settings, wie z. B. in verschiedenen Trainingsaufgaben der Dressur und des Springens, auf verschiedenen Böden und bei verschiedenen Geschwindigkeiten zu weiterführenden Analysen genutzt werden (wie beispielsweise in Hinblick auf die Bewegungsstabilität oder das Ermüdungsmonitoring). Damit können

Über- und Fehlbelastungen bereits im Training erkannt und bestenfalls verringert werden. Somit liegen zum Ende der Projektlaufzeit eine fundierte methodische Grundlage und eine belastbare Datenlage für eine robuste Bewegungsanalyse des Pferdes im sportpraktischen Feld vor. Diese können in verschiedenen Disziplinen des Pferdesports zukünftig eingesetzt und disziplinspezifisch weiterentwickelt werden.

Aus hardwaretechnischer Sicht erweist sich das DOT-System der Fa. Xsens aufgrund der festgestellten substanziellen technischen Defizite als nicht praktikabel. Das etablierte und verlässliche System Xsens MTw Awinda ist dagegen durch seine eingeschränkte Reichweite im Pferdesport limitiert. Außerdem deuten die Ergebnisse der Springbewegungen darauf hin, dass neben der bereits genutzten internen Sampling-Rate von 1 kHz insb. auch ein größerer Messbereich über ± 16 g empfehlenswert sein könnte. In der Quintessenz bleibt festzuhalten, dass die angestrebte Sensorautarkie leider nicht erreicht werden konnte. Dennoch konnten mit dem System Xsens MTw Awinda viele wertvolle Einblicke gewonnen und entsprechende Vergleichsdaten gesammelt und Analysealgorithmen entwickelt werden. Zukünftige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sollten an dieser Stelle ansetzen und die Hardwareherausforderungen angehen. Hierdurch wird sich der personelle und zeitliche Aufwand für das IMU-basierte Trainingsmonitoring nochmals spürbar reduzieren lassen und idealerweise die Messmethodik in eine wartungsfreie „Plug-in“-Lösung überführen lassen.

Die im Projektverlauf gewonnenen neuen bewegungsanalytischen Erkenntnisse wurden bereits qualifiziert an die Reiterinnen und Reiter in Form von individuellen Reports weitergegeben. Auch über den intensiven fachlichen Austausch im Rahmen des im Januar 2023 durchgeführten Praxisworkshops am DOKR in Warendorf, über mehrere Posterpräsentationen sowie Tagungsbeiträge (Jahres- und Zwischentagungen der OSP-Wissenschaftler im November 2022 in München sowie online im April 2023) gelang ein bereits umfassender sportpraktischer Wissenstransfer.

5 Literatur

- Al-Amri, M., Nicholas, K., Button, K., Sparkes, V., Sheeran, L., & Davies, J. L. (2018). Inertial measurement units for clinical movement analysis: reliability and concurrent validity. *Sensors*, 18(3), 719. <https://doi.org/10.3390/s18030719>
- Chambers, R., Gabbett, T. J., Cole, M. H., & Beard, A. (2015). The use of wearable micro-sensors to quantify sport-specific movements. *Sports Medicine*, 45(7), 1065-1081. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s40279-015-0332-9.pdf>
- Clayton, H. M., & Schamhardt, H. C. (2001). Measurement techniques for gait analysis. *Equine locomotion*, 55, 76.
- Olsen, E., Haubro Andersen, P., & Pfau, T. (2012). Accuracy and precision of equine gait event detection during walking with limb and trunk mounted inertial sensors. *Sensors*, 12(6), 8145-8156. <https://doi.org/10.3390/s120608145>
- Pavel, J., Fercher, C., & Herold, F. (2020). Der Einsatz maschinellen Lernens zur inertialen Bewegungsanalyse am Pferderumpf für das digitale Trainingsmonitoring im Leistungssport. SKILL 2020-Studienkonferenz Informatik.
- Pfau, T. (2011). Objektive Ganganalyse des Pferdes – traditionelle und moderne Methoden. *pferde spiegel*, 14(02), 85-89.
- Starke, S. D., Witte, T. H., May, S. A., & Pfau, T. (2012). Accuracy and precision of hind limb foot contact timings of horses determined using a pelvis-mounted inertial measurement unit. *Journal of Biomechanics*, 45(8), 1522-1528.
- Ueberschär, O., Fleckenstein, D., Warschun, F., Kränzler, S., Walter, N., & Hoppe, M. W. (2019). Measuring biomechanical loads and asymmetries in junior elite long-distance runners through triaxial inertial sensors. *Sports Orthopaedics and Traumatology*, 35(3), 296-308. <https://doi.org/10.1016/j.orthtr.2019.06.001>
- Warschun, F., Schleichardt, A., Fercher, C., & Ueberschär, O. (2019). Reliabilität von Xsens MTw Awinda Motion Trackern im Springreiten, DVS Hochschultag, Berlin.

Bundesinstitut für Sportwissenschaft
Graurheindorfer Str. 198 · 53117 Bonn
Telefon +49 (0) 228 99 640-9001
Telefax +49 (0) 228 99 640-9008
info@bisp.de
www.bisp.de

ISBN 978-3-96523-098-9